

S.S. 67 "Tosco Romagnola"  
Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la  
località S.Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di  
Dicomano.

Variante di Rufina (FI) – LOTTI 2A e 2B

**PROGETTO DEFINITIVO**

cod. FI462

PROGETTAZIONE:  
RAGGRUPPAMENTO  
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



**sinergo**



IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl  
Ordine Geologi della Lombardia n. 762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Francesco Pisani

PROTOCOLLO:

DATA:



**ASSE PRINCIPALE**

**VIADOTTO SIEVE 1**

**VIADOTTO SIEVE 1:STRUTTURE/CORPO DELL'OPERA**

Relazione di calcolo sottostrutture

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	P01-VI01-STR-RE02.pdf				
ACNO0113	D 20	CODICE ELAB.	P01	VI01	STR	RE02
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		10/2023	Ing. Cassani	Ing. Bonasio	Ing. Formichi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 2 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	Impalcato.....	4
1.2	Appoggi e giunti di dilatazione .....	5
1.3	Pile .....	5
1.4	Spalle .....	5
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	7
2.1	Normativa di riferimento .....	7
2.2	Normativa tecnica nazionale .....	7
2.3	Bibliografia e altri riferimenti .....	7
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
3.1	Calcestruzzo.....	8
3.2	Acciaio .....	9
3.3	Durabilità .....	10
4	APPROCCIO DI CALCOLO .....	13
4.1	Caratteristiche delle opere.....	13
4.2	Criteri generali di verifica .....	13
4.3	Software di calcolo .....	19
4.4	Validazione dei programmi di calcolo .....	20
5	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	21
5.1	Elementi in cemento armato.....	21
6	ANALISI DEI CARICHI.....	24
6.1	Azioni da impalcati sulle pile .....	24
6.2	Azioni da impalcati sulle spalle.....	26
6.3	Azioni permanenti strutturali (G1) .....	28
6.4	Azioni permanenti non strutturali (G2).....	28
6.5	Spinta del terreno (G3).....	28
6.6	Azione sismica (E) .....	31
6.7	Azioni accidentali da traffico veicolare (q <sub>1</sub> ).....	36
7	ANALISI PILE.....	37
7.1	Verifiche Fusto Pila.....	40
7.2	Verifiche plinto fondazione .....	52
8	ANALISI SPALLA .....	54
8.1	Modello di calcolo .....	54
8.2	Sollecitazioni elevazione .....	55
8.3	Sollecitazioni in fondazione.....	63

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 3 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

8.4	Sollecitazioni muro d'ala .....	72
8.5	Sezione base muro d'ala.....	76
8.6	Paraghiaia .....	80
8.7	Verifiche Muro Frontale .....	84
8.8	Verifiche Muro d'ala, sezione superiore .....	95
8.9	Verifiche Muro d'ala, sezione di base .....	101
8.10	Verifiche Paraghiaia.....	108
8.11	Verifiche plinto fondazione .....	114
9	VERIFICHE DEI PALI DI FONDAZIONE PILE .....	116
9.1	Verifica agli stati limite ultimi (SLU) .....	117
9.2	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali .....	117
9.3	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali .....	118
9.4	Condizioni sismiche .....	118
9.5	Capacità portante dei pali di fondazione .....	118
9.6	Valutazione delle azioni nei pali di fondazione .....	121
9.7	Analisi numeriche – fondazioni su pali di grande diametro .....	122
10	VERIFICHE DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLE .....	134
10.1	Verifica agli stati limite ultimi (SLU) .....	134
10.2	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali .....	135
10.3	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali .....	135
10.4	Condizioni sismiche .....	136
10.5	Capacità portante dei pali di fondazione .....	136
10.6	Valutazione delle azioni nei pali di fondazione .....	138
10.7	Analisi numeriche – fondazioni su pali di grande diametro .....	140
11	APPENDICE – Scarichi all'intradosso delle platee di fondazione.....	149
12	RIEPILOGO INCIDENZE C.A. ....	165

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 4 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA S.p.A.</b> INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	Data Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione delle sottostrutture del Viadotto Sieve 1, facente parte delle opere previste nell'ambito dei "Lavori di adeguamento della S.S.67 Tosco-Romagnola nel tratto tra la località San Francesco in comune di Pelago e l'abitato di Dicomano – Variante di Rufina – Lotti 2A e 2B".

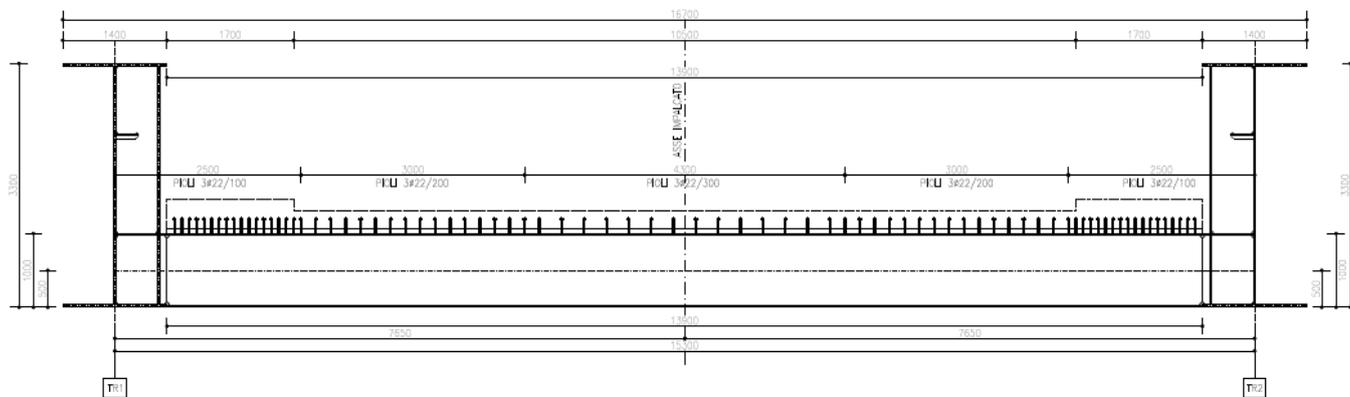
Il viadotto in progetto prevede la realizzazione di un impalcato a via di corsa inferiore realizzato con un sistema misto acciaio-calcestruzzo e sviluppato su n.7 campate con schema statico a trave continua. Le luci di calcolo risultano pari a 66 mt per le campate centrali e 39 mt per le due campate terminali, per un totale di 408 mt. Gli impalcati sono costruiti in continuità sulle pile e caratterizzati da una soletta gettata in opera con ausilio di coppelle autoportanti in cls. Le pile, a sezione circolare, sono realizzate con fusto in cemento armato ordinario sulla cui sommità viene realizzato un pulvino in carpenteria metallica.

### 1.1 Impalcato

L'impalcato è realizzato con andamento planimetrico rettilineo lungo tutto il suo sviluppo (409.60 mt totali, compresi i retro-travi); altimetricamente invece prevede una pendenza longitudinale circa costante pari al 0.5%.

L'impalcato, a via di corsa inferiore, presenta una sezione trasversale costituita da:

- n.2 travi portanti longitudinali, realizzate completamente in carpenteria metallica con sezione composta saldata "a doppio T" (altezza totale costante pari a 3.30 mt e larghezza delle ali costante pari a 1.40 mt). Lo spessore dei piatti risulta variabile da concio in concio (40÷80 mm per le ali, 20÷28 mm per le anime).
- n.137 trasversi, realizzati a sezione mista acciaio/cls (passo costante pari a 3.00 mt):
  - o parti in carpenteria metallica realizzate in composizione saldata "a doppio T" (altezza totale costante pari a 1.00 mt e larghezza delle ali pari a 80 cm (per i trasversi in asse appoggi) oppure 60 cm (per i trasversi in campata)).
  - o parti gettate in opera in c.a. ordinario (soletta) con l'ausilio di predalles prefabbricate (spessore totale predalles + getto in opera pari a 30 cm); la solidarizzazione con le sottostanti parti in carpenteria metallica è realizzata con pioli tipo Nelson saldati all'estradosso dell'ala superiore del trasverso e inglobati nel getto in opera della soletta.



Tutte le connessioni tra gli elementi di carpenteria metallica sono realizzate con saldature a completo ripristino, evitando antiestetische connessioni bullonate.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 5 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

La soletta è dimensionata per ospitare una piattaforma stradale di calibro 10.50 mt, con due corsie di marcia da 3.75 mt e banchine laterali da 1.50 mt. Ai lati della carreggiata stradale vengono ricavati 2 cordoli in c.a. di larghezza 170 cm, con marciapiedi di servizio e barriere di sicurezza metalliche: all'interno del getto in opera dei cordoli verranno previsti appositi cavidotti per il passaggio di impianti tecnologici.

## 1.2 Appoggi e giunti di dilatazione

Gli apparecchi di appoggio, posizionati in asse alle anime delle travi longitudinali, sono isolatori elastomerici. Questi permettono di assecondare le dilatazioni e le contrazioni dell'impalcato dovute ai fenomeni lenti (ritiro del cls di soletta, variazioni termiche stagionali) garantendo escursioni omogenee nei giunti di dilatazione delle spalle (realizzati in gomma armata).

A livello sismico, viste le elevate accelerazioni orizzontali del sito e la grande rigidezza dei supporti (pile sostanzialmente tozze), gli isolatori permettono di dissipare le azioni e ridistribuirle in maniera uniforme su tutte le sottostrutture, ottimizzando le quantità e concentrando il danneggiamento sugli apparecchi stessi in caso di eventi eccezionali.

Lo schema di vincolo adottato viene riepilogato nella seguente figura:



Per ogni asse appoggi sono inoltre indicate le posizioni per l'alloggiamenti dei martinetti idraulici necessari al sollevamento dell'impalcato (qualora si presentasse la necessità di dover intervenire o sostituire gli apparecchi di appoggio).

## 1.3 Pile

Le pile-pulvino realizzate in c.a. e presentano fusti a sezione allungata (setti) con gli spigoli arrotondati, per esigenze funzionale di tipo idraulico. Lo spessore è costante sull'altezza pari a 2m e larghezza trasversale variabile da un massimo di 18.00 m, in sommità, fino ad un minimo di 16m all'attacco con la fondazione.

	Altezza totale
P1	8.00
P2	8.50
P3	7.00
P4	7.00
P5	6.50
P6	4.50

Le fondazioni sono di tipo indiretto su pali di grande diametro: ogni pila presenta un plinto di fondazione di ingombro in pianta 11.70 m x 18.00 m e spessore 2.50 m. Per ogni plinto sono previsti 12 pali Ø1500 mm.

## 1.4 Spalle

Le spalle spalle vengono realizzate interamente in opera in c.a. di tipo 'a tutta altezza', composte da un muro frontale di spessore costante a tratti (2.50 mt per la parte con funzione di pulvino, 40 cm per la parte con funzione di paraghiaia) e due muri laterali per il contenimento del rilevato stradale (innestati in parte nella platea di fondazione

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	6 di 165
			Data Ott '23	

e in parte a sbalzo). La parte sommitale del paraghiaia viene sagomata per permettere il posizionamento del giunto di dilatazione dell'impalcato; viene inoltre garantito uno spazio sufficiente tra il filo esterno del paraghiaia e la parte terminale dell'impalcato per poter permettere il passaggio del personale per ispezioni e/o manutenzione. Nella parte sommitale dei muri di risvolto sono invece ricavati dei marciapiedi di servizio in c.a. per dare continuità agli stessi elementi previsti sull'impalcato. Le fondazioni sono di tipo indiretto di ingombro in pianta 11.70 m x 18.00 m e spessore 2.50 m. Per ogni plinto sono previsti 12 pali Ø1500 mm.

Spalla 1	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)
Muro elevazione	17.10	2.00	5.08
Paraghiaia	17.10	0.40	1.50
Muro d'ala sup.	4.90	0.70	1.50
Muro d'ala inf.	4.90	1.60	5.08
Fondazione	17.30	9.40	1.80

Spalla 2	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)
Muro elevazione	17.10	2.00	3.08
Paraghiaia	17.10	0.40	1.50
Muro d'ala sup.	4.90	0.70	1.50
Muro d'ala inf.	4.90	1.60	5.08
Fondazione	17.30	9.40	1.80

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 7 di 165
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA CITIZIA s.p.a.	 sinergo	
			 D_VA D_VisionArchitecture	

## 2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa di riferimento

#### 2.1.1 Materiali

- [1] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206”;
- [2] UNI EN 206: 2014 – “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

#### 2.1.2 Costruzioni in c.a. e acciaio

##### *Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”*

- [3] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;
- [4] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;
- [5] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;
- [6] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

##### *Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”*

- [7] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [8] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;

### 2.2 Normativa tecnica nazionale

- [9] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- [10] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [11] D.M. 17/01/2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [12] Circolare LL.PP. n°7 21/01/2019 - “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.

### 2.3 Bibliografia e altri riferimenti

- [13] Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [14] Migliacci – F. Mola – “Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.” - Masson Italia Editori 1985
- [15] C. Cestelli Guidi - “Geotecnica e tecnica delle fondazioni” - Ulrico Hoepli Editore 1987
- [16] R. Lancellotta – “Geotecnica” - Edizioni Zanichelli 1987
- [17] Bowles J.E.: “Foundations Analysis and Design” 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- [18] Bustamante M., Ganeselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	A	8 di 165
			Data Ott '23	

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo

##### 3.1.1 Calcestruzzo per magrone sottofondi

Classe minima C12/15  
Classe di esposizione ambientale XC0

##### 3.1.2 Calcestruzzo pali di fondazione

Classe minima C25/30  
Classe di esposizione ambientale XC2  
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 30$  MPa  
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 24.90$  MPa  
Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$  MPa  
Modulo elastico  $E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$  MPa  
Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.56$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 1.79$  MPa

##### **Stato limite ultimo**

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0.85$   
Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 14.11$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$  MPa  
Valore ultimo della deformazione a compressione  $e_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$

##### **Stato limite di esercizio**

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 14.94$  MPa  
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 11.21$  MPa

##### 3.1.3 Calcestruzzo plinti di fondazione

Classe minima C30/37  
Classe di esposizione ambientale XC2  
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 37$  MPa  
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 30.71$  MPa  
Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71$  MPa  
Modulo elastico  $E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019$  MPa  
Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.94$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.06$  MPa

##### **Stato limite ultimo**

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0.85$   
Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 17.40$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37$  MPa  
Valore ultimo della deformazione a compressione  $e_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$

##### **Stato limite di esercizio**

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 18.43$  MPa  
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 13.82$  MPa

##### 3.1.4 Calcestruzzo parti in elevazione pile, spalle

Classe minima C32/40  
Classe di esposizione ambientale XC4 – XD1 – XF2

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	9 di 165
			Data Ott '23	

Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck}$	$\geq 40$	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 =$	33.20	MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} =$	33643	MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} =$	3.10	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.17	MPa
<b>Stato limite ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c =$	1.5	
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.45	MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$e_{cu} =$	3.5	%
<b>Stato limite di esercizio</b>			
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	19.92	MPa
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck} =$	14.94	MPa

## 3.2 Acciaio

### 3.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione	$f_{tk} =$	$\geq 540$	MPa
Tensione caratteristica di snervamento a trazione	$f_{yk} =$	$\geq 450$	MPa
Modulo elastico	$E_s =$	210000	MPa
<b>Stato limite ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa
Valore ultimo della deformazione a trazione	$\epsilon_{cu} =$	10	%
<b>Stato limite di esercizio</b>			
Tensione max di trazione	$\sigma_s = 0.80 * f_{yk} =$	360.00	MPa



CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 11 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ENTAVIA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 3 - Condizioni ambientali e classi di esposizione**

NOME: <b>ELEVAZIONI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)			Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>				
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.		
Corrosione da cloruri	<b>XD1</b>	Ambiente con moderata umidità dell'aria. Cls esposto all'azione aggressiva dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali.		
Attacchi cicli gelo/disgelo	<b>XF2</b>	Ambiente con condizioni che determinano una modesta saturazione del cls, in presenza di agente disgelante. Cls di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria.		
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)				Mix design di progetto: XC4+XD1+XF2
		XC4	XD1	XF2
Rapporto max A/C		0,50	0,55	0,50
Classe di resistenza minima		C32/40	C30/37	C25/30
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)		340	320	340
Contenuto minimo di aria (%)		-	-	4
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)		-	-	SI
Cemento resistente ai solfati		-	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare		-	-	-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>				
$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)		
$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)		
- Margine di scostamento $\Delta C_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)				$\Delta C_{dev}$ (mm) <b>10</b>
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)				$C_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)				$C_{min,b}$ (mm) <b>26</b>
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>			
$\varnothing$ (mm)	<b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)		
$D_{upper}$ (mm)	<b>25</b>	dimensione max aggregato		
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)				$C_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>
Ambiente Aggressivo				
Vita nominale	<b>50</b>	valori tabella	C	<b>C32/40</b> Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	<b>SI</b>	valori tabella -5 mm	$C_0$	C40/50
Elemento a piastra	<b>NO</b>		$C_{min}$	C30/37
NTC 2018	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B	Copriferro nominale	$C_{nom}$ (mm) <b>40</b>

Per le elevazioni di pile e spalle si prescrive un copriferro netto di 40mm.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	12 di 165
			Data Ott '23	

NOME: FONDAZIONE	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)		Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE			
Corrosione da carbonatazione	<b>XC2</b>	Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)			Mix design di progetto:
Rapporto max A/C	XC2		XC2
Classe di resistenza minima	0,60		0,6
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	C25/30		C25/30
Contenuto minimo di aria (%)	300		300
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-		-
Cemento resistente ai solfati	-		-
Cemento resistente all'acqua di mare	-		-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>			
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm)	10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm)	26
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>		
$\varnothing$ (mm)	26	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)	
$D_{upper}$ (mm)	25	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)		$c_{min,dur}$ (mm)	25
Ambiente Ordinario			
Vita nominale	50	valori tabella	C <b>C30/37</b> Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	NO	valori tabella	$C_0$ C35/45
Elemento a piastra	NO		$C_{min}$ C25/30
NTC 2018	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) 36

Per le platee di fondazione si ottiene un valore minimo di copriferro nominale pari a 36mm. Si prescrive l'adozione di un copriferro netto pari a 40mm.

NOME: PALI	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)		Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE			
Corrosione da carbonatazione	<b>XC2</b>	Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)			Mix design di progetto:
Rapporto max A/C	XC2		XC2
Classe di resistenza minima	0,60		0,6
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	C25/30		C25/30
Contenuto minimo di aria (%)	300		300
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-		-
Cemento resistente ai solfati	-		-
Cemento resistente all'acqua di mare	-		-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>			
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm)	10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm)	26
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>		
$\varnothing$ (mm)	26	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)	
$D_{upper}$ (mm)	25	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)		$c_{min,dur}$ (mm)	25
Ambiente Ordinario			
Vita nominale	50	valori tabella	C <b>C25/30</b> Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	NO	valori tabella	$C_0$ C35/45
Elemento a piastra	NO		$C_{min}$ C25/30
NTC 2018	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) 36

Per i pali di fondazione si prescrive un copriferro netto di 75mm, superiore al minimo ottenuto da calcolo.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 13 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

## 4 APPROCCIO DI CALCOLO

### 4.1 Caratteristiche delle opere

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 17.01.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 21.01.2019 n. 7/C.S.LL.PP.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Vita nominale  $V_N = 50$  anni

(§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)

Classe d’uso IV

( “Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.”

Coefficiente d’uso  $C_U = 2$

Periodo di riferimento  $V_R = V_N \cdot C_U = 100$  anni

### 4.2 Criteri generali di verifica

In accordo con quanto definito nel §2.3 delle NTC 2018, devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese per Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite d’Esercizio (SLE) secondo opportune combinazioni di carico delle azioni.

#### 4.2.1 Combinazioni di carico

Come riportato al §2.5.3 delle NTC 2018, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

$V_{G1} \cdot G_1 + V_{G2} \cdot G_2 + V_P \cdot P + V_{Q1} \cdot Q_{k1} + V_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + V_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione fondamentale SLU
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione caratteristica rara SLE
$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione frequente SLE
$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione quasi permanente SLE
$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione sismica SLE e SLU
$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione eccezionale SLU

$G_1$  masse dei pesi propri strutturali

$G_2$  masse dei carichi permanenti non strutturali

$P$  precompressione e pretensione

$Q_{ki}$  masse dei carichi accidentali

$E$  azione sismica

$A_d$  azione eccezionale

$\Psi_0, \Psi_1, \Psi_2$  coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab. 2.5.I oppure Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

#### 4.2.2 Stati limite ultimi

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.1})$$

$E_d = E(F_d; X_d; a_d)$  valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ )

$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$  capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ )

$F_d = \gamma_F * F_k$  azioni di progetto

$X_d = X_k / \gamma_M$  proprietà del materiale di progetto

$a_d$  parametri geometrici di progetto

$\gamma_M$  coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

#### 4.2.3 Strutture non geotecniche

Fatte salve le prescrizioni specifiche e con riferimento alle tabelle seguenti, per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_F$  da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni per le verifiche di equilibrio (SLU EQU) sono quelle della colonna EQU mentre per le verifiche strutturali (SLU STR) sono quelle della colonna A1.

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti pedonali  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

**Tabella 4 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico (NTC 2018) – Ponti stradali**

**Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

**Tabella 5 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti stradali**

**Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tabella 6 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni (NTC 2018) – Ponti stradali**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 16 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

#### 4.2.4 Strutture geotecniche

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche strutturali (SLU STR) e geotecniche (SLU GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

##### *Approccio 1*

Le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni ( $\gamma_F$ ), la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente la resistenza globale del sistema ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti della colonna A1 per una *Combinazione 1* e i coefficienti della colonna A2 per una *Combinazione 2*.

In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale che per quello geotecnico si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

##### *Approccio 2*

Le verifiche si conducono con un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali per le Azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente per la resistenza globale ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (SLU EQU), come definito al §2.6.1, impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

$E_{inst,d}$                     valore di progetto dell'azione instabilizzante

$E_{stb,d}$                     valore di progetto dell'azione stabilizzante

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (SLU STR) o del terreno (SLU GEO), come definiti al §2.6.1, impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$E_d = \gamma_E * E(F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$R_d = 1 / \gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$F_d = \gamma_F * F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 17 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(4)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

### Tabella 7 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Strutture geotecniche

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

### Tabella 8 - Coefficienti parziali per le resistenze nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Strutture geotecniche

#### 4.2.5 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [11], la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$C_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.2})$$

$E_d = E(F_d; X_d; a_d)$  valore di progetto dell'effetto delle azioni

$C_d = C(F_d; X_d; a_d)$  valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

#### 4.2.6 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2018, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 18 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2018, per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Le verifiche degli *elementi strutturali primari (ST)* si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di *rigidità (RIG)* e di *resistenza (RES)*, senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di *rigidità (RIG)*, di *resistenza (RES)* e di *duttilità (DUT)* (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità, mentre le verifiche degli *elementi non strutturali (NS)* e degli *impianti (IM)* si effettuano in termini di *funzionamento (FUN)* e *stabilità (STA)*, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2018.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

**Tabella 9 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 19 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 4.3 Software di calcolo

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 4.3.1 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche

Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza

Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.

Versione: 10.05a

Titolo:

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	20 di 165
			Data Ott '23	

## 4.4 Validazione dei programmi di calcolo

### 4.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Ai sensi del §10.2 delle NTC 2018 si dichiara quanto segue.

### 4.4.2 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

### 4.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### 4.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### 4.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### 4.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA CITIZIA CONSULTING s.r.l.	A	21 di 165
			Data Ott '23	

## 5 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 5.1 Elementi in cemento armato

#### 5.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

Come riportato al §2.3 delle NTC 2018, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(\gamma_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$R_d = R(\gamma_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$\gamma_F \cdot F_k$  Azioni di progetto

$X_k / \gamma_M$  Proprietà del materiale di progetto

$a_d$  Geometria di progetto

$\gamma_M$  Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

#### 5.1.2 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle [9] con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

$M_{Rd}$  Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$

$N_{Ed}$  Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)

$M_{Ed}$  Valore di calcolo della componente flettente dell'azione

#### 5.1.3 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle [9], indicato con  $V_{Ed}$  il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

*Elementi senza armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left( 0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{Rapporto percentuale armatura in zona tesa } A_{sl}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{Tensione media di compressione nella sezione}$$

$d$  Altezza utile della sezione (mm)

$b_w$  Larghezza minima della sezione (mm)

*Elementi provvisti di armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha \quad \text{Resistenza a taglio-trazione}$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta} \quad \text{Resistenza a taglio-compressione}$$

$\theta$  Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ( $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ )

$\alpha$  Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

$A_{sw}$  Area dell'armatura trasversale

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	22 di 165
			Data Ott '23	

s  
 $f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$   
 $\alpha_c$

Interasse tra due armature trasversali consecutive  
 Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  
 Coefficienti maggiorativi pari a:

1 per membrature non compresse  
 $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$   
 1.25 per  $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$   
 $2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$  per  $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

#### 5.1.4 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

##### 5.1.4.1 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2018, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$E_d \leq C_d$   
 $E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione  
 $C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate

Le verifiche si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai limiti di normativa:

Calcestruzzo compresso	Combinazione rara	$\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck}$
	Combinazione quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$
Acciaio teso	Combinazione rara	$\sigma_s < 0.80 \cdot f_{yk}$

##### 5.1.4.2 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al §4.1.2.2.4 delle NTC 2018. Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi:

Combinazioni di azioni	Rara (RA) Quasi Permanente (QP)
Condizioni ambientali	Ordinarie (Gruppo A) Aggressive (Gruppo B) Molto aggressive (Gruppo C)
Sensibilità delle armature alla corrosione	Sensibili (acciai da precompresso) Poco sensibili (acciai ordinari)
Stato limite	Apertura fessure (AF) Formazione fessure (FF) Decompressione (D)
Apertura delle fessure	$w_1 = 0.20$ mm $w_2 = 0.30$ mm $w_3 = 0.40$ mm

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 10 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2018**

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

**Tabella 11 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2018**

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del [12], prevede i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure ( $\bar{l}_{sm}$ );
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura ( $\bar{l}_{sm}$ );
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio  $w_m$  e valore di calcolo  $w_k$ ).

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si distinguono i seguenti casi:

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Gruppo di esigenza	Condizioni ambientali	Combinaz. di azioni	Stato limite	$w_k$
Elevazioni	XC4 – XD1 - XF2	B	Aggressive	FR	AF	$\leq w_2 = 0.30$ mm
				QP	AF	$\leq w_1 = 0.20$ mm
Fondazioni	XC2	A	Ordinarie	FR	AF	$\leq w_3 = 0.40$ mm
				QP	AF	$\leq w_2 = 0.30$ mm
Pali	XC2	A	Ordinarie	FR	AF	$\leq w_2 = 0.40$ mm
				QP	AF	$\leq w_1 = 0.30$ mm

**Tabella 12 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 24 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Azioni da impalcato sulle pile

Le sollecitazioni necessarie al calcolo delle pile sono state ricavate a partire dalla modellazione FEM dell'opera. In particolare, si riportano in questa sede i valori riferiti alla Pila 2 che, a parità di apparecchi d'appoggio e di luci che insistono sulla stessa, risulta essere la più sollecitata essendo la più alta. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.

I valori tabellari esportati dal modello di calcolo (P – Azione Verticale, V2 – Azione longitudinale, V3 – Azione Trasversale, T – Momento Torcente, M2 – Momento Trasversale, M3 – Momento Longitudinale) sono stati riordinati nella seguente tabella.

PILA 2							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLU	Max P	<b>-31640</b>	-360	-10	-20	830	4020
	Min P	<b>-62200</b>	220	600	100	-24030	-2390
	Max V2	-35500	<b>850</b>	10	70	-4490	-9510
	Min V2	-57190	<b>-890</b>	600	40	-17260	9950
	Max V3	-59990	210	<b>1000</b>	170	-35720	-2360
	Min V3	-36330	-340	<b>-1000</b>	-120	17670	3780
	Max T	-37960	-330	1000	<b>280</b>	-29500	3640
	Min T	-57300	190	-1000	<b>-280</b>	15640	-2060
	Max M2	-34640	-360	-1000	-180	<b>22700</b>	4000
	Min M2	-59990	210	1000	170	<b>-35720</b>	-2360
	Max M3	-57190	-890	600	40	-17260	<b>9950</b>
	Min M3	-35500	850	10	70	-4490	<b>-9510</b>
SLV	Max P	<b>-29470</b>	1070	1140	200	8030	10730
	Min P	<b>-41410</b>	-1220	-1140	-200	-8030	-9000
	Max V2	-31370	<b>4250</b>	1110	200	7730	24970
	Min V2	-39510	<b>-4400</b>	-1110	-200	-7730	-23230
	Max V3	-37460	1320	<b>3410</b>	670	24920	8150
	Min V3	-33420	-1480	<b>-3400</b>	-670	-24920	-6420
	Max T	-31590	1090	3400	<b>670</b>	24920	10810
	Min T	-39290	-1240	-3400	<b>-670</b>	-24920	-9080
	Max M2	-31130	1090	3400	670	<b>24920</b>	10790
	Min M2	-39750	-1240	-3400	-670	<b>-24930</b>	-9050
	Max M3	-37540	3570	1110	200	7730	<b>32700</b>
	Min M3	-33340	-3720	-1110	-200	-7730	<b>-30960</b>

Tabella 13 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo ad intradosso plinto

<b>PILA 2</b>							
<b>OutputCase</b>	<b>StepType</b>	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
<b>SLE_RARA</b>	Max P	<b>-31850</b>	-240	-10	-20	620	2710
	Min P	<b>-45340</b>	100	400	70	-16820	-1090
	Max V2	-34690	<b>570</b>	10	50	-3330	-6350
	Min V2	-41640	<b>-640</b>	400	20	-11800	7180
	Max V3	-43620	100	<b>670</b>	120	-24830	-1070
	Min V3	-35110	-230	<b>-670</b>	-70	11460	2530
	Max T	-36370	-220	670	<b>190</b>	-20220	2430
	Min T	-41570	80	-670	<b>-200</b>	9950	-850
	Max M2	-33860	-240	-670	-130	<b>15180</b>	2700
	Min M2	-43620	100	670	120	<b>-24830</b>	-1070
	Max M3	-41640	-640	400	20	-11800	<b>7180</b>
	Min M3	-34690	570	10	50	-3330	<b>-6350</b>
<b>SLE_FREQ</b>	Max P	<b>-31860</b>	-210	-10	-20	620	2280
	Min P	<b>-44180</b>	50	10	10	-7990	-480
	Max V2	-35400	<b>300</b>	10	70	-4430	-3390
	Min V2	-41190	<b>-460</b>	10	-70	-3960	5140
	Max V3	-38990	40	<b>140</b>	30	-2950	-460
	Min V3	-32660	-200	<b>-140</b>	-30	2950	2190
	Max T	-35050	-170	10	<b>110</b>	-7330	1920
	Min T	-40160	20	10	<b>-120</b>	-6360	-180
	Max M2	-32660	-200	-140	-30	<b>2950</b>	2190
	Min M2	-42730	50	10	10	<b>-13480</b>	-480
	Max M3	-41190	-460	10	-70	-3960	<b>5140</b>
	Min M3	-35400	300	10	70	-4430	<b>-3390</b>
<b>SLE_QP</b>	Max P	<b>-32280</b>	-200	10	-10	-10	2190
	Min P	<b>-38610</b>	50	10	-10	-10	-460
	Max V2	-32360	<b>270</b>	10	-10	-10	-3000
	Min V2	-38520	<b>-420</b>	10	-10	-10	4740
	Max V3	-38610	50	<b>10</b>	-10	-10	-460
	Min V3	-32280	-200	<b>10</b>	-10	-10	2190
	Max T	-32740	-200	10	<b>-10</b>	-10	2210
	Min T	-38150	50	10	<b>-10</b>	-10	-480
	Max M2	-32280	-200	10	-10	<b>-10</b>	2190
	Min M2	-38610	50	10	-10	<b>-10</b>	-460
	Max M3	-38520	-420	10	-10	-10	<b>4740</b>
	Min M3	-32360	270	10	-10	-10	<b>-3000</b>

**Tabella 14 – ENV SLE RA, SLE\_FREQ, SLE\_QP - Azioni totali involucro ad intradosso plinto**

## 6.2 Azioni da impalcato sulle spalle

Le sollecitazioni necessarie al calcolo delle pile sono state ricavate a partire dalla modellazione FEM dell'opera. In particolare, si riportano in questa sede i valori riferiti alla Spalla 1 che, a parità di luci che insistono su entrambe le spalle, risulta essere la più sollecitata essendo la più alta. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.

I valori tabellari esportati dal modello di calcolo (P – Azione Verticale, V2 – Azione longitudinale, V3 – Azione Trasversale, T – Momento Torcente, M2 – Momento Trasversale, M3 – Momento Longitudinale) sono scarichi a testa spalla. Sono stati riordinati nelle seguenti tabelle.

Spalla 1							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLU	Max P	<b>-750</b>	-1190	-10	-30	930	480
	Min P	<b>-9620</b>	520	300	240	-5970	-210
	Max V2	-8380	<b>1760</b>	300	250	-3960	-710
	Min V2	-1280	<b>-1750</b>	-10	-30	930	700
	Max V3	-3450	-690	<b>500</b>	350	-4510	280
	Min V3	-6950	500	<b>-500</b>	-340	530	-200
	Max T	-5730	510	500	<b>410</b>	-6340	-210
	Min T	-4200	-700	-500	<b>-390</b>	3510	280
	Max M2	-1780	-710	-500	-390	<b>3510</b>	290
	Min M2	-8920	520	300	270	<b>-8300</b>	-210
	Max M3	-1280	-1750	-10	-30	930	<b>700</b>
	Min M3	-8380	1760	300	250	-3960	<b>-710</b>
SLV	Max P	<b>-1400</b>	40	300	230	220	330
	Min P	<b>-5030</b>	-290	-300	-230	-230	-220
	Max V2	-3750	<b>1970</b>	300	230	190	320
	Min V2	-2680	<b>-2220</b>	-300	-230	-200	-210
	Max V3	-1980	40	<b>990</b>	760	590	320
	Min V3	-4450	-300	<b>-990</b>	-760	-590	-220
	Max T	-3160	540	990	<b>760</b>	580	120
	Min T	-3270	-800	-990	<b>-760</b>	-580	-20
	Max M2	-1800	30	990	760	<b>590</b>	320
	Min M2	-4630	-290	-990	-760	<b>-590</b>	-220
	Max M3	-2210	530	300	230	190	<b>890</b>
	Min M3	-4220	-780	-300	-230	-200	<b>-790</b>

**Tabella 15 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involucro in testa alla spalla**

Spalla 1							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
<b>SLE_RARA</b>	Max P	<b>-1230</b>	-790	-10	-20	690	320
	Min P	<b>-6990</b>	260	200	170	-4330	-110
	Max V2	-5980	<b>1180</b>	200	170	-2850	-480
	Min V2	-1670	<b>-1260</b>	-10	-20	690	510
	Max V3	-3190	-460	<b>330</b>	240	-3190	190
	Min V3	-4980	240	<b>-330</b>	-230	240	-100
	Max T	-4830	260	330	<b>280</b>	-4550	-110
	Min T	-2990	-470	-330	<b>-260</b>	2450	190
	Max M2	-1930	-470	-330	-260	<b>2450</b>	190
	Min M2	-6470	260	200	180	<b>-6060</b>	-110
	Max M3	-1670	-1260	-10	-20	690	<b>510</b>
Min M3	-5980	1180	200	170	-2850	<b>-480</b>	
<b>SLE_FREQ</b>	Max P	<b>-1380</b>	-400	-10	-30	920	160
	Min P	<b>-6690</b>	150	10	30	-3520	-60
	Max V2	-5800	<b>620</b>	-10	40	-2710	-250
	Min V2	-1820	<b>-860</b>	-10	-30	910	350
	Max V3	-2260	-380	<b>70</b>	50	-270	160
	Min V3	-4310	130	<b>-70</b>	-50	270	-50
	Max T	-4740	140	-10	<b>70</b>	-4270	-60
	Min T	-3130	-380	-70	<b>-50</b>	280	160
	Max M2	-1530	-400	-10	-40	<b>1470</b>	160
	Min M2	-6180	140	10	50	<b>-5250</b>	-60
	Max M3	-1820	-860	-10	-30	910	<b>350</b>
Min M3	-5800	620	-10	40	-2710	<b>-250</b>	
<b>SLE_QP</b>	Max P	<b>-2010</b>	-390	-10	-10	10	160
	Min P	<b>-4430</b>	130	-10	-10	-10	-60
	Max V2	-3980	<b>600</b>	-10	-10	-10	-240
	Min V2	-2450	<b>-850</b>	-10	-10	-10	340
	Max V3	-2190	-380	<b>-10</b>	-10	10	160
	Min V3	-4240	130	<b>-10</b>	-10	-10	-50
	Max T	-3370	130	-10	<b>-10</b>	-10	-50
	Min T	-3060	-380	-10	<b>-10</b>	10	160
	Max M2	-2010	-390	-10	-10	<b>10</b>	160
	Min M2	-4430	130	-10	-10	<b>-10</b>	-60
	Max M3	-2450	-850	-10	-10	-10	<b>340</b>
Min M3	-3980	600	-10	-10	-10	<b>-240</b>	

**Tabella 16 – ENV SLE RA, SLE\_FREQ, SLE\_QP - Azioni totali involuppo in testa alla spalla**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	28 di 165
			Data Ott '23	

### 6.3 Azioni permanenti strutturali (G1)

Nome	Tipo	$\gamma_{G1}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP (ponti stradali)	Permanenti strutturali	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.30	-	-	-

#### 6.3.1 Peso proprio

Per gli elementi in c.a. si considera un peso specifico  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.4 Azioni permanenti non strutturali (G2)

Nome	Tipo	$\gamma_{G2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
REINTERRO (ponti stradali)	Permanenti non strutturali	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	-	-	-

#### 6.4.1 Peso reinterro

Si considera un ricoprimento di terreno di peso specifico  $\gamma_c = 20 \text{ kN/m}^3$  al di sopra del plinto di fondazione delle spalle.

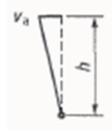
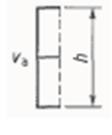
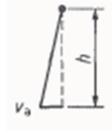
### 6.5 Spinta del terreno (G3)

I valori delle spinte vengono computate secondo le metodologie seguenti.

Nome	Tipo	$\gamma_{G2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TERRENO, FALDA	Permanenti strutturali	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-
TERRENO (ponti stradali), FALDA (ponti stradali)	Permanenti strutturali	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.30	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios  $v_s/h$

Kind of wall movement		$v_s/h$ loose soil %	$v_s/h$ dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_s$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

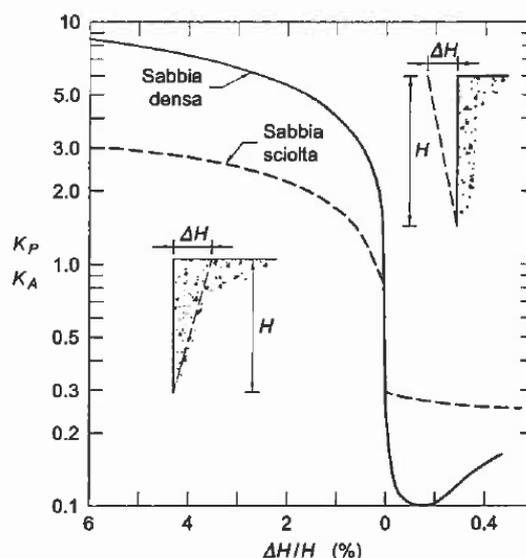


Figura 1 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancillotta (1999)

### 6.5.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) * k_0 \quad \text{pressione orizzontale di spinta del terreno}$$

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\phi') * OCR^\alpha$$

$$OCR = 1 \quad \text{grado di sovraconsolidazione}$$

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\phi') * OCR^\alpha) * (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0 \quad \text{angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale}$$

### 6.5.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	30 di 165
			Data Ott '23	

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

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

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$\sigma_v(z)$  pressione verticale del terreno

H altezza della parete di spinta

$\phi$  angolo attrito del terreno

$\delta = 0$  attrito tra terreno e paratia

$\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

c coesione del terreno

## 6.6 Azione sismica (E)

Nome	Tipo	$\gamma_E$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
SISMICA	Sismiche	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica del sito è definita in termini di:

$a_g$	accelerazione orizzontale massima del terreno
$F_0$	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
$T_C^*$	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per ogni stato limite considerato.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

### 6.6.1 Stati limite di progetto sismici

Nel caso delle opere in esame, in accordo con quanto esposto nella relazione di impalcato, si riportano i valori dei parametri sismici utilizzati nella valutazione delle azioni sismiche sulla spalla.

Per le opere definitive si ha il periodo di riferimento della struttura  $V_R = 100$  anni, si possono pertanto individuare i seguenti stati limite:

	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T_C^*$ (s)
<b>SLO</b>	60	0.079	2.461	0.272
<b>SLD</b>	101	0.098	2.441	0.278
<b>SLV</b>	949	0.224	2.377	0.303
<b>SLC</b>	1950	0.280	2.409	0.314

Tabella 17 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto

Si sono analizzati i seguenti stati limite di progetto:

*Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)*

a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 10\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -100.0 / \ln(1-0.10) = 949 \text{ anni}$$

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 32 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 6.6.2 Spettri di risposta

Per il sito dell'opera in esame, in base alle caratteristiche geotecniche di riferimento e dalla morfologia del terreno descritti nei capitoli precedenti, il sottosuolo può essere classificato come:

Categoria sottosuolo "B"  
 Categoria topografica "T1"

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 18 – *Categorie di sottosuolo*

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Tabella 19 – *Categorie topografiche*

Lo spettro di risposta elastico orizzontale  $S_e(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

T periodo di vibrazione orizzontale (s)

$S_e(T)$  accelerazione spettrale orizzontale ( $m/s^2$ )

$S = S_s \cdot S_T$  coefficiente della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$S_s$  coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella seguente)

$S_T$  coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)

$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$  fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%

$\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso [%]

$F_o$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro  
 $C_C$  coefficiente definito nella tabella seguente  
 $T_B = T_C/3$  periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante  
 $T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 20 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 21 – Coefficienti di amplificazione topografici

Lo spettro di risposta elastico verticale  $S_{ve}(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

$T$  periodo di vibrazione verticale (s)

$S_{ve}(T)$  accelerazione spettrale verticale ( $m/s^2$ )

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0,5}$  fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

I parametri  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  per la definizione dello spettro verticale sono indipendenti dalla categoria di suolo e assumono i valori riportati nella tabella seguente.

Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 22 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 34 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 6.6.3 Amplificazione sismica di progetto

#### 6.6.3.1 Metodo pseudostatico per muri

Con riferimento al § 7.11.4 delle NTC 2018 si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente sismica possono esprimersi come:

$F_h = k_h \cdot W$	componente orizzontale forza sismica
$F_v = k_v \cdot W$	componente verticale forza sismica
$W$	peso del volume di terreno potenzialmente instabile
$k_v = \beta_m \cdot S_5 \cdot S_T \cdot a_g / g$	coefficiente sismico orizzontale
$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	coefficiente sismico verticale (di solito non considerato nelle paratie)
$S_5 = 1.414$	coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale
$S_T = 1.00$	coefficiente di amplificazione topografica
$a_g$	accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	accelerazione di gravità
$\beta_m = 1.00$	(per muri non liberi di seguire spostamenti relativi rispetto al terreno, vedi §7.11.6.2.1 delle NTC2008)

#### 6.6.3.2 Azioni inerziali masse

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2018, si ritiene trascurabile in fase sismica il contributo delle azioni accidentali; pertanto, vengono considerati i contributi dei soli carichi permanenti:

$$G = G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$G$	massa totale efficace
$G_1$	masse dei pesi propri strutturali
$G_2$	masse dei carichi permanenti non strutturali (permanenti, terreno)
$Q_{kj}$	masse dei carichi accidentali
$\Psi_{2j} = 0$	in generale o se ponti stradali a basso traffico (§5.1.3.12)
$\Psi_{2j} = 0.2$	se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)
$\Psi_{2j} = 0.8$	accidentale acqua vasche interrato
$\Psi_{2j} = 0.3$	accidentale parcheggio

Le azioni inerziali orizzontali  $E_x$  e verticali  $E_y$  delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri  $G$  con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica  $k_h$  e  $k_v$ :

$E_x = G \cdot k_h$	azione inerziale orizzontale
$E_y = G \cdot k_v$	azione inerziale verticale
$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q$	masse efficaci sismiche

### 6.6.4 Sovrappinte dinamiche del terreno

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

#### 6.6.4.1 Spinta attiva

Le sovrappinte  $\Delta S_{ah,E}$  sono calcolate in spinta attiva secondo il metodo di Mononome-Okabe:

$$\Delta S_{ah,E} = S_{ah,E} - S_{ah}$$

$$S_{ah} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \quad \text{spinta attiva statica sulla parete}$$

$$S_{ah,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{aE} \quad \text{spinta attiva sismica sulla parete}$$

$$K_{aE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \frac{\sqrt{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta - \theta)}}{\sqrt{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente spinta attiva sismica (M-O)

- $K_a$  coefficiente di spinta attiva statico
- $H^* = H + \Delta H$  altezza della parete di spinta dal fondo scavo
- $\Delta H = 0$  incremento dell'altezza della parete di spinta dal fondo scavo
- $\gamma^*(z)$  peso specifico del terreno
- $\phi$  angolo attrito del terreno
- $\delta$  attrito tra terreno e parete
- $\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale
- $\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale
- $k_h$  coefficiente di amplificazione orizzontale
- $k_v$  coefficiente di amplificazione verticale
- $\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v))$  terreni sopra falda  $\gamma^* = \gamma_{\text{sat}}$
- $\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v)) * (\gamma_{\text{sat}} / (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w))$  terreni sotto falda  $\gamma^* = \gamma'$

Restando a favore della sicurezza, la risultante  $\Delta S_{ah,E}$  viene applicata sulla tutta l'altezza  $H^*$  come una pressione orizzontale distribuita  $\Delta\sigma_{h,E}$  pari a:

$$\Delta\sigma_{h,E} = \Delta S_{ahs} / H^*$$

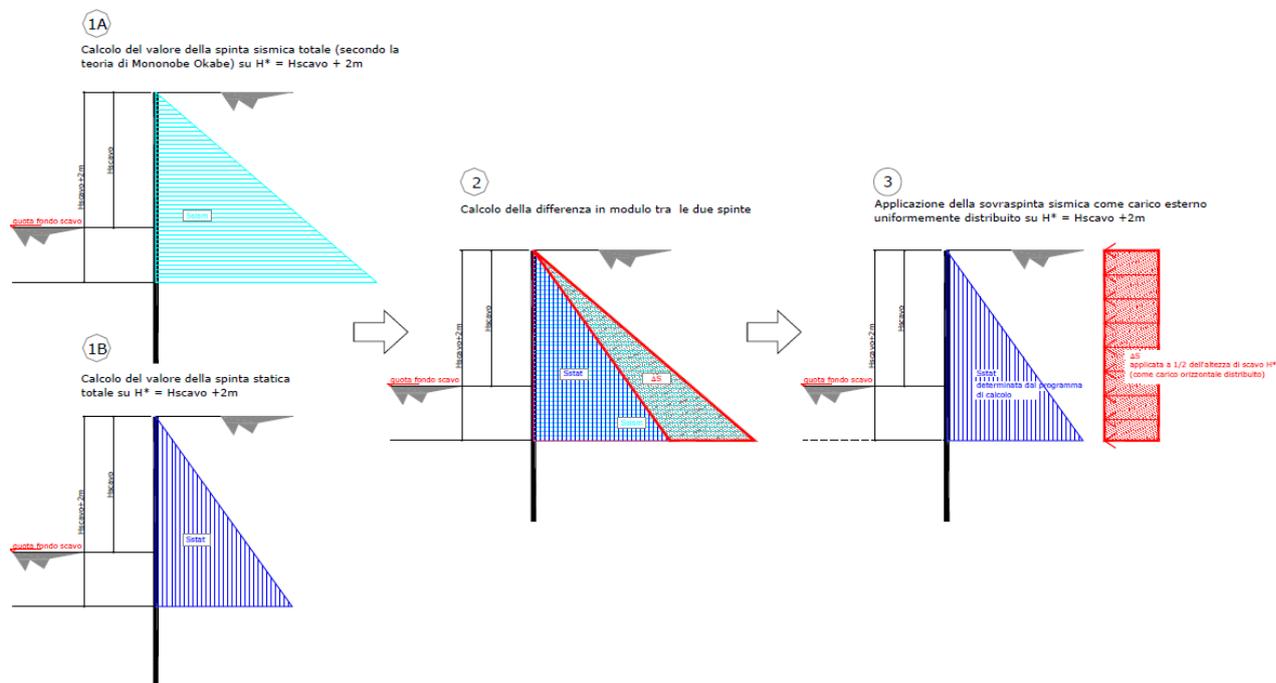


Figura 2 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

CODIFICA DOCUMENTO T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	36 di 165
			Data Ott '23	

## 6.7 Azioni accidentali da traffico veicolare ( $q_1$ )

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TRAFFICO LM1 TS (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	0.75	0.75	0.00
TRAFFICO LM1 UDL (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	0.40	0.40	0.00

Le azioni sono incluse negli scarichi dedotti dalla relazione di calcolo dell'impalcato.

### 6.7.1.1 Carichi da ponte stradale

Le azioni sono incluse negli scarichi dedotti dalla relazione di calcolo dell'impalcato.

### 6.7.1.2 Spinte sulle pareti

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito veicolare esterno. Si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media di 20 kPa. Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle, moltiplicato per il coefficiente di spinta a riposo statica.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	37 di 165
			Data Ott '23	

## 7 ANALISI PILE

Nel presente capitolo sono riportati i risultati delle verifiche di stato limite ultimo e di stato limite di esercizio effettuate per la pila 2 che, a parità di apparecchi d'appoggio e di luci che insistono sulla stessa, risulta essere la più sollecitata essendo la più alta. Le altre pile saranno armate come la suddetta.

Si riportano nel seguito l'elenco delle sollecitazioni che sono state adottate per le verifiche strutturali.

A partire dagli scarichi a quota intradosso plinto estrapolate dal modello dell'impalcato (comprensivo delle elevazioni in tutti i termini di peso, rigidzze, carichi statici e sismici afferenti etc., cui si rimanda al 6.1), i carichi al piede della pila (sezione di verifica) sono stati valutati sottraendo il contributo del peso proprio del plinto, opportunamente moltiplicato per un coefficiente di amplificazione  $\gamma$  a seconda del tipo di combinazione considerato, ed effettuando il trasporto di azioni taglianti e dei momenti agenti ad intradosso plinto.

INVILUPPO: SLU						
	$N_{vert}$	$V_{long}$	$V_{trasv}$	$M_{torc}$	$M_{trasv}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	P (kN)	$F_y$ (kN)	$F_x$ (kNm)	$M_z$ (kN)	$M_y$ (kNm)	$M_x$ (kNm)
$N_{vert}$ Max	<b>-17060</b>	-360	-10	-20	805	3120
$N_{vert}$ Min	<b>-47620</b>	220	600	100	-22530	-1840
$V_{long}$ Max	-20920	<b>850</b>	10	70	-4465	-7385
$V_{long}$ Min	-42610	<b>-890</b>	600	40	-15760	7725
$V_{trasv}$ Max	-45410	210	<b>1000</b>	170	-33220	-1835
$V_{trasv}$ Min	-21750	-340	<b>-1000</b>	-120	15170	2930
$M_{torc}$ Max	-23380	-330	1000	<b>280</b>	-27000	2815
$M_{torc}$ Min	-42720	190	-1000	<b>-280</b>	13140	-1585
$M_{trasv}$ Max	-20060	-360	-1000	-180	<b>20200</b>	3100
$M_{trasv}$ Min	-45410	210	1000	170	<b>-33220</b>	-1835
$M_{long}$ Max	-42610	-890	600	40	-15760	<b>7725</b>
$M_{long}$ Min	-20920	850	10	70	-4465	<b>-7385</b>
INVILUPPO: SLV						
	$N_{vert}$	$V_{long}$	$V_{trasv}$	$M_{torc}$	$M_{trasv}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	P (kN)	$F_y$ (kN)	$F_x$ (kNm)	$M_z$ (kN)	$M_y$ (kNm)	$M_x$ (kNm)
$N_{vert}$ Max	<b>-18670</b>	1070	1140	200	5180	8055
$N_{vert}$ Min	<b>-30610</b>	-1220	-1140	-200	-5180	-5950
$V_{long}$ Max	-20570	<b>4250</b>	1110	200	4955	14345
$V_{long}$ Min	-28710	<b>-4400</b>	-1110	-200	-4955	-12230
$V_{trasv}$ Max	-26660	1320	<b>3410</b>	670	16395	4850
$V_{trasv}$ Min	-22620	-1480	<b>-3400</b>	-670	-16420	-2720
$M_{torc}$ Max	-20790	1090	3400	<b>670</b>	16420	8085
$M_{torc}$ Min	-28490	-1240	-3400	<b>-670</b>	-16420	-5980
$M_{trasv}$ Max	-20330	1090	3400	670	<b>16420</b>	8065
$M_{trasv}$ Min	-28950	-1240	-3400	-670	<b>-16430</b>	-5950
$M_{long}$ Max	-26740	3570	1110	200	4955	<b>23775</b>
$M_{long}$ Min	-22540	-3720	-1110	-200	-4955	<b>-21660</b>

**Tabella 23 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo ad estradosso plinto**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	<b>-21050</b>	-240	-10	-20	595	2110
N <sub>vert</sub> Min	<b>-34540</b>	100	400	70	-15820	-840
V <sub>long</sub> Max	-23890	<b>570</b>	10	50	-3305	-4925
V <sub>long</sub> Min	-30840	<b>-640</b>	400	20	-10800	5580
V <sub>trasv</sub> Max	-32820	100	<b>670</b>	120	-23155	-820
V <sub>trasv</sub> Min	-24310	-230	<b>-670</b>	-70	9785	1955
M <sub>torc</sub> Max	-25570	-220	670	<b>190</b>	-18545	1880
M <sub>torc</sub> Min	-30770	80	-670	<b>-200</b>	8275	-650
M <sub>trasv</sub> Max	-23060	-240	-670	-130	<b>13505</b>	2100
M <sub>trasv</sub> Min	-32820	100	670	120	<b>-23155</b>	-820
M <sub>long</sub> Max	-30840	-640	400	20	-10800	<b>5580</b>
M <sub>long</sub> Min	-23890	570	10	50	-3305	<b>-4925</b>
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	<b>-21060</b>	-210	-10	-20	595	1755
N <sub>vert</sub> Min	<b>-33380</b>	50	10	10	-7965	-355
V <sub>long</sub> Max	-24600	<b>300</b>	10	70	-4405	-2640
V <sub>long</sub> Min	-30390	<b>-460</b>	10	-70	-3935	3990
V <sub>trasv</sub> Max	-28190	40	<b>140</b>	30	-2600	-360
V <sub>trasv</sub> Min	-21860	-200	<b>-140</b>	-30	2600	1690
M <sub>torc</sub> Max	-24250	-170	10	<b>110</b>	-7305	1495
M <sub>torc</sub> Min	-29360	20	10	<b>-120</b>	-6335	-130
M <sub>trasv</sub> Max	-21860	-200	-140	-30	<b>2600</b>	1690
M <sub>trasv</sub> Min	-31930	50	10	10	<b>-13455</b>	-355
M <sub>long</sub> Max	-30390	-460	10	-70	-3935	<b>3990</b>
M <sub>long</sub> Min	-24600	300	10	70	-4405	<b>-2640</b>

**Tabella 24 – ENV SLE RA, SLE FR - Azioni totali inviluppo ad estradosso plinto**

<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P</b>	<b>F<sub>y</sub></b>	<b>F<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>z</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>x</sub></b>	
	<b>(kN)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kN)</b>	<b>(kNm)</b>	<b>(kNm)</b>	
N <sub>vert</sub> Max	<b>-21480</b>	-200	10	-10	15	1690	
N <sub>vert</sub> Min	<b>-27810</b>	50	10	-10	15	-335	
V <sub>long</sub> Max	-21560	<b>270</b>	10	-10	15	-2325	
V <sub>long</sub> Min	-27720	<b>-420</b>	10	-10	15	3690	
V <sub>trasv</sub> Max	-27810	50	<b>10</b>	-10	15	-335	
V <sub>trasv</sub> Min	-21480	-200	<b>10</b>	-10	15	1690	
M <sub>torc</sub> Max	-21940	-200	10	<b>-10</b>	15	1710	
M <sub>torc</sub> Min	-27350	50	10	<b>-10</b>	15	-355	
M <sub>trasv</sub> Max	-21480	-200	10	-10	<b>15</b>	1690	
M <sub>trasv</sub> Min	-27810	50	10	-10	<b>15</b>	-335	
M <sub>long</sub> Max	-27720	-420	10	-10	15	<b>3690</b>	
M <sub>long</sub> Min	-21560	270	10	-10	15	<b>-2325</b>	

**Tabella 25 – ENV SLE QP - Azioni totali inviluppo ad estradosso plinto**

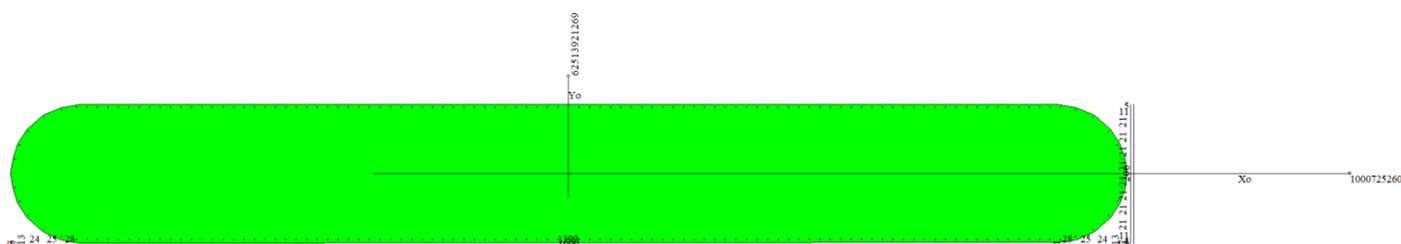
CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 40 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETAZMA</b> INGEGNERIA VALUTAZIONE ASSOCIATI	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

## 7.1 Verifiche Fusto Pila

### 7.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

Il fusto è armato con un quantitativo di armatura longitudinale  $\Phi 24/15$ , per un totale di 212 ferri. La verifica risulta soddisfatta e porge i seguenti risultati. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 17/01/2018 p.to 4.1.2.1.3.2.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	sezione	
Tipo sezione	Sezione generica	
Dimensione massima direzione X	1600,0	[cm]
Dimensione massima direzione Y	200,0	[cm]

### Coordinate dei vertici :

Nr. poligono	Nr. vertici	X[cm]	Y[cm]
	1	-700,00	100,00
	2	-728,00	95,00
	3	-753,00	84,00
	4	-777,00	63,00
	5	-790,00	42,00
	6	-797,00	21,00
	7	-800,00	0,00
	8	-797,00	-21,00
	9	-790,00	-42,00
	10	-777,00	-63,00
	11	-753,00	-84,00
	12	-728,00	-95,00
	13	-700,00	-100,00
	14	699,00	-99,00
	15	728,00	-95,00
	16	753,00	-84,00
	17	777,00	-63,00
	18	790,00	-42,00
	19	797,00	-21,00
	20	800,00	0,00
	21	797,00	21,00
	22	790,00	42,00
	23	777,00	63,00
	24	753,00	84,00
	25	728,00	95,00
	26	700,00	100,00

### Caratteristiche geometriche

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 41 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

Area sezione	309947,50 [cmq]	
Inerzia in direzione X	62513921269,3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	1000725260,5	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	17415043,8	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	X <sub>G</sub> = -0,56	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y <sub>G</sub> = 0,23	[cm]

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
w	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	0,00	94,90	24	4,52
2	15,00	94,90	24	4,52
3	30,00	94,90	24	4,52
4	60,00	94,90	24	4,52
5	751,05	80,00	24	4,52
6	773,53	60,00	24	4,52
7	786,06	40,00	24	4,52
8	794,90	0,00	24	4,52
9	792,77	20,00	24	4,52
10	726,59	91,10	24	4,52
11	45,00	94,90	24	4,52
12	75,00	94,90	24	4,52
13	90,00	94,90	24	4,52
14	120,00	94,90	24	4,52
15	105,00	94,90	24	4,52
16	135,00	94,90	24	4,52
17	150,00	94,90	24	4,52
18	180,00	94,90	24	4,52
19	165,00	94,90	24	4,52
20	195,00	94,90	24	4,52
21	210,00	94,90	24	4,52
22	240,00	94,90	24	4,52
23	225,00	94,90	24	4,52
24	255,00	94,90	24	4,52
25	270,00	94,90	24	4,52
26	300,00	94,90	24	4,52
27	285,00	94,90	24	4,52
28	315,00	94,90	24	4,52
29	330,00	94,90	24	4,52
30	360,00	94,90	24	4,52
31	345,00	94,90	24	4,52
32	375,00	94,90	24	4,52
33	390,00	94,90	24	4,52
34	420,00	94,90	24	4,52
35	405,00	94,90	24	4,52
36	435,00	94,90	24	4,52
37	450,00	94,90	24	4,52
38	480,00	94,90	24	4,52
39	465,00	94,90	24	4,52
40	495,00	94,90	24	4,52
41	510,00	94,90	24	4,52
42	540,00	94,90	24	4,52
43	525,00	94,90	24	4,52
44	555,00	94,90	24	4,52
45	570,00	94,90	24	4,52
46	600,00	94,90	24	4,52
47	585,00	94,90	24	4,52
48	615,00	94,90	24	4,52
49	630,00	94,90	24	4,52
50	660,00	94,90	24	4,52
51	645,00	94,90	24	4,52
52	675,00	94,90	24	4,52

53	690,00	94,90	24	4,52
54	705,00	94,90	24	4,52
55	15,00	-94,90	24	4,52
56	30,00	-94,90	24	4,52
57	60,00	-94,90	24	4,52
58	751,05	-80,00	24	4,52
59	773,53	-60,00	24	4,52
60	786,06	-40,00	24	4,52
61	792,77	-20,00	24	4,52
62	726,59	-91,10	24	4,52
63	45,00	-94,90	24	4,52
64	75,00	-94,90	24	4,52
65	90,00	-94,90	24	4,52
66	120,00	-94,90	24	4,52
67	105,00	-94,90	24	4,52
68	135,00	-94,90	24	4,52
69	150,00	-94,90	24	4,52
70	180,00	-94,90	24	4,52
71	165,00	-94,90	24	4,52
72	195,00	-94,90	24	4,52
73	210,00	-94,90	24	4,52
74	240,00	-94,90	24	4,52
75	225,00	-94,90	24	4,52
76	255,00	-94,90	24	4,52
77	270,00	-94,90	24	4,52
78	300,00	-94,90	24	4,52
79	285,00	-94,90	24	4,52
80	315,00	-94,90	24	4,52
81	330,00	-94,90	24	4,52
82	360,00	-94,90	24	4,52
83	345,00	-94,90	24	4,52
84	375,00	-94,90	24	4,52
85	390,00	-94,90	24	4,52
86	420,00	-94,90	24	4,52
87	405,00	-94,90	24	4,52
88	435,00	-94,90	24	4,52
89	450,00	-94,90	24	4,52
90	480,00	-94,90	24	4,52
91	465,00	-94,90	24	4,52
92	495,00	-94,90	24	4,52
93	510,00	-94,90	24	4,52
94	540,00	-94,90	24	4,52
95	525,00	-94,90	24	4,52
96	555,00	-94,90	24	4,52
97	570,00	-94,90	24	4,52
98	600,00	-94,90	24	4,52
99	585,00	-94,90	24	4,52
100	615,00	-94,90	24	4,52
101	630,00	-94,90	24	4,52
102	660,00	-94,90	24	4,52
103	645,00	-94,90	24	4,52
104	675,00	-94,90	24	4,52
105	690,00	-94,90	24	4,52
106	705,00	-94,90	24	4,52
107	0,00	-94,90	24	4,52
108	-15,00	94,90	24	4,52
109	-30,00	94,90	24	4,52
110	-60,00	94,90	24	4,52
111	-751,05	80,00	24	4,52
112	-773,53	60,00	24	4,52
113	-786,06	40,00	24	4,52
114	-794,90	0,00	24	4,52
115	-792,77	20,00	24	4,52
116	-726,59	91,10	24	4,52
117	-45,00	94,90	24	4,52
118	-75,00	94,90	24	4,52
119	-90,00	94,90	24	4,52
120	-120,00	94,90	24	4,52
121	-105,00	94,90	24	4,52

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 43 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

122	-135,00	94,90	24	4,52
123	-150,00	94,90	24	4,52
124	-180,00	94,90	24	4,52
125	-165,00	94,90	24	4,52
126	-195,00	94,90	24	4,52
127	-210,00	94,90	24	4,52
128	-240,00	94,90	24	4,52
129	-225,00	94,90	24	4,52
130	-255,00	94,90	24	4,52
131	-270,00	94,90	24	4,52
132	-300,00	94,90	24	4,52
133	-285,00	94,90	24	4,52
134	-315,00	94,90	24	4,52
135	-330,00	94,90	24	4,52
136	-360,00	94,90	24	4,52
137	-345,00	94,90	24	4,52
138	-375,00	94,90	24	4,52
139	-390,00	94,90	24	4,52
140	-420,00	94,90	24	4,52
141	-405,00	94,90	24	4,52
142	-435,00	94,90	24	4,52
143	-450,00	94,90	24	4,52
144	-480,00	94,90	24	4,52
145	-465,00	94,90	24	4,52
146	-495,00	94,90	24	4,52
147	-510,00	94,90	24	4,52
148	-540,00	94,90	24	4,52
149	-525,00	94,90	24	4,52
150	-555,00	94,90	24	4,52
151	-570,00	94,90	24	4,52
152	-600,00	94,90	24	4,52
153	-585,00	94,90	24	4,52
154	-615,00	94,90	24	4,52
155	-630,00	94,90	24	4,52
156	-660,00	94,90	24	4,52
157	-645,00	94,90	24	4,52
158	-675,00	94,90	24	4,52
159	-690,00	94,90	24	4,52
160	-705,00	94,90	24	4,52
161	-15,00	-94,90	24	4,52
162	-30,00	-94,90	24	4,52
163	-60,00	-94,90	24	4,52
164	-751,05	-80,00	24	4,52
165	-773,53	-60,00	24	4,52
166	-786,06	-40,00	24	4,52
167	-792,77	-20,00	24	4,52
168	-726,59	-91,10	24	4,52
169	-45,00	-94,90	24	4,52
170	-75,00	-94,90	24	4,52
171	-90,00	-94,90	24	4,52
172	-120,00	-94,90	24	4,52
173	-105,00	-94,90	24	4,52
174	-135,00	-94,90	24	4,52
175	-150,00	-94,90	24	4,52
176	-180,00	-94,90	24	4,52
177	-165,00	-94,90	24	4,52
178	-195,00	-94,90	24	4,52
179	-210,00	-94,90	24	4,52
180	-240,00	-94,90	24	4,52
181	-225,00	-94,90	24	4,52
182	-255,00	-94,90	24	4,52
183	-270,00	-94,90	24	4,52
184	-300,00	-94,90	24	4,52
185	-285,00	-94,90	24	4,52
186	-315,00	-94,90	24	4,52
187	-330,00	-94,90	24	4,52
188	-360,00	-94,90	24	4,52
189	-345,00	-94,90	24	4,52
190	-375,00	-94,90	24	4,52

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 44 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

191	-390,00	-94,90	24	4,52
192	-420,00	-94,90	24	4,52
193	-405,00	-94,90	24	4,52
194	-435,00	-94,90	24	4,52
195	-450,00	-94,90	24	4,52
196	-480,00	-94,90	24	4,52
197	-465,00	-94,90	24	4,52
198	-495,00	-94,90	24	4,52
199	-510,00	-94,90	24	4,52
200	-540,00	-94,90	24	4,52
201	-525,00	-94,90	24	4,52
202	-555,00	-94,90	24	4,52
203	-570,00	-94,90	24	4,52
204	-600,00	-94,90	24	4,52
205	-585,00	-94,90	24	4,52
206	-615,00	-94,90	24	4,52
207	-630,00	-94,90	24	4,52
208	-660,00	-94,90	24	4,52
209	-645,00	-94,90	24	4,52
210	-675,00	-94,90	24	4,52
211	-690,00	-94,90	24	4,52
212	-705,00	-94,90	24	4,52

**Materiale impiegato : Calcestruzzo armato**

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mmq]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mmq]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mmq]
Modulo elastico E	205942,924	[N/mmq]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	17060,0000	3120,0000	805,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	47620,0000	-1840,0000	-22530,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	20060,0000	3100,0000	20200,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	45410,0000	-1835,0000	-33220,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	42610,0000	7725,0000	-15760,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	20920,0000	-7385,0000	-4465,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	18670,0000	8055,0000	5180,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	30610,0000	-5950,0000	-5180,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	20330,0000	8065,0000	16420,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	28950,0000	-5950,0000	-16430,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	26740,0000	23775,0000	4955,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	22540,0000	-21660,0000	-4955,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	21050,0000	2110,0000	595,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	34540,0000	-840,0000	-15820,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	23060,0000	2100,0000	13505,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	32820,0000	-820,0000	-23155,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	30840,0000	5580,0000	-10800,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	23890,0000	-4925,0000	-3305,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE					REV. A	FOGLIO 45 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture		Data Ott '23			

19	21060,0000	1755,0000	595,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	33380,0000	-355,0000	-7965,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
21	21860,0000	1690,0000	2600,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
22	31930,0000	-355,0000	-13455,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
23	30390,0000	3990,0000	-3935,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
24	24600,0000	-2640,0000	-4405,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
25	21480,0000	1690,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
26	27810,0000	-335,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
27	21480,0000	1690,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
28	27810,0000	-335,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
29	27720,0000	3690,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
30	21560,0000	-2325,0000	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	46 di 165
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
13	447,84	-0,26	(-98525,29; 100,00)	(3272,95; -359,46)
14	1681,26	-18,02	(11326,72; -2247,63)	(-16132,42; 6682,94)
15	553,60	-6,27	(-4371,48; 100,00)	(8799,97; -1346,42)
16	1665,03	-26,05	(37183,89; -16776,23)	(-5552,56; 4115,62)
17	314,00	1,91	(-2863,86; -286,40)	(8712,55; 100,00)
18	276,04	-0,64	(22376,51; -83,50)	(-2349,86; 194,62)
19	518,40	-0,31	(-93917,28; 100,00)	(3694,95; -434,81)
20	3432,31	-21,32	(16680,72; -3203,70)	(-74726,32; 32464,26)
21	564,99	-1,49	(-21050,17; 100,00)	(4404,03; -561,43)
22	3132,24	-33,49	(16199,81; -7543,24)	(-18346,22; 15310,06)
23	375,02	0,98	(-3023,72; -314,95)	(21158,56; 100,00)
24	442,79	-1,63	(14529,67; -89,11)	(-3649,18; 426,64)
25	539,16	0,01	(-621152,08; -543,50)	(3205326,95; 100,00)
26	2997,00	0,04	(86052018,80; 61410,16)	(-4114128,84; 100,00)
27	539,16	0,01	(-621152,08; -543,50)	(3205326,95; 100,00)
28	2997,00	0,04	(86052018,80; 61410,16)	(-4114128,84; 100,00)
29	359,70	0,01	(-328860,89; -334,57)	(1575870,10; 100,00)
30	421,18	0,02	(1112129,66; 695,45)	(-658359,11; 100,00)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Sc-max Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sc-min Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sf-max Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sf-min Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 tc Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	Sc-max	Sc-min	tc	Sf-max	Sf-min
13	0,843	0,000	0,000	12,498	6,961
14	1,311	0,000	0,000	19,617	12,333
15	1,041	0,000	0,000	15,494	5,827
16	1,338	0,000	0,000	20,022	10,335
17	1,564	0,000	0,000	23,087	5,404
18	1,211	0,000	0,000	17,827	4,299
19	0,812	0,000	0,000	12,054	7,416
20	1,147	0,000	0,000	17,188	13,688
21	0,852	0,000	0,000	12,665	7,546
22	1,165	0,000	0,000	17,451	12,082
23	1,335	0,000	0,000	19,754	8,331
24	1,041	0,000	0,000	15,433	7,336
25	0,813	0,000	0,000	12,078	7,780
26	0,887	0,000	0,000	13,286	12,439
27	0,813	0,000	0,000	12,078	7,780
28	0,887	0,000	0,000	13,286	12,439
29	1,184	0,000	0,000	17,501	8,118
30	0,872	0,000	0,000	12,931	7,025

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Nu Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 Mxu Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 Myu Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

T 00-EG 00-GEN-RE 01

MANDATARIA

MANDANTI

A

47 di 165



sinergo

D\_VA

D\_VisionArchitecture

Data

Ott '23

Combinazione n° 1

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>496885,7472</u>	<u>23446,2501</u>	<u>90872,4227</u>	29,13
<u>615833,9313</u>	<u>29058,9868</u>	3120,0000	36,10
<u>497256,8699</u>	805,0000	<u>90940,2951</u>	29,15
<u>617189,5374</u>	805,0000	3120,0000	36,18
17060,0000	<u>377600,6691</u>	3120,0000	469,07
17060,0000	<u>13130,3289</u>	<u>50890,2189</u>	16,31
17060,0000	805,0000	<u>50909,7141</u>	16,32

Combinazione n° 2

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>568757,9841</u>	<u>-269091,0832</u>	<u>-21976,3690</u>	11,94
<u>574559,9368</u>	<u>-271836,1062</u>	-1840,0000	12,07
<u>592940,7534</u>	-22530,0000	<u>-22910,7725</u>	12,45
<u>617174,5731</u>	-22530,0000	-1840,0000	12,96
47620,0000	<u>-565496,2625</u>	-1840,0000	25,10
47620,0000	<u>-510335,1350</u>	<u>-41678,5019</u>	22,65
47620,0000	-22530,0000	<u>-77103,1438</u>	41,90

Combinazione n° 3

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>481461,1535</u>	<u>484821,3012</u>	<u>74403,2690</u>	24,00
<u>525948,3544</u>	<u>529618,9810</u>	3100,0000	26,22
<u>513901,7549</u>	20200,0000	<u>79416,5224</u>	25,62
<u>616772,5676</u>	20200,0000	3100,0000	30,75
20060,0000	<u>396923,1455</u>	3100,0000	19,65
20060,0000	<u>293282,5874</u>	<u>45008,7139</u>	14,52
20060,0000	20200,0000	<u>53525,8471</u>	17,27

Combinazione n° 4

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>545695,1502</u>	<u>-399207,0665</u>	<u>-22051,3235</u>	12,02
<u>550326,5856</u>	<u>-402595,2252</u>	-1835,0000	12,12
<u>591422,8137</u>	-33220,0000	<u>-23899,1602</u>	13,02
<u>615576,1637</u>	-33220,0000	-1835,0000	13,56
45410,0000	<u>-552605,7737</u>	-1835,0000	16,63
45410,0000	<u>-526933,5024</u>	<u>-29106,6519</u>	15,86
45410,0000	-33220,0000	<u>-75213,7613</u>	40,99

Combinazione n° 5

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>492094,1002</u>	<u>-182008,9889</u>	<u>89214,4314</u>	11,55
<u>583717,6570</u>	<u>-215897,4483</u>	7725,0000	13,70
<u>497846,2852</u>	-15760,0000	<u>90257,2765</u>	11,68
<u>611752,6438</u>	-15760,0000	7725,0000	14,36
42610,0000	<u>-534326,7124</u>	7725,0000	33,90
42610,0000	<u>-145565,1664</u>	<u>71350,9461</u>	9,24
42610,0000	-15760,0000	<u>72944,5867</u>	9,44

Combinazione n° 6

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>400448,9156</u>	<u>-85468,6619</u>	<u>-141363,0612</u>	19,14
<u>599056,1656</u>	<u>-127857,8288</u>	-7385,0000	28,64
<u>402900,3908</u>	-4465,0000	<u>-142228,4601</u>	19,26
<u>612485,6285</u>	-4465,0000	-7385,0000	29,28
20920,0000	<u>-400952,9445</u>	-7385,0000	89,80
20920,0000	<u>-32775,3660</u>	<u>-54209,6480</u>	7,34
20920,0000	-4465,0000	<u>-54283,8606</u>	7,35

Combinazione n° 7

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>359909,0642</u>	<u>99856,9337</u>	<u>155279,4597</u>	19,28

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>sinergo</b>  <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	A	48 di 165
			Data Ott '23	

<u>592667,8509</u>	<u>164435,9651</u>	8055,0000	31,74
<u>363237,2107</u>	5180,0000	<u>156715,3579</u>	19,46
<u>611523,2998</u>	5180,0000	8055,0000	32,75
18670,0000	<u>386413,3457</u>	8055,0000	74,60
18670,0000	<u>33597,5342</u>	<u>52244,8143</u>	6,49
18670,0000	5180,0000	<u>52331,9565</u>	6,50

Combinazione n° 8

<u>N<sub>i</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>488593,5973</u>	<u>-82682,6146</u>	<u>-94973,2736</u>	15,96
<u>603708,0102</u>	<u>-102162,9367</u>	-5950,0000	19,72
<u>490609,1317</u>	-5180,0000	<u>-95365,0550</u>	16,03
<u>614145,2271</u>	-5180,0000	-5950,0000	20,06
30610,0000	<u>-462484,3242</u>	-5950,0000	89,28
30610,0000	<u>-54436,0315</u>	<u>-62527,8740</u>	10,51
30610,0000	-5180,0000	<u>-62744,2970</u>	10,55

Combinazione n° 9

<u>N<sub>i</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>364845,3242</u>	<u>294675,8595</u>	<u>144735,7373</u>	17,95
<u>542748,9604</u>	<u>438363,8923</u>	8065,0000	26,70
<u>380178,9008</u>	16420,0000	<u>150818,6343</u>	18,70
<u>611366,1123</u>	16420,0000	8065,0000	30,07
20330,0000	<u>397069,1540</u>	8065,0000	24,18
20330,0000	<u>107895,4082</u>	<u>52994,9127</u>	6,57
20330,0000	16420,0000	<u>53775,0183</u>	6,67

Combinazione n° 10

<u>N<sub>i</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>472821,8330</u>	<u>-268340,6810</u>	<u>-97177,5443</u>	16,33
<u>565143,1912</u>	<u>-320735,8422</u>	-5950,0000	19,52
<u>483982,9171</u>	-16430,0000	<u>-99471,4458</u>	16,72
<u>613980,4503</u>	-16430,0000	-5950,0000	21,21
28950,0000	<u>-452178,2864</u>	-5950,0000	27,52
28950,0000	<u>-164138,1842</u>	<u>-59441,3996</u>	9,99
28950,0000	-16430,0000	<u>-61285,8513</u>	10,30

Combinazione n° 11

<u>N<sub>i</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>169566,4454</u>	<u>31421,1570</u>	<u>150764,4817</u>	6,34
<u>588061,9345</u>	<u>108969,5918</u>	23775,0000	21,99
<u>170009,5522</u>	4955,0000	<u>151158,4556</u>	6,36
<u>591949,2328</u>	4955,0000	23775,0000	22,14
26740,0000	<u>422541,7904</u>	23775,0000	85,28
26740,0000	<u>12379,4398</u>	<u>59398,8257</u>	2,50
26740,0000	4955,0000	<u>59413,7220</u>	2,50

Combinazione n° 12

<u>N<sub>i</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>146870,6122</u>	<u>-32286,7739</u>	<u>-141136,5333</u>	6,52
<u>588899,9275</u>	<u>-129458,7019</u>	-21660,0000	26,13
<u>147308,1012</u>	-4955,0000	<u>-141556,9419</u>	6,54
<u>594830,9590</u>	-4955,0000	-21660,0000	26,39
22540,0000	<u>-398851,7441</u>	-21660,0000	80,49
22540,0000	<u>-12741,7108</u>	<u>-55698,3768</u>	2,57
22540,0000	-4955,0000	<u>-55710,0868</u>	2,57

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>t</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

CODIFICA DOCUMENTO  <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE  MANDATARIA  MANDANTI   		REV. <b>A</b>	FOGLIO 49 di 165
				Data Ott '23

$S_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cm<sup>2</sup>]  
 $e$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]  
 $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 $w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	S <sub>f</sub>	S <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	e	S <sub>rm</sub>	w
19	10379,0312	30613,7812	-175,877	-12,163	58441,40	0,0000	0	0,0000
20	-216884,4609	-9666,5391	-130,870	-8,813	21282,51	0,0000	0	0,0000
21	41758,4375	27142,9844	-148,967	-10,273	47422,34	0,0000	0	0,0000
22	-236271,9023	-6233,8555	-166,873	-11,196	17461,57	0,0000	0	0,0000
23	-31109,5566	31544,3789	-128,281	-8,820	48724,06	0,0000	0	0,0000
24	-46183,6719	-27678,7500	-136,241	-9,403	43904,91	0,0000	0	0,0000
25	283,7109	31964,7656	-182,369	-12,624	45366,34	0,0000	0	0,0000
26	1523,9062	-34033,9063	-158,066	-10,967	47843,89	0,0000	0	0,0000
27	283,7109	31964,7656	-182,369	-12,624	45366,34	0,0000	0	0,0000
28	1523,9062	-34033,9063	-158,066	-10,967	47843,89	0,0000	0	0,0000
29	138,7793	34139,7070	-158,716	-11,012	45219,41	0,0000	0	0,0000
30	206,6250	-32026,8750	-183,030	-12,670	46828,65	0,0000	0	0,0000

#### Inviluppo verifiche a pressoflessione

##### Simbologia adottata

$N$  Sforzo normale espresso in [kN]  
 $M_x$  Momento in direzione X espresso in [kNm]  
 $M_y$  Momento in direzione Y espresso in [kNm]  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo espresso in [kN]  
 $M_{x,u}$  Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]  
 $M_{y,u}$  Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]  
 $FS$  Fattore di sicurezza  
 $Comb.$  Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - sezione

N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N	M <sub>x,u</sub>	M <sub>y,u</sub>	FS	Comb.
26740,00	4955,00	23775,00	169566,45	31421,16	150764,48	6.341	11
47620,00	-22530,00	-1840,00	574559,94	-271836,11	-1840,00	12.066	2
26740,00	4955,00	23775,00	170009,55	4955,00	151158,46	6.358	11
47620,00	-22530,00	-1840,00	617174,57	-22530,00	-1840,00	12.960	2
45410,00	-33220,00	-1835,00	45410,00	-552605,77	-1835,00	16.635	4
26740,00	4955,00	23775,00	26740,00	12379,44	59398,83	2.498	11
26740,00	4955,00	23775,00	26740,00	4955,00	59413,72	2.499	11

#### Inviluppo verifiche tensionali

##### Simbologia adottata

$TC$  Tipo combinazione  
 $scc$  tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $scl$  tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $sct$  tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $sctl$  tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $sfc, sft$  tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $sf$  tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $Comb.$  Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - sezione

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	1,564	19,920	0,341	3,099	5,404	23,087	360,000	17
SLEQP	1,184	14,940	0,525	3,099	8,118	17,501	450,000	29
SLEF	1,335	33,200	0,541	3,099	8,331	19,754	450,000	23

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### Simbologia adottata

$TC$  Tipo combinazione  
 $sf$  tensione nell'acciaio espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $sc$  tensione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione espresso in [cm<sup>2</sup>]  
 $Eps$  Deformazione espressa in [‰]  
 $sr$  spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
 $w, w_l$  ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
 $Comb.$  Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - sezione

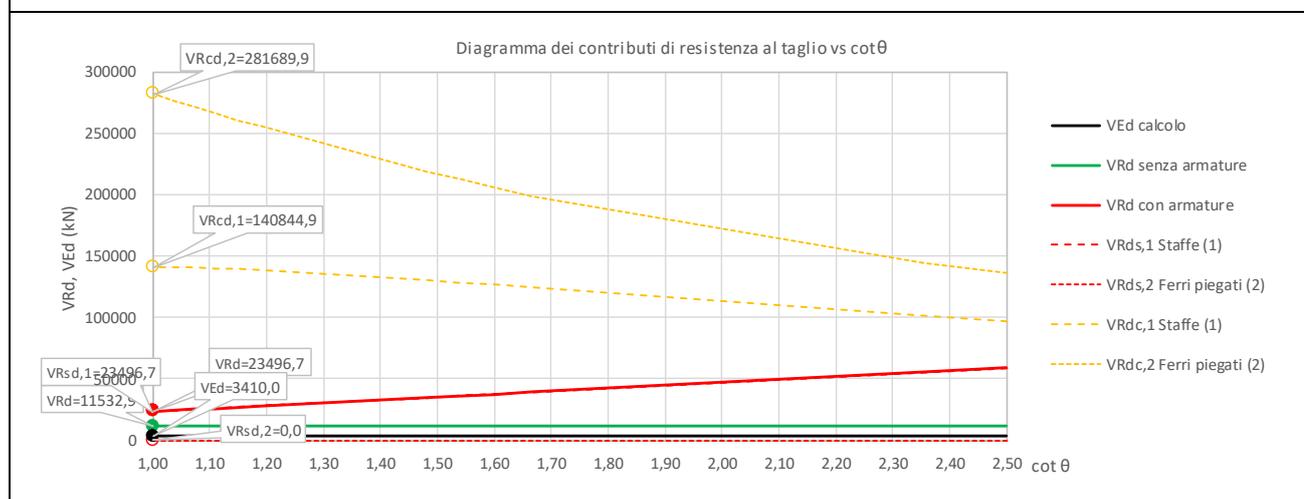
CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.			MANDANTI   			REV. <b>A</b>	FOGLIO 50 di 165
	Data Ott '23							

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-182,369	-12,624	4448,989	0,0000	0,000	0,000	0,200	25
SLEF	-175,877	-12,163	5731,234	0,0000	0,000	0,000	0,300	19

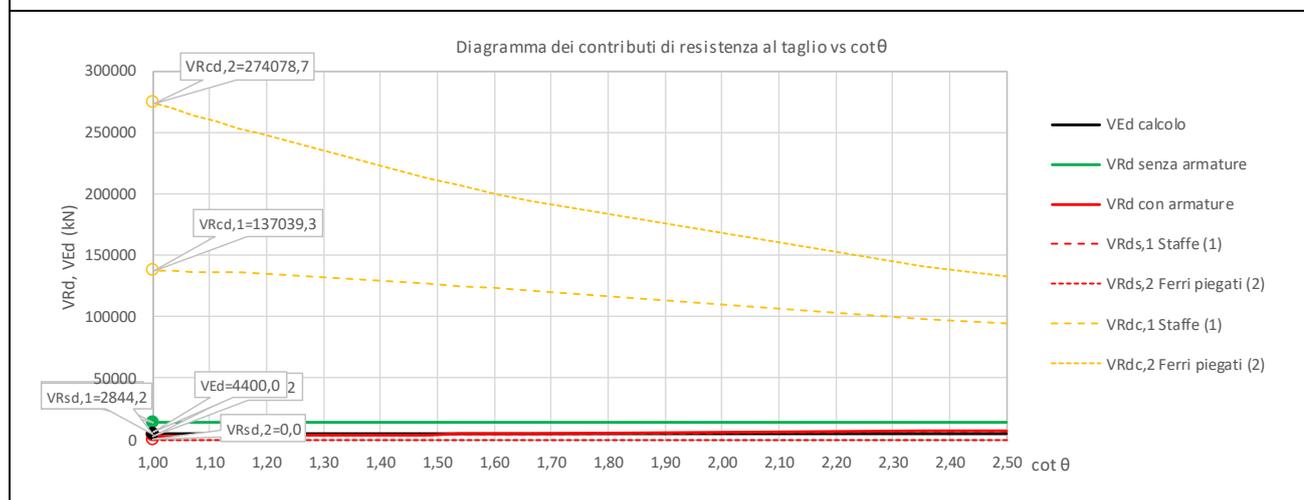
### 7.1.2 Verifica a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte considerando i valori delle azioni in combinazione SLV, essendo questi più gravosi. La verifica a taglio è stata svolta sia per l'azione di taglio trasversale sia per quella longitudinale.

NOME: PILA 2 TRASV	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b>	<b>AZIONI CALCOLO</b>	<b>CALCESTRUZZO</b>
$b_w$ $d$ $\theta$ $\cotg \theta$ (m)    (m)    (°)	$N_{Ed}$ $V_{Ed}$ $M_{Ed}$ (kN)    (kN)    (kNm)	$f_{ck}$ $f_{cd}$ $\gamma_c$ (MPa)    (MPa)
2,00    15,93    45,00    1,00	$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$ -26660,0    3410,0    16395,0	33,20    18,81    1,50
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> )	$k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) (%)	$V_{Rd}$ $V_{Ed}/V_{Rd}$ (kN)
49,76	0,15    1,11    0,02%	11532,9 <b>29,6% VERIFICA OK</b>



NOME: PILA 2 LONG	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b>	<b>AZIONI CALCOLO</b>	<b>CALCESTRUZZO</b>
$b_w$ $d$ $\theta$ $\cotg \theta$ (m)    (m)    (°)	$N_{Ed}$ $V_{Ed}$ $M_{Ed}$ (kN)    (kN)    (kNm)	$f_{ck}$ $f_{cd}$ $\gamma_c$ (MPa)    (MPa)
16,00    1,93    45,00    1,00	$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$ -28710,0    4400,0    12230,0	33,20    18,81    1,50
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> )	$k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) (%)	$V_{Rd}$ $V_{Ed}/V_{Rd}$ (kN)
429,77	0,15    1,32    0,14%	13763,4 <b>32,0% VERIFICA OK</b>

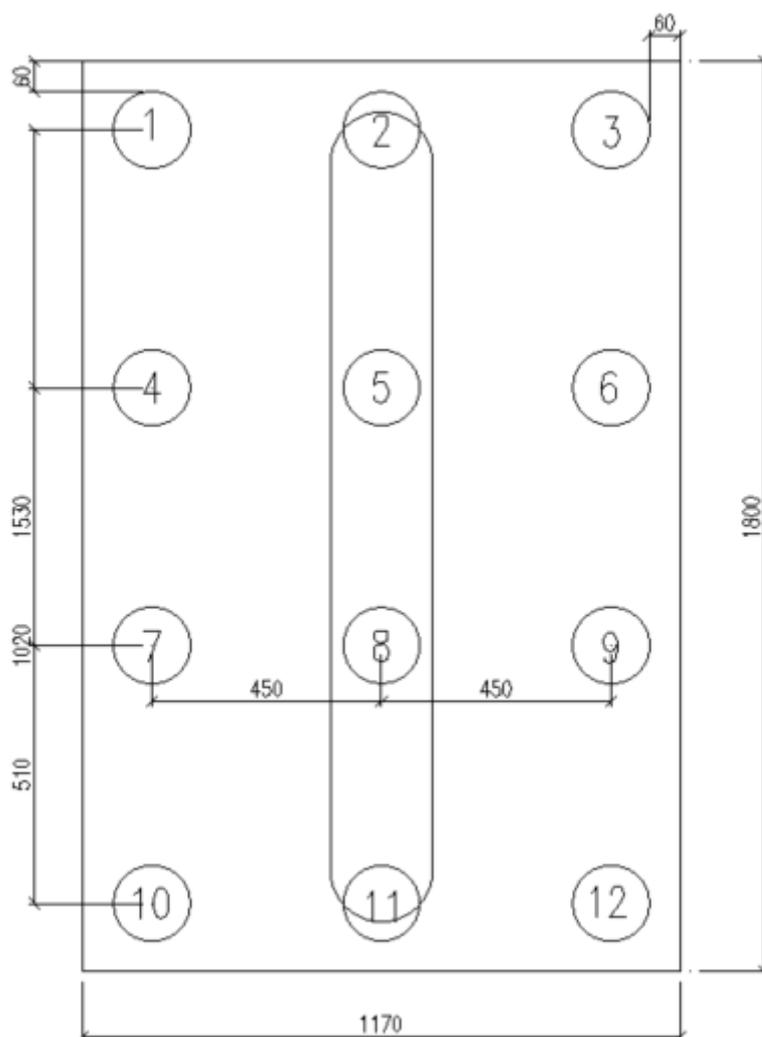


Tutte le verifiche sono soddisfatte.

CODIFICA DOCUMENTO T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 52 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETEMVA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE ASSOCIATA	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> <small>DVisionArchitecture</small>	
			Data Ott '23	

## 7.2 Verifiche plinto fondazione

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo illustrate al 9.7.3.



**Figura 3 – Schema numerazione pali**

### 7.2.1 Verifiche tirante - puntone (SLU, SLV)

Date le dimensioni del plinto di fondazione, esso si configura come un elemento tozzo per il quale è possibile condurre una verifica secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90. Si prevede un'armatura tesa al lembo inferiore di 2x1Φ26/10.

NOME: <b>Plinto P2</b>		VERIFICA ARMATURE PLINTO SU PALI		Rev. 00
<b>GEOMETRIA</b>		<b>MATERIALI</b>		
$D_{palo}$ (m)	1,50	$f_{yd}$ (MPa)	391,3	
$a$ (m)	3,50	$f_{cd}$ (MPa)	20,47	
$b$ (m)	0,49	$v_c$	0,80	
$d$ (m)	2,45	$f_{cd}^*$ (MPa)	16,38	
$B$ (m)	3,90			
<b>VERIFICA ARMATURA TESA</b>				
$T$ (kN)	8936,9			
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	41391	$\sigma_{Ed}/f_{yd}$		
$\sigma_s$ (MPa)	215,9	<b>55,2% VERIFICA OK</b>		
<b>VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO</b>				
$C$ (kN)	10681,83			
$B_1$ (m)	0,27			
$B_2$ (m)	0,40			
$B_c$ (m)	0,33	$\sigma_{Ed}/f_{cd}$		
$\sigma_c$ (MPa)	8,18	<b>49,9% VERIFICA OK</b>		

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 54 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	Data Ott '23	

## 8 ANALISI SPALLA

Nei paragrafi a seguire sono riportate le sollecitazioni e le verifiche effettuate per la Spalla 1, maggiormente sollecitata tra le due. La disposizione e i quantitativi di armatura della suddetta si replicano nella Spalla 2.

### 8.1 Modello di calcolo

Per il dimensionamento delle strutture di spalla sono stati adottati i seguenti diversi modelli di calcolo:

- 1) modello generale della spalla, implementato in un foglio di calcolo Excel, specifico per ricavare le sollecitazioni globali sulle fondazioni partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato; sono considerati i pesi propri degli elementi strutturali, del terreno di riempimento della spalla, le spinte del terreno di rilevato e, in condizioni sismiche, le masse, secondo le ipotesi illustrate nell'analisi dei carichi; il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali;
  - a. modello locale del muro frontale, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
  - b. modello locale in direzione longitudinale della fondazione, implementato in un foglio di calcolo Excel, dove vengono calcolate le sollecitazioni del plinto in direzione longitudinale a partire dagli scarichi sui pali, desunti dalla relazione geotecnica;
  - c. modello locale dei muri laterali, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

Parametri Geotecnici		
$\gamma$	$\phi'$	$c'$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]
20	35	0

**Tabella 26 – Parametri geotecnici terreno di riempimento**

Tutte le azioni e le combinazioni di carico considerate per le verifiche strutturali e geotecniche sono state sviluppate nell'ipotesi A1-M1.

#### 8.1.1 Condizioni statiche

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta.

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno; pertanto, la spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete  $k_0$ .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore pari a 20kPa.

#### 8.1.2 Condizioni sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica viene calcolata con la teoria di Mononome-Okabe con  $\beta_m = 1.00$ , in quanto si considera la spalla debolmente deformabile in condizione sismica.

In fase sismica si considerano inoltre le azioni orizzontali e verticali dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

## 8.2 Sollecitazioni elevazione

Mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, combinandole opportunamente con gli involuipi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione della spalla a quota estradosso fondazione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

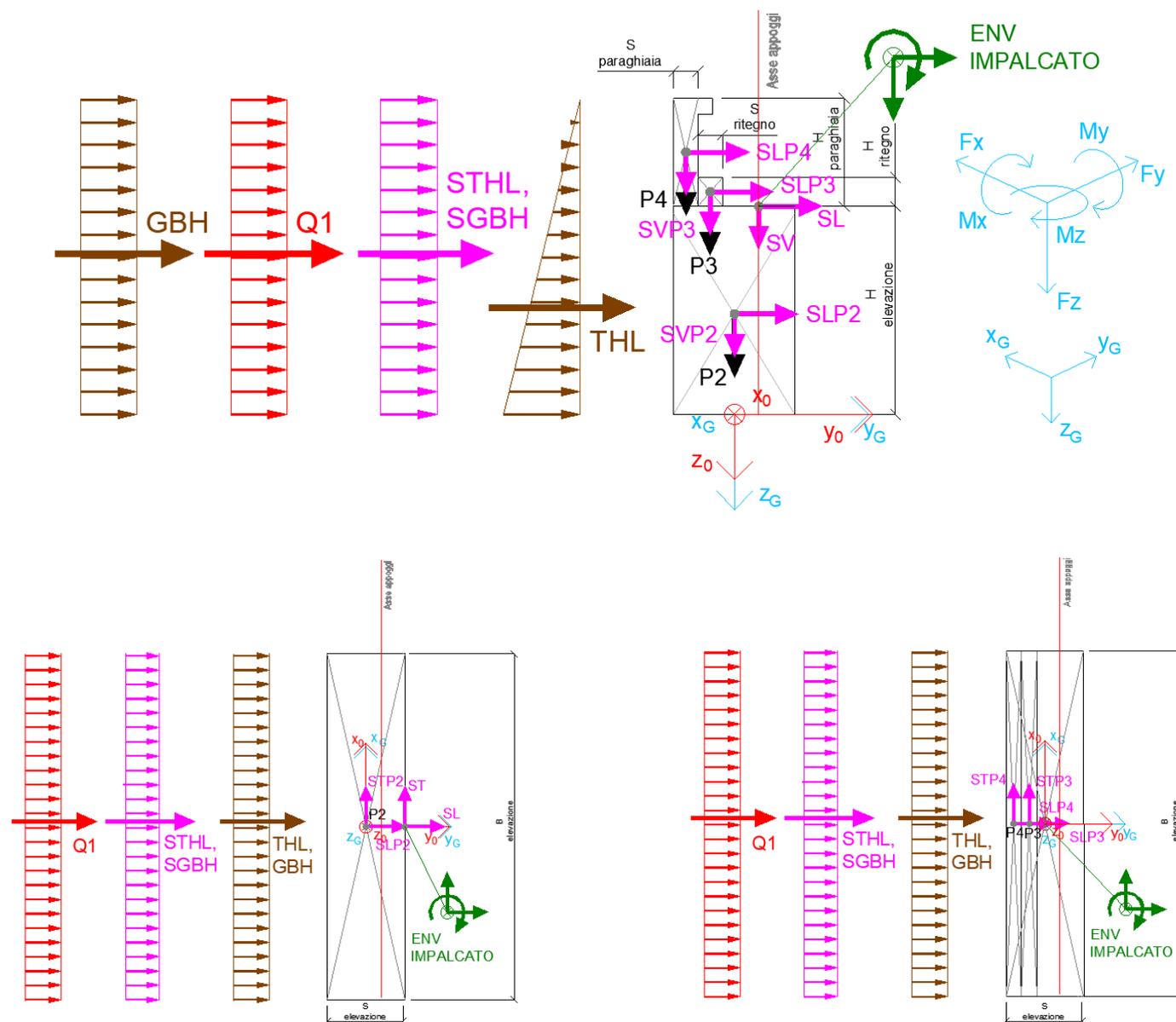


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 56 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 8.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO												
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)	0,224			Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>	0,2659			Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>					0,4223			
Coeff. stratigrafico S <sub>s</sub>	1,187			Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>	0,1329											
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA												
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
Sisma long	SLP2	0	-1155	0	0,00	0,00	-2,54	2933	0	0						
	SLP3	0	-68	0	0,00	0,80	-5,83	398	0	0						
		0	-1223	0				3331	0	0	0	-1223	0	3331	0	0
Sisma trasv	STP2	1155	0	0	0,00	0,00	-2,54	0	-2933	0						
	STP3	68	0	0	0,00	0,80	-5,83	0	-398	55						
		1223	0	0				0	-3331	55	1223	0	0	0	-3331	55
Sisma vert	SVP2	0	0	-577	0,00	0,00	-2,54	0	0	0						
	SVP3	0	0	-34	0,00	0,80	-5,83	-27	0	0						
		0	0	-612				-27	0	0	0	0	-612	-27	0	0
Sisma terreno long	STHL	0	-1536	0	0,00	1,00	-3,29	5053	0	0						
		0	-1536	0				5053	0	0	0	-1536	0	5053	0	0

**Tabella 27 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**



NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO ELEVAZIONE											
H paragliaia (m)	1,50	H elevazione (m)	5,08	Peso terreno (kN/m3)		20,00		Carico variab. Schema di carico 1 (kPa)				20,00			
S paragliaia (m)	0,40	S elevazione (m)	2,00	Angolo di attrito terreno (°)		35,00		YG elevazione				0,00			
		B elevazione (m)	17,10	Coeff. spinta attiva statica ka		0,2710		YG elevazione				0,00			
				Coeff. spinta riposo statica k0		0,4264		ZG elevazione				0,00			
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
Peso proprio	P2	0	0	-4343	0,00	0,00	-2,54	0	0	0	0	0	-4600	-205	0
	P3	0	0	-257	0,00	0,80	-5,83	-205	0	0	0	0	-4600	-205	0
		0	0	-4600				-205	0	0	0	0	-4600	-205	0
Spinta terreno	THL	0	-3157	0	0,00	1,00	-2,19	6925	0	0	0	0	6925	0	0
		0	-3157	0				6925	0	0	0	-3157	0	6925	0
Sovraccarico long	Q1	0	-960	0	0,00	1,00	-3,29	3157	0	0	0	0	3157	0	0
		0	-960	0				3157	0	0	0	-960	0	3157	0
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
ENV	Max V2	300	1760	-8380	0,00	-0,30	-5,08	-710	-3960	250	300	1760	-8380	-7137	-5484
SLU	Min V2	-10	-1750	-1280	0,00	-0,30	-5,08	700	930	-30	-10	-1750	-1280	9974	981
	Max V3	500	-690	-3450	0,00	-0,30	-5,08	280	-4510	350	500	-690	-3450	4820	-7050
	Min V3	-500	500	-6950	0,00	-0,30	-5,08	-200	530	-340	-500	500	-6950	-655	3070
	Max P	-10	-1190	-750	0,00	-0,30	-5,08	480	930	-30	-10	-1190	-750	6750	981
	Min P	300	520	-9620	0,00	-0,30	-5,08	-210	-5970	240	300	520	-9620	34	-7494
	Max M2	-500	-710	-1780	0,00	-0,30	-5,08	290	3510	-390	-500	-710	-1780	4431	6050
	Min M2	300	520	-8920	0,00	-0,30	-5,08	-210	-8300	270	300	520	-8920	-176	-9824
	Max M3	-10	-1750	-1280	0,00	-0,30	-5,08	700	930	-30	-10	-1750	-1280	9974	981
	Min M3	300	1760	-8380	0,00	-0,30	-5,08	-710	-3960	250	300	1760	-8380	-7137	-5484
	Max M1	500	510	-5730	0,00	-0,30	-5,08	-210	-6340	410	500	510	-5730	-1082	-8880
	Min M1	-500	-700	-4200	0,00	-0,30	-5,08	280	3510	-390	-500	-700	-4200	5096	6050
ENV	Max V2	300	1970	-3750	0,00	-0,30	-5,08	320	190	230	300	1970	-3750	-8563	-1334
SLV	Min V2	-300	-2220	-2680	0,00	-0,30	-5,08	-210	-200	-230	-300	-2220	-2680	11872	1324
	Max V3	990	40	-1980	0,00	-0,30	-5,08	320	590	760	990	40	-1980	711	-4439
	Min V3	-990	-300	-4450	0,00	-0,30	-5,08	-220	-590	-760	-990	-300	-4450	2639	4439
	Max P	300	40	-1400	0,00	-0,30	-5,08	330	220	230	300	40	-1400	547	-1304
	Min P	-300	-290	-5030	0,00	-0,30	-5,08	-220	-230	-300	-300	-290	-5030	2762	1294
	Max M2	990	30	-1800	0,00	-0,30	-5,08	320	590	760	990	30	-1800	708	-4439
	Min M2	-990	-290	-4630	0,00	-0,30	-5,08	-220	-590	-760	-990	-290	-4630	2642	4439
	Max M3	300	530	-2210	0,00	-0,30	-5,08	890	190	230	300	530	-2210	-1139	-1334
	Min M3	-300	-780	-4220	0,00	-0,30	-5,08	-790	-200	-230	-300	-780	-4220	4438	1324
	Max M1	990	540	-3160	0,00	-0,30	-5,08	120	580	760	990	540	-3160	-1675	-4449
	Min M1	-990	-800	-3270	0,00	-0,30	-5,08	-20	-580	-760	-990	-800	-3270	5025	4449
ENV	Max V2	200	1180	-5980	0,00	-0,30	-5,08	-480	-2850	170	200	1180	-5980	-4680	-3866
SLE RARA	Min V2	-10	-1260	-1670	0,00	-0,30	-5,08	510	690	-20	-10	-1260	-1670	7412	741
	Max V3	330	-460	-3190	0,00	-0,30	-5,08	190	-3190	240	330	-460	-3190	3484	-4866
	Min V3	-330	240	-4980	0,00	-0,30	-5,08	-100	240	-230	-330	240	-4980	175	1916
	Max P	-10	-790	-1230	0,00	-0,30	-5,08	320	690	-20	-10	-790	-1230	4702	741
	Min P	200	260	-6990	0,00	-0,30	-5,08	-110	-4330	170	200	260	-6990	666	-5346
	Max M2	-330	-470	-1930	0,00	-0,30	-5,08	190	2450	-260	-330	-470	-1930	3157	4126
	Min M2	200	260	-6470	0,00	-0,30	-5,08	-110	-6060	180	200	260	-6470	510	-7076
	Max M3	-10	-1260	-1670	0,00	-0,30	-5,08	510	690	-20	-10	-1260	-1670	7412	741
	Min M3	200	1180	-5980	0,00	-0,30	-5,08	-480	-2850	170	200	1180	-5980	-4680	-3866
	Max M1	330	260	-4830	0,00	-0,30	-5,08	-110	-4550	280	330	260	-4830	18	-6226
	Min M1	-330	-470	-2990	0,00	-0,30	-5,08	190	2450	-260	-330	-470	-2990	3475	4126
ENV	Max V2	-10	620	-5800	0,00	-0,30	-5,08	-250	-2710	40	-10	620	-5800	-1660	-2659
SLE FREO	Min V2	-10	-860	-1820	0,00	-0,30	-5,08	350	910	-30	-10	-860	-1820	5265	961
	Max V3	70	-380	-2260	0,00	-0,30	-5,08	160	-270	50	70	-380	-2260	2768	-626
	Min V3	-70	130	-4310	0,00	-0,30	-5,08	-50	270	-50	-70	130	-4310	583	626
	Max P	-10	-400	-1380	0,00	-0,30	-5,08	160	920	-30	-10	-400	-1380	2606	971
	Min P	10	150	-6690	0,00	-0,30	-5,08	-60	-3520	30	10	150	-6690	1185	-3571
	Max M2	-10	-400	-1530	0,00	-0,30	-5,08	160	1470	-40	-10	-400	-1530	2651	1521
	Min M2	10	140	-6180	0,00	-0,30	-5,08	-60	-5250	50	10	140	-6180	1083	-5301
	Max M3	-10	-860	-1820	0,00	-0,30	-5,08	350	910	-30	-10	-860	-1820	5265	961
	Min M3	-10	620	-5800	0,00	-0,30	-5,08	-250	-2710	40	-10	620	-5800	-1660	-2659
	Max M1	-10	140	-4740	0,00	-0,30	-5,08	-60	-4270	70	-10	140	-4740	651	-4219
	Min M1	-70	-380	-3130	0,00	-0,30	-5,08	160	280	-50	-70	-380	-3130	3029	636
ENV	Max V2	-10	600	-3980	0,00	-0,30	-5,08	-240	-10	-10	-10	600	-3980	-2094	41
SLE OP	Min V2	-10	-850	-2450	0,00	-0,30	-5,08	340	-10	-10	-10	-850	-2450	5393	41
	Max V3	-10	-380	-2190	0,00	-0,30	-5,08	160	10	-10	-10	-380	-2190	2747	61
	Min V3	-10	130	-4240	0,00	-0,30	-5,08	-50	-10	-10	-10	130	-4240	562	41
	Max P	-10	-390	-2010	0,00	-0,30	-5,08	160	10	-10	-10	-390	-2010	2744	61
	Min P	-10	130	-4430	0,00	-0,30	-5,08	-60	-10	-10	-10	130	-4430	609	41
	Max M2	-10	-390	-2010	0,00	-0,30	-5,08	160	10	-10	-10	-390	-2010	2744	61
	Min M2	-10	130	-4430	0,00	-0,30	-5,08	-60	-10	-10	-10	130	-4430	609	41
	Max M3	-10	-850	-2450	0,00	-0,30	-5,08	340	-10	-10	-10	-850	-2450	5393	41
	Min M3	-10	600	-3980	0,00	-0,30	-5,08	-240	-10	-10	-10	600	-3980	-2094	41
	Max M1	-10	130	-3370	0,00	-0,30	-5,08	-50	-10	-10	-10	130	-3370	301	41
	Min M1	-10	-380	-3060	0,00	-0,30	-5,08	160	10	-10	-10	-380	-3060	3008	61

Tabella 28 – Riepilogo azioni elementari statiche

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trasv}$	$V_{long}$	$N_{vert}$	$M_{long}$	$M_{trasv}$	$M_{torc}$
		Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	-4600	-205	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	-3157	0	6925	0	0
SLU Impalcato	Vlong Max	300	1760	-8380	-7137	-5484	160
	Vlong Min	-10	-1750	-1280	9974	981	-27
	Vtrasv Max	500	-690	-3450	4820	-7050	200
	Vtrasv Min	-500	500	-6950	-655	3070	-190
	Nvert Max	-10	-1190	-750	6750	981	-27
	Nvert Min	300	520	-9620	34	-7494	150
	Mlong Max	-500	-710	-1780	4431	6050	-240
	Mlong Min	300	520	-8920	-176	-9824	180
	Mtrasv Max	-10	-1750	-1280	9974	981	-27
	Mtrasv Min	300	1760	-8380	-7137	-5484	160
	Mtorc Max	500	510	-5730	-1082	-8880	260
	Mtorc Min	-500	-700	-4200	5096	6050	-240
SLV Impalcato	Vlong Max	300	1970	-3750	-8563	-1334	140
	Vlong Min	-300	-2220	-2680	11872	1324	-140
	Vtrasv Max	990	40	-1980	711	-4439	463
	Vtrasv Min	-990	-300	-4450	2639	4439	-463
	Nvert Max	300	40	-1400	547	-1304	140
	Nvert Min	-300	-290	-5030	2762	1294	-140
	Mlong Max	990	30	-1800	708	-4439	463
	Mlong Min	-990	-290	-4630	2642	4439	-463
	Mtrasv Max	300	530	-2210	-1139	-1334	140
	Mtrasv Min	-300	-780	-4220	4438	1324	-140
	Mtorc Max	990	540	-3160	-1675	-4449	463
	Mtorc Min	-990	-800	-3270	5025	4449	-463
SLE RARA Impalcato	Vlong Max	200	1180	-5980	-4680	-3866	110
	Vlong Min	-10	-1260	-1670	7412	741	-17
	Vtrasv Max	330	-460	-3190	3484	-4866	141
	Vtrasv Min	-330	240	-4980	175	1916	-131
	Nvert Max	-10	-790	-1230	4702	741	-17
	Nvert Min	200	260	-6990	666	-5346	110
	Mlong Max	-330	-470	-1930	3157	4126	-161
	Mlong Min	200	260	-6470	510	-7076	120
	Mtrasv Max	-10	-1260	-1670	7412	741	-17
	Mtrasv Min	200	1180	-5980	-4680	-3866	110
	Mtorc Max	330	260	-4830	18	-6226	181
	Mtorc Min	-330	-470	-2990	3475	4126	-161

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	59 di 165
			Data Ott '23	

SLE FREQ Impalcato	Vlong Max	-10	620	-5800	-1660	-2659	43
	Vlong Min	-10	-860	-1820	5265	961	-27
	Vtrasv Max	70	-380	-2260	2768	-626	29
	Vtrasv Min	-70	130	-4310	583	626	-29
	Nvert Max	-10	-400	-1380	2606	971	-27
	Nvert Min	10	150	-6690	1185	-3571	27
	Mlong Max	-10	-400	-1530	2651	1521	-37
	Mlong Min	10	140	-6180	1083	-5301	47
	Mtrasv Max	-10	-860	-1820	5265	961	-27
	Mtrasv Min	-10	620	-5800	-1660	-2659	43
	Mtorc Max	-10	140	-4740	651	-4219	73
	Mtorc Min	-70	-380	-3130	3029	636	-29
SLE QP Impalcato	Vlong Max	-10	600	-3980	-2094	41	-7
	Vlong Min	-10	-850	-2450	5393	41	-7
	Vtrasv Max	-10	-380	-2190	2747	61	-7
	Vtrasv Min	-10	130	-4240	562	41	-7
	Nvert Max	-10	-390	-2010	2744	61	-7
	Nvert Min	-10	130	-4430	609	41	-7
	Mlong Max	-10	-390	-2010	2744	61	-7
	Mlong Min	-10	130	-4430	609	41	-7
	Mtrasv Max	-10	-850	-2450	5393	41	-7
	Mtrasv Min	-10	600	-3980	-2094	41	-7
	Mtorc Max	-10	130	-3370	301	41	-7
	Mtorc Min	-10	-380	-3060	3008	61	-7
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	-960	0	3157	0	0
E Sisma	Sisma long	0	-2759	0	8384	0	0
	Sisma trasv	1223	0	0	0	-3331	55
	Sisma vert	0	0	-612	-27	0	0

**Tabella 29 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)**

<b>INVILUPPO: SLU</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-6960	-7221	-10	-27	981	21122
N <sub>vert</sub> Min	-15830	-5511	300	150	-7494	14406
V <sub>long</sub> Max	-14590	-4271	300	160	-5484	7235
V <sub>long</sub> Min	-7490	-7781	-10	-27	981	24346
V <sub>trasv</sub> Max	-9660	-6721	500	200	-7050	19192
V <sub>trasv</sub> Min	-13160	-5531	-500	-190	3070	13717
M <sub>torc</sub> Max	-11940	-5521	500	260	-8880	13290
M <sub>torc</sub> Min	-10410	-6731	-500	-240	6050	19468
M <sub>trasv</sub> Max	-7990	-6741	-500	-240	6050	18803
M <sub>trasv</sub> Min	-15130	-5511	300	180	-9824	14196
M <sub>long</sub> Max	-7490	-7781	-10	-27	981	24346
M <sub>long</sub> Min	-14590	-4271	300	160	-5484	7235
<b>INVILUPPO: SLV</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-6183	-5876	1523	195	-4635	15642
N <sub>vert</sub> Min	-9813	-6206	923	-85	-2037	17857
V <sub>long</sub> Max	-8533	-3946	1523	195	-4665	6532
V <sub>long</sub> Min	-7463	-8136	923	-85	-2007	26967
V <sub>trasv</sub> Max	-6763	-5876	2213	518	-7770	15806
V <sub>trasv</sub> Min	-9233	-6216	-2213	-518	7770	17734
M <sub>torc</sub> Max	-7943	-5376	2213	518	-7780	13420
M <sub>torc</sub> Min	-8053	-6716	-2213	-518	7780	20120
M <sub>trasv</sub> Max	-8053	-6716	-2213	-518	7780	20120
M <sub>trasv</sub> Min	-7943	-5376	2213	518	-7780	13420
M <sub>long</sub> Max	-7463	-8136	923	-85	-2007	26967
M <sub>long</sub> Min	-8533	-3946	1523	195	-4665	6532

**Tabella 30 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-5830	-4907	-10	-17	741	14579
N <sub>vert</sub> Min	-11590	-3857	200	110	-5346	10543
V <sub>long</sub> Max	-10580	-2937	200	110	-3866	5196
V <sub>long</sub> Min	-6270	-5377	-10	-17	741	17288
V <sub>trasv</sub> Max	-9430	-3857	330	181	-6226	9895
V <sub>trasv</sub> Min	-7590	-4587	-330	-161	4126	13351
M <sub>torc</sub> Max	-9430	-3857	330	181	-6226	9895
M <sub>torc</sub> Min	-7590	-4587	-330	-161	4126	13351
M <sub>trasv</sub> Max	-6530	-4587	-330	-161	4126	13033
M <sub>trasv</sub> Min	-11070	-3857	200	120	-7076	10387
M <sub>long</sub> Max	-6270	-5377	-10	-17	741	17288
M <sub>long</sub> Min	-10580	-2937	200	110	-3866	5196
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-5980	-4277	-10	-27	971	11693
N <sub>vert</sub> Min	-11290	-3727	10	27	-3571	10272
V <sub>long</sub> Max	-10400	-3257	-10	43	-2659	7428
V <sub>long</sub> Min	-6420	-4737	-10	-27	961	14352
V <sub>trasv</sub> Max	-6860	-4257	70	29	-626	11856
V <sub>trasv</sub> Min	-8910	-3747	-70	-29	626	9670
M <sub>torc</sub> Max	-9340	-3737	-10	73	-4219	9738
M <sub>torc</sub> Min	-6130	-4277	-10	-37	1521	11738
M <sub>trasv</sub> Max	-6130	-4277	-10	-37	1521	11738
M <sub>trasv</sub> Min	-10780	-3737	10	47	-5301	10170
M <sub>long</sub> Max	-6420	-4737	-10	-27	961	14352
M <sub>long</sub> Min	-10400	-3257	-10	43	-2659	7428

**Tabella 31 – ENV SLE RA, SLE FR - Azioni totali inviluppo**

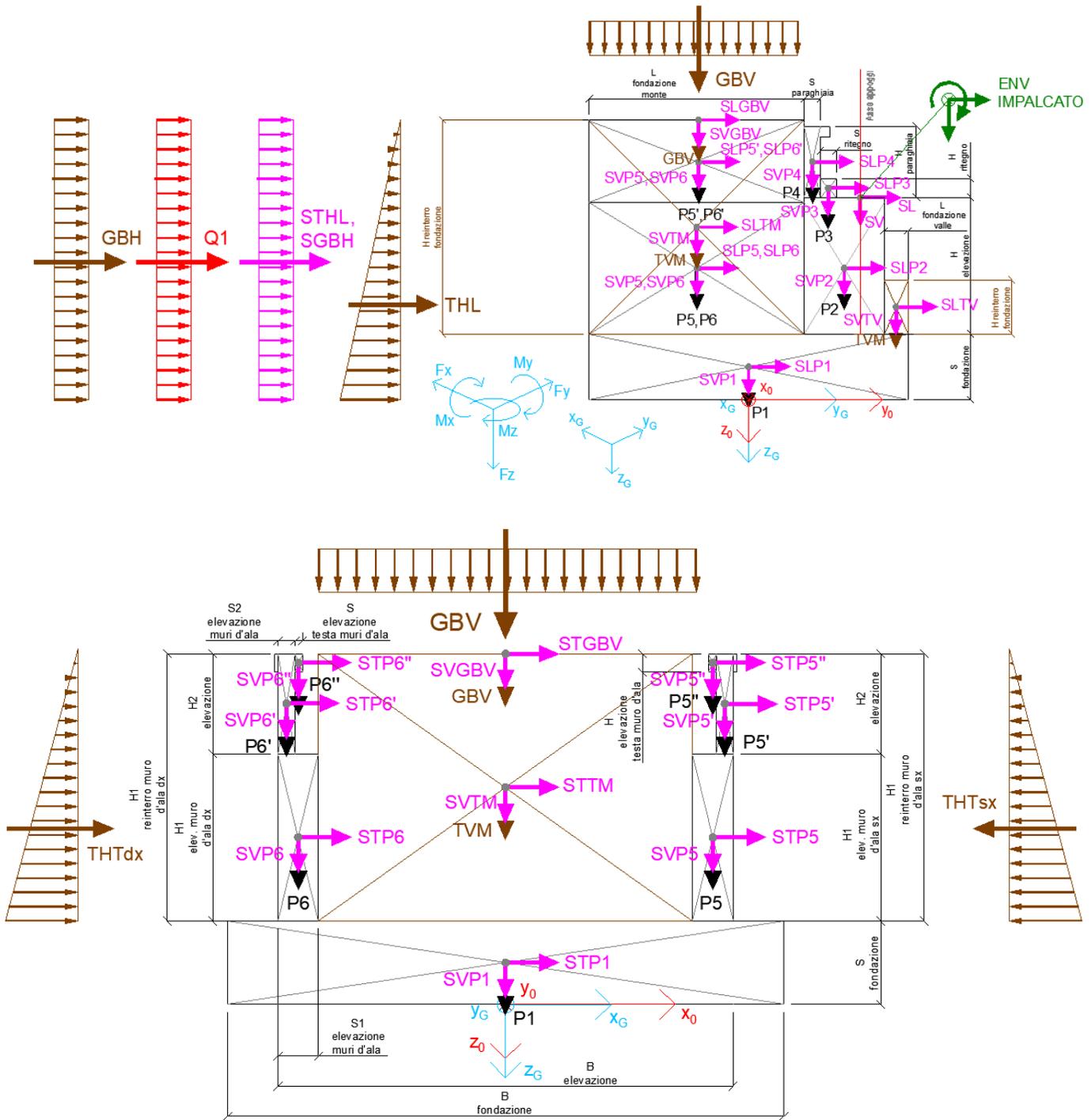
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	P (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	F <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>z</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNm)	M <sub>x</sub> (kNm)	
N <sub>vert</sub> Max	-6610	-3547	-10	-7	61	9464	
N <sub>vert</sub> Min	-9030	-3027	-10	-7	41	7328	
V <sub>long</sub> Max	-8580	-2557	-10	-7	41	4625	
V <sub>long</sub> Min	-7050	-4007	-10	-7	41	12112	
V <sub>trasv</sub> Max	-6790	-3537	-10	-7	61	9467	
V <sub>trasv</sub> Min	-8840	-3027	-10	-7	41	7281	
M <sub>torc</sub> Max	-7970	-3027	-10	-7	41	7020	
M <sub>torc</sub> Min	-7660	-3537	-10	-7	61	9728	
M <sub>trasv</sub> Max	-6610	-3547	-10	-7	61	9464	
M <sub>trasv</sub> Min	-9030	-3027	-10	-7	41	7328	
M <sub>long</sub> Max	-7970	-3027	-10	-7	41	12112	
M <sub>long</sub> Min	-7660	-3537	-10	-7	61	4625	

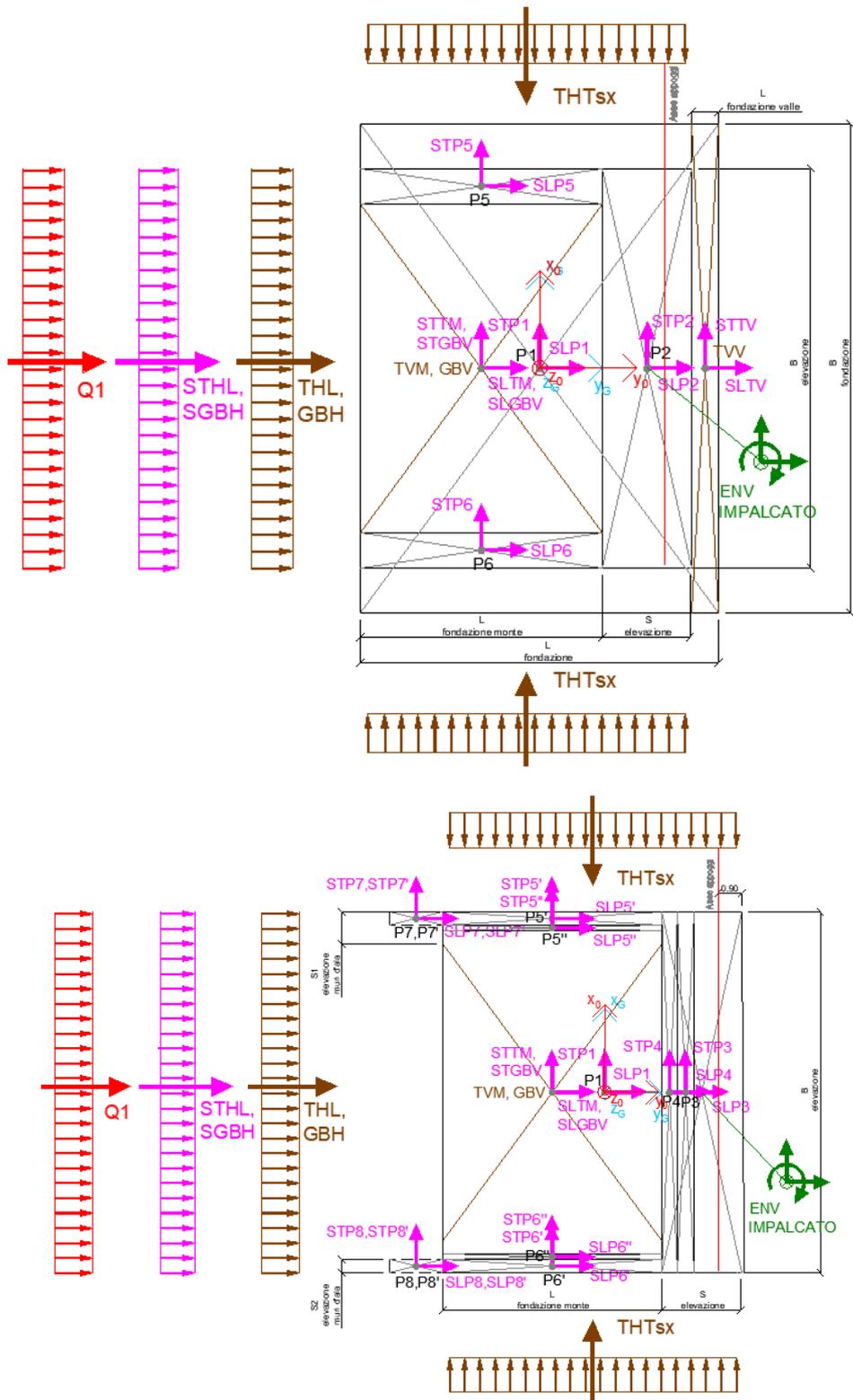
**Tabella 32 – ENV SLE QP - Azioni totali inviluppo**

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA  MANDANTI  		REV. <b>A</b>	FOGLIO 63 di 165
	Data Ott '23			

### 8.3 Sollecitazioni in fondazione

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al centro palificata a quota testa pali., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.





**Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate**

### 8.3.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1			CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0,224	Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>						0,2659	Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>					0,4223	
Coeff. stratigrafico SS		1,187	Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>						0,1329							
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1			CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
		F <sub>XO</sub> (kN)	F <sub>YO</sub> (kN)	F <sub>ZO</sub> (kN)	x <sub>O</sub> (m)	y <sub>O</sub> (m)	z <sub>O</sub> (m)	M <sub>XO</sub> (kNm)	M <sub>YO</sub> (kNm)	M <sub>ZO</sub> (kNm)	F <sub>XG</sub> (m)	F <sub>YG</sub> (m)	F <sub>ZG</sub> (m)	M <sub>XG</sub> (kNm)	M <sub>YG</sub> (kNm)	M <sub>ZG</sub> (kNm)
Sisma long	SLP1	0	-1946	0	0,00	0,00	-0,90	1751	0	0						
	SLP2	0	-1155	0	0,00	-1,20	-4,34	5012	0	0						
	SLP3	0	-68	0	0,00	0,30	-7,63	520	0	0						
	SLP4	0	-265	0	7,75	2,25	-4,34	1149	0	2052						
	SLP4'	0	-34	0	8,20	2,25	-7,63	261	0	280						
	SLP5	0	-265	0	-7,75	2,25	-4,34	1149	0	-2052						
	SLP5'	0	-34	0	-8,20	2,25	-7,63	261	0	-280						
Sisma trasv	STP1	1946	0	0	0,00	0,00	-0,90	10103	0	0	0	-3767	0	10103	0	0
	STP2	1155	0	0	0,00	-1,20	-4,34	0	-5012	-1386						
	STP3	68	0	0	0,00	0,30	-7,63	0	-520	20						
	STP4	265	0	0	7,75	2,25	-4,34	0	-1149	596						
	STP4'	34	0	0	8,20	2,25	-7,63	0	-261	77						
	STP5	265	0	0	-7,75	2,25	-4,34	0	-1149	596						
	STP5'	34	0	0	-8,20	2,25	-7,63	0	-261	77						
Sisma vert		3767	0	0				0	-10103	-20	3767	0	0	0	-10103	-20
	SVP1	0	0	-973	0,00	0,00	-0,90	0	0	0						
	SVP2	0	0	-577	0,00	-1,20	-4,34	693	0	0						
	SVP3	0	0	-34	0,00	0,30	-7,63	-10	0	0						
	SVP4	0	0	-132	7,75	2,25	-4,34	-298	-1026	0						
	SVP4'	0	0	-17	8,20	2,25	-7,63	-38	-140	0						
	SVP5	0	0	-132	-7,75	2,25	-4,34	-298	1026	0						
	SVP5'	0	0	-17	-8,20	2,25	-7,63	-38	140	0						
Sisma terreno long	SLVM	0	0	-1883	0,00	2,25	-5,09	10	0	0	0	0	-1883	10	0	0
	SLVV	0	-2383	0	0,00	-3,50	-2,30	12131	0	0						
	STHL	0	-2491	0	0,00	4,70	-2,79	6958	0	0						
Sisma terreno trasv		0	-5104	0				19618	0	0	0	-5104	0	19618	0	0
	STTM	2383	0	0	0,00	2,25	-5,09	0	-12131	5362						
	STTV	230	0	0	0,00	-3,50	-2,30	0	-529	-805						
Sisma terreno vert		2613	0	0				0	-12660	4557	2613	0	0	0	-12660	4557
	SVTM	0	0	-1192	0,00	2,25	-5,09	-2681	0	0						
	SVTV	0	0	-115	0,00	-3,50	-2,30	402	0	0						
		0	0	-1307				-2279	0	0	0	0	-1307	-2279	0	0

**Tabella 33 – Riepilogo azioni elementari sismiche**



NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE											
H paraghiaia (m)	1,50	S fondazione (m)	1,80	S1 elevazione muri d'ala (m)	1,50	H2 elev. muro d'ala (m)	1,50	Carico variabile (kPa)	20						
S paraghiaia (m)	0,40	L fondazione monte (m)	4,90	S2 elevazione muri d'ala (m)	0,70	S elev. testa muri d'ala (m)	0,00								
H elevazione (m)	5,08	L fondazione valle (m)	2,50	H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,08	H elev. testa muro d'ala (m)	0,00								
S elevazione (m)	2,00	L fondazione (m)	9,40	H1 elev. muro d'ala dx (m)	5,08	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00	X <sub>G</sub> fondazione	0,00						
B elevazione (m)	17,10	B fondazione (m)	17,30	H reinterro muro d'ala sx (m)	6,58	Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>	0,2710	Y <sub>G</sub> fondazione	0,00						
B reinterro (m)	13,9	H reinterro fondaz. valle (m)	1,00	H reinterro muro d'ala dx (m)	6,58	Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>	0,4264	Z <sub>G</sub> fondazione	0,00						
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
Peso proprio	P1	0	0	-7318	0	0	-0,90	0	0	0	0	0	0	0	0
	P2	0	0	-4343	0	-1,20	-4,34	5212	0	0	0	0	0	0	0
	P3	0	0	-257	0	0,30	-7,63	-77	0	0	0	0	0	0	0
	P4	0	0	-996	7,75	2,25	-4,34	-2240	-7717	0	0	0	0	0	0
	P4'	0	0	-129	8,20	2,25	-7,63	-289	-1055	0	0	0	0	0	0
	P5	0	0	-996	-7,75	2,25	-4,34	-2240	7717	0	0	0	0	0	0
	P5'	0	0	-129	-8,20	2,25	-7,63	-289	1055	0	0	0	0	0	0
		0	0	-14166				76	0	0	0	0	-14166	76	0
Spinta terreno	THL	0	-5121	0	0,00	4,70	-2,79	14304	0	0	0	0	0	0	0
	TVM	0	0	-8963	0,00	2,25	-5,09	-20167	0	0	0	0	0	0	0
	TVV	0	0	-865	0,00	-3,50	-2,30	3028	0	0	0	0	0	0	0
		0	-5121	-9828				-2836	0	0	0	-5121	-9828	-2836	0
Sovaccarico long	Q1	0	-1222	0	0,00	2,25	-4,19	5121	0	0	0	0	5121	0	0
		0	-1222	0				5121	0	0	0	-1222	0	5121	0
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
ENV SLU	Max V2	300	1760	-8380	0,00	-1,50	-6,88	-710	-3960	250	300	1760	-8380	-249	-6024
	Min V2	-10	-1750	-1280	0,00	-1,50	-6,88	700	930	-30	-10	-1750	-1280	14660	999
	Max V3	500	-690	-3450	0,00	-1,50	-6,88	280	-4510	350	500	-690	-3450	10202	-7950
	Min V3	-500	500	-6950	0,00	-1,50	-6,88	-200	530	-340	-500	500	-6950	6785	3970
	Max P	-10	-1190	-750	0,00	-1,50	-6,88	480	930	-30	-10	-1190	-750	9792	999
	Min P	300	520	-9620	0,00	-1,50	-6,88	-210	-5970	240	300	520	-9620	10642	-8034
	Max M2	-500	-710	-1780	0,00	-1,50	-6,88	290	3510	-390	-500	-710	-1780	7845	6950
	Min M2	300	520	-8920	0,00	-1,50	-6,88	-210	-8300	270	300	520	-8920	9592	-10364
	Max M3	-10	-1750	-1280	0,00	-1,50	-6,88	700	930	-30	-10	-1750	-1280	14660	999
	Min M3	300	1760	-8380	0,00	-1,50	-6,88	-710	-3960	250	300	1760	-8380	-249	-6024
	Max M1	500	510	-5730	0,00	-1,50	-6,88	-210	-6340	410	500	510	-5730	4876	-9780
	Min M1	-500	-700	-4200	0,00	-1,50	-6,88	280	3510	-390	-500	-700	-4200	11396	6950
ENV SLV	Max V2	300	1970	-3750	0,00	-1,50	-6,88	320	190	230	300	1970	-3750	-7609	-1874
	Min V2	-300	-2220	-2680	0,00	-1,50	-6,88	-210	-200	-230	-300	-2220	-2680	19084	1864
	Max V3	990	40	-1980	0,00	-1,50	-6,88	320	590	760	990	40	-1980	3015	-6221
	Min V3	-990	-300	-4450	0,00	-1,50	-6,88	-220	-590	-760	-990	-300	-4450	8519	6221
	Max P	300	40	-1400	0,00	-1,50	-6,88	330	220	230	300	40	-1400	2155	-1844
	Min P	-300	-290	-5030	0,00	-1,50	-6,88	-220	-230	-230	-300	-290	-5030	9320	1834
	Max M2	990	30	-1800	0,00	-1,50	-6,88	320	590	760	990	30	-1800	2814	-6221
	Min M2	-990	-290	-4630	0,00	-1,50	-6,88	-220	-590	-760	-990	-290	-4630	8720	6221
	Max M3	300	530	-2210	0,00	-1,50	-6,88	890	190	230	300	530	-2210	559	-1874
	Min M3	-300	-780	-4220	0,00	-1,50	-6,88	-790	-200	-230	-300	-780	-4220	10906	1864
	Max M1	990	540	-3160	0,00	-1,50	-6,88	120	580	760	990	540	-3160	1145	-6231
	Min M1	-990	-800	-3270	0,00	-1,50	-6,88	-120	-580	-760	-990	-800	-3270	10389	6231
ENV SLE RARA	Max V2	200	1180	-5980	0,00	-1,50	-6,88	-480	-2850	170	200	1180	-5980	372	-4226
	Min V2	-10	-1260	-1670	0,00	-1,50	-6,88	510	690	-20	-10	-1260	-1670	11684	759
	Max V3	330	-460	-3190	0,00	-1,50	-6,88	190	-3190	240	330	-460	-3190	8140	-5460
	Min V3	-330	240	-4980	0,00	-1,50	-6,88	-100	240	-230	-330	240	-4980	5719	2510
	Max P	-10	-790	-1230	0,00	-1,50	-6,88	320	690	-20	-10	-790	-1230	7600	759
	Min P	200	260	-6990	0,00	-1,50	-6,88	-110	-4330	170	200	260	-6990	8586	-5706
	Max M2	-330	-470	-1930	0,00	-1,50	-6,88	190	2450	-260	-330	-470	-1930	6319	4720
	Min M2	200	260	-6470	0,00	-1,50	-6,88	-110	-6060	180	200	260	-6470	7806	-7436
	Max M3	-10	-1260	-1670	0,00	-1,50	-6,88	510	690	-20	-10	-1260	-1670	11684	759
	Min M3	200	1180	-5980	0,00	-1,50	-6,88	-480	-2850	170	200	1180	-5980	372	-4226
	Max M1	330	260	-4830	0,00	-1,50	-6,88	-110	-4550	280	330	260	-4830	5346	-6820
	Min M1	-330	-470	-2990	0,00	-1,50	-6,88	190	2450	-260	-330	-470	-2990	7909	4720
ENV SLE FREQ	Max V2	-10	620	-5800	0,00	-1,50	-6,88	-250	-2710	40	-10	620	-5800	4184	-2641
	Min V2	-10	-860	-1820	0,00	-1,50	-6,88	350	910	-30	-10	-860	-1820	8997	979
	Max V3	70	-380	-2260	0,00	-1,50	-6,88	160	-270	50	70	-380	-2260	6164	-752
	Min V3	-70	130	-4310	0,00	-1,50	-6,88	-50	270	-50	-70	130	-4310	5521	752
	Max P	-10	-400	-1380	0,00	-1,50	-6,88	160	920	-30	-10	-400	-1380	4982	989
	Min P	10	150	-6690	0,00	-1,50	-6,88	-60	-3520	30	10	150	-6690	8943	-3589
	Max M2	-10	-400	-1530	0,00	-1,50	-6,88	160	1470	-40	-10	-400	-1530	5207	1539
	Min M2	10	140	-6180	0,00	-1,50	-6,88	-60	-5250	50	10	140	-6180	8247	-5319
	Max M3	-10	-860	-1820	0,00	-1,50	-6,88	350	910	-30	-10	-860	-1820	8997	979
	Min M3	-10	620	-5800	0,00	-1,50	-6,88	-250	-2710	40	-10	620	-5800	4184	-2641
	Max M1	-10	140	-4740	0,00	-1,50	-6,88	-60	-4270	70	-10	140	-4740	6087	-4201
	Min M1	-70	-380	-2130	0,00	-1,50	-6,88	160	280	-50	-70	-380	-2130	7469	762
ENV SLE OP	Max V2	-10	600	-3980	0,00	-1,50	-6,88	-240	-10	-10	-10	600	-3980	1602	59
	Min V2	-10	-850	-2450	0,00	-1,50	-6,88	340	-10	-10	-10	-850	-2450	9863	59
	Max V3	-10	-380	-2190	0,00	-1,50	-6,88	160	10	-10	-10	-380	-2190	6059	79
	Min V3	-10	130	-4240	0,00	-1,50	-6,88	-50	-10	-10	-10	130	-4240	5416	59
	Max P	-10	-390	-2010	0,00	-1,50	-6,88	160	10	-10	-10	-390	-2010	5858	79
	Min P	-10	130	-4430	0,00	-1,50	-6,88	-60	-10	-10	-10	130	-4430	5691	59
	Max M2	-10	-390	-2010	0,00	-1,50	-6,88	160	10	-10	-10	-390	-2010	5858	79
	Min M2	-10	130	-4430	0,00	-1,50	-6,88	-60	-10	-10	-10	130			

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasm</sub> Fx [kN]	V <sub>long</sub> Fy [kN]	N <sub>vert</sub> Fz [kN]	M <sub>long</sub> Mx [kNm]	M <sub>trasm</sub> My [kNm]	M <sub>torc</sub> Mz [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	14166	76	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	-5121	-9828	-2836	0	0
SLU Impalcato	Vlong Max	300	1760	-8380	-249	-6024	-200
	Vlong Min	-10	-1750	-1280	14660	999	-15
	Vtrasm Max	500	-690	-3450	10202	-7950	-400
	Vtrasm Min	-500	500	-6950	6785	3970	410
	Nvert Max	-10	-1190	-750	9792	999	-15
	Nvert Min	300	520	-9620	10642	-8034	-210
	Mlong Max	-500	-710	-1780	7845	6950	360
	Mlong Min	300	520	-8920	9592	-10364	-180
	Mtrasm Max	-10	-1750	-1280	14660	999	-15
	Mtrasm Min	300	1760	-8380	-249	-6024	-200
	Mtorc Max	500	510	-5730	4876	-9780	-340
	Mtorc Min	-500	-700	-4200	11396	6950	360
SLV Impalcato	Vlong Max	300	1970	-3750	-7609	-1874	-220
	Vlong Min	-300	-2220	-2680	19084	1864	220
	Vtrasm Max	990	40	-1980	3015	-6221	-725
	Vtrasm Min	-990	-300	-4450	8519	6221	725
	Nvert Max	300	40	-1400	2155	-1844	-220
	Nvert Min	-300	-290	-5030	9320	1834	220
	Mlong Max	990	30	-1800	2814	-6221	-725
	Mlong Min	-990	-290	-4630	8720	6221	725
	Mtrasm Max	300	530	-2210	559	-1874	-220
	Mtrasm Min	-300	-780	-4220	10906	1864	220
	Mtorc Max	990	540	-3160	1145	-6231	-725
	Mtorc Min	-990	-800	-3270	10389	6231	725
SLE RARA Impalcato	Vlong Max	200	1180	-5980	372	-4226	-130
	Vlong Min	-10	-1260	-1670	11684	759	-5
	Vtrasm Max	330	-460	-3190	8140	-5460	-255
	Vtrasm Min	-330	240	-4980	5719	2510	265
	Nvert Max	-10	-790	-1230	7600	759	-5
	Nvert Min	200	260	-6990	8586	-5706	-130
	Mlong Max	-330	-470	-1930	6319	4720	235
	Mlong Min	200	260	-6470	7806	-7436	-120
	Mtrasm Max	-10	-1260	-1670	11684	759	-5
	Mtrasm Min	200	1180	-5980	372	-4226	-130
	Mtorc Max	330	260	-4830	5346	-6820	-215
	Mtorc Min	-330	-470	-2990	7909	4720	235
SLE FREQ	Vlong Max	-10	620	-5800	4184	-2641	55

Impalcato	Vlong Min	-10	-860	-1820	8997	979	-15
	Vtrasv Max	70	-380	-2260	6164	-752	-55
	Vtrasv Min	-70	130	-4310	5521	752	55
	Nvert Max	-10	-400	-1380	4982	989	-15
	Nvert Min	10	150	-6690	8943	-3589	15
	Mlong Max	-10	-400	-1530	5207	1539	-25
	Mlong Min	10	140	-6180	8247	-5319	35
	Mtrasv Max	-10	-860	-1820	8997	979	-15
	Mtrasv Min	-10	620	-5800	4184	-2641	55
	Mtorc Max	-10	140	-4740	6087	-4201	85
	Mtorc Min	-70	-380	-3130	7469	762	55
	SLE QP Impalcato	Vlong Max	-10	600	-3980	1602	59
Vlong Min		-10	-850	-2450	9863	59	5
Vtrasv Max		-10	-380	-2190	6059	79	5
Vtrasv Min		-10	130	-4240	5416	59	5
Nvert Max		-10	-390	-2010	5858	79	5
Nvert Min		-10	130	-4430	5691	59	5
Mlong Max		-10	-390	-2010	5858	79	5
Mlong Min		-10	130	-4430	5691	59	5
Mtrasv Max		-10	-850	-2450	9863	59	5
Mtrasv Min		-10	600	-3980	1602	59	5
Mtorc Max		-10	130	-3370	4111	59	5
Mtorc Min		-10	-380	-3060	7364	79	5
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	-1222	0	5121	0	0
E Sisma	Sisma long	0	-8871	0	29721	0	0
	Sisma trasv	6380	0	0	0	-22763	4537
	Sisma vert	0	0	-3190	-2269	0	0

**Tabella 35 – Risultanti azioni elementari al centro della palificata G (quota testa palo)**

<b>INVILUPPO: SLU</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	<b>-34617</b>	-10521	-10	-15	999	12553
N <sub>vert</sub> Min	<b>-43487</b>	-8811	300	-210	-8034	13403
V <sub>long</sub> Max	-42247	<b>-7571</b>	300	-200	-6024	2512
V <sub>long</sub> Min	-35147	<b>-11081</b>	-10	-15	999	17421
V <sub>trasv</sub> Max	-39597	-8821	<b>500</b>	-340	-9780	7637
V <sub>trasv</sub> Min	-38067	-10031	<b>-500</b>	360	6950	14157
M <sub>torc</sub> Max	-40817	-8831	-500	<b>410</b>	3970	9546
M <sub>torc</sub> Min	-37317	-10021	500	<b>-400</b>	-7950	12963
M <sub>trasv</sub> Max	-35647	-10041	-500	360	<b>6950</b>	10606
M <sub>trasv</sub> Min	-42787	-8811	300	-180	<b>-10364</b>	12353
M <sub>long</sub> Max	-35147	-11081	-10	-15	999	<b>17421</b>
M <sub>long</sub> Min	-42247	-7571	300	-200	-6024	<b>2512</b>
<b>INVILUPPO: SLV</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	<b>-26352</b>	-13952	6680	4317	-24607	28435
N <sub>vert</sub> Min	<b>-29982</b>	-14282	6080	4757	-20929	35601
V <sub>long</sub> Max	-28702	<b>-12022</b>	6680	4317	-24637	18672
V <sub>long</sub> Min	-27632	<b>-16212</b>	6080	4757	-20899	45364
V <sub>trasv</sub> Max	-26932	-13952	<b>7370</b>	3812	-28984	29295
V <sub>trasv</sub> Min	-29402	-14292	<b>-7370</b>	-3812	28984	34799
M <sub>torc</sub> Max	-28222	-14792	5390	<b>5262</b>	-16532	36669
M <sub>torc</sub> Min	-28112	-13452	-5390	<b>-5262</b>	16532	27425
M <sub>trasv</sub> Max	-28222	-14792	-7370	-3812	<b>28994</b>	36669
M <sub>trasv</sub> Min	-28112	-13452	7370	3812	<b>-28994</b>	27425
M <sub>long</sub> Max	-27632	-16212	6080	4757	-20899	<b>45364</b>
M <sub>long</sub> Min	-28702	-12022	6680	4317	-24637	<b>18672</b>

**Tabella 36 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-25225	-7133	-10	-5	759	9960
N <sub>vert</sub> Min	-30985	-6083	200	-130	-5706	10946
V <sub>long</sub> Max	-29975	-5163	200	-130	-4226	2732
V <sub>long</sub> Min	-25665	-7603	-10	-5	759	14044
V <sub>trasv</sub> Max	-28825	-6083	330	-215	-6820	7706
V <sub>trasv</sub> Min	-26985	-6813	-330	235	4720	10269
M <sub>torc</sub> Max	-28975	-6103	-330	265	2510	8079
M <sub>torc</sub> Min	-27185	-6803	330	-255	-5460	10500
M <sub>trasv</sub> Max	-25925	-6813	-330	235	4720	8679
M <sub>trasv</sub> Min	-30465	-6083	200	-120	-7436	10166
M <sub>long</sub> Max	-25665	-7603	-10	-5	759	14044
M <sub>long</sub> Min	-29975	-5163	200	-130	-4226	2732
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-25375	-6437	-10	-15	989	6062
N <sub>vert</sub> Min	-30685	-5887	10	15	-3589	10023
V <sub>long</sub> Max	-29795	-5417	-10	55	-2641	5264
V <sub>long</sub> Min	-25815	-6897	-10	-15	979	10077
V <sub>trasv</sub> Max	-26255	-6417	70	-55	-752	7244
V <sub>trasv</sub> Min	-28305	-5907	-70	55	752	6601
M <sub>torc</sub> Max	-28735	-5897	-10	85	-4201	7167
M <sub>torc</sub> Min	-26255	-6417	70	-55	-752	7244
M <sub>trasv</sub> Max	-25525	-6437	-10	-25	1539	6287
M <sub>trasv</sub> Min	-30175	-5897	10	35	-5319	9327
M <sub>long</sub> Max	-25815	-6897	-10	-15	979	10077
M <sub>long</sub> Min	-29795	-5417	-10	55	-2641	5264

**Tabella 37 – ENV SLE RA, SLE FR - Azioni totali inviluppo**

INVILUPPO: SLE QP	N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	P (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	F <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>z</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNm)	M <sub>x</sub> (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	<b>-26005</b>	-5511	-10	5	79	3098
N <sub>vert</sub> Min	<b>-28425</b>	-4991	-10	5	59	2930
V <sub>long</sub> Max	-27975	<b>-4521</b>	-10	5	59	-1158
V <sub>long</sub> Min	-26445	<b>-5971</b>	-10	5	59	7103
V <sub>trasv</sub> Max	-26185	-5501	<b>-10</b>	5	79	3299
V <sub>trasv</sub> Min	-28235	-4991	<b>-10</b>	5	59	2655
M <sub>torc</sub> Max	-27365	-4991	-10	<b>5</b>	59	1350
M <sub>torc</sub> Min	-27055	-5501	-10	<b>5</b>	79	4604
M <sub>trasv</sub> Max	-26005	-5511	-10	5	<b>79</b>	3098
M <sub>trasv</sub> Min	-28425	-4991	-10	5	<b>59</b>	2930
M <sub>long</sub> Max	-27365	-4991	-10	5	59	<b>7103</b>
M <sub>long</sub> Min	-27055	-5501	-10	5	79	<b>-1158</b>

**Tabella 38 – ENV SLE QP - Azioni totali inviluppo**

## 8.4 Sollecitazioni muro d'ala

### 8.4.1 Sezione superiore muro d'ala

Mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala alla quota del ringrosso della sezione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

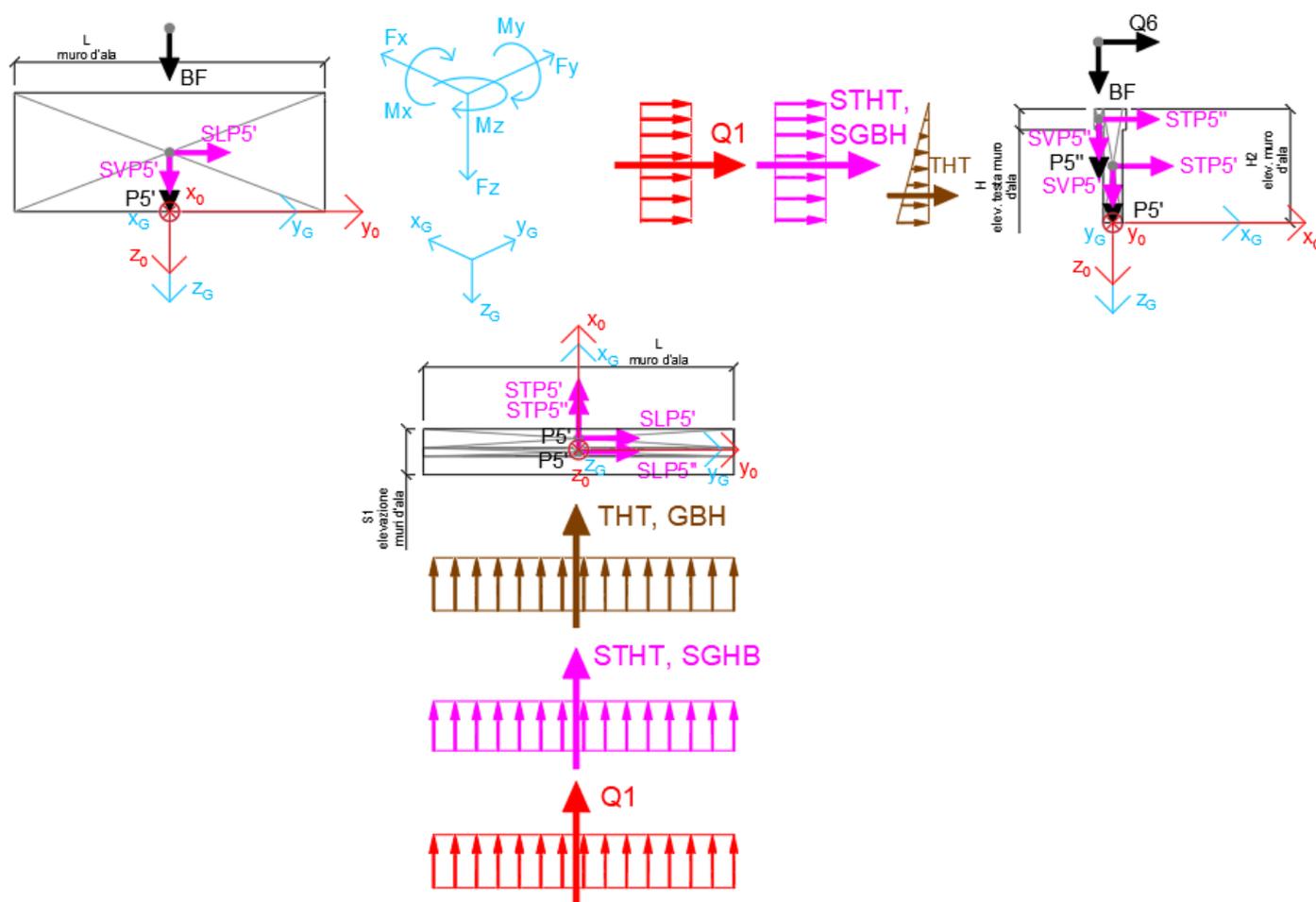


Figura 4 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 73 di 165
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	 sinergo  D_VA D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

#### 8.4.2 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO							
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,224			Coeff. sismico orizz. $k_h$		0,2659			
Coeff. stratigrafico SS	1,187			Coeff. sismico vert. $k_v$		0,1329			
				Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$		0,4223			
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA							
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Sisma trasv	STP4'	7	0	0,00	-0,75	-5			
		7	0			-5	7	-5	0
Sisma vert	SVP4'	0	3	0,00	-0,75	0			
		0	3			0	0	0	3
Sisma terreno trasv	STHT	5	0	-0,35	-0,50	-2			
		5	0			-2	5	-2	0

**Tabella 39 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA							
S1 elevazione muri d'ala (m)	1,60	S elev. testa muri d'ala (m)	0,00	Carico variab. (kPa)	20,00				
S2 elevazione muri d'ala (m)	0,70	H elev. testa muro d'ala (m)	0,00						
H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,08	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00						
H2 elev. muro d'ala (m)	1,50	Coeff. spinta attiva statica $k_a$	0,2710	$X_G$ muro sx	0,00				
		Coeff. spinta riposo statica $k_0$	0,4264	$Z_G$ muro sx	0,00				
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA							
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Peso proprio	P4'	0	26	0,00	-0,75	0			
		0	26			0	0	0	26
Spinta terreno	THT	10	0	-0,35	-0,50	-5			
		10	0			-5	10	-5	0
Sovraccarico traffico	Q1	13	0	-0,80	-0,75	-10			
		13	0			-10	13	-10	0

**Tabella 40 – Riepilogo azioni elementari statiche**

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$	$N_{vert}$
		Fx [kN]	My [kNm]	Fz [kN]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	26
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	10	-5	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	13	-10	0
E Sisma	Sisma trasv	12	-8	0
	-Sisma trasv	-12	8	0
	Sisma vert	0	0	3
	-Sisma vert	0	0	-3

**Tabella 41 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d’ala G (quota ringrosso sezione)**

INVILUPPO: SLU		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLU1	35	14	-7
$N_{vert}$ Min	SLU2	35	32	-20
$V_{trasv}$ Max	SLU2	35	32	-20
$V_{trasv}$ Min	SLU1	35	14	-7
$M_{trasv}$ Max	SLU1	35	14	-7
$M_{trasv}$ Min	SLU2	35	32	-20
INVILUPPO: SLV		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLV7	30	6	-3
$N_{vert}$ Min	SLV8	23	6	-3
$V_{trasv}$ Max	SLV1	27	21	-12
$V_{trasv}$ Min	SLV5	27	-2	3
$M_{trasv}$ Max	SLV5	27	-2	3
$M_{trasv}$ Min	SLV1	27	21	-12

**Tabella 42 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA3	26	20	-12
N <sub>vert</sub> Min	RA1	26	22	-14
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	26	22	-14
V <sub>trasv</sub> Min	RA3	26	20	-12
M <sub>trasv</sub> Max	RA3	26	20	-12
M <sub>trasv</sub> Min	RA1	26	22	-14
INVILUPPO: SLE FREQ		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	FR1	26	19	-12
N <sub>vert</sub> Min	FR1	26	19	-12
V <sub>trasv</sub> Max	FR1	26	19	-12
V <sub>trasv</sub> Min	FR1	26	19	-12
M <sub>trasv</sub> Max	FR1	26	19	-12
M <sub>trasv</sub> Min	FR1	26	19	-12
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP1	26	10	-5
N <sub>vert</sub> Min	QP1	26	10	-5
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	26	10	-5
V <sub>trasv</sub> Min	QP1	26	10	-5
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	26	10	-5
M <sub>trasv</sub> Min	QP1	26	10	-5

**Tabella 43 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo**

### 8.5 Sezione base muro d'ala

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala a quota estradosso plinto., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

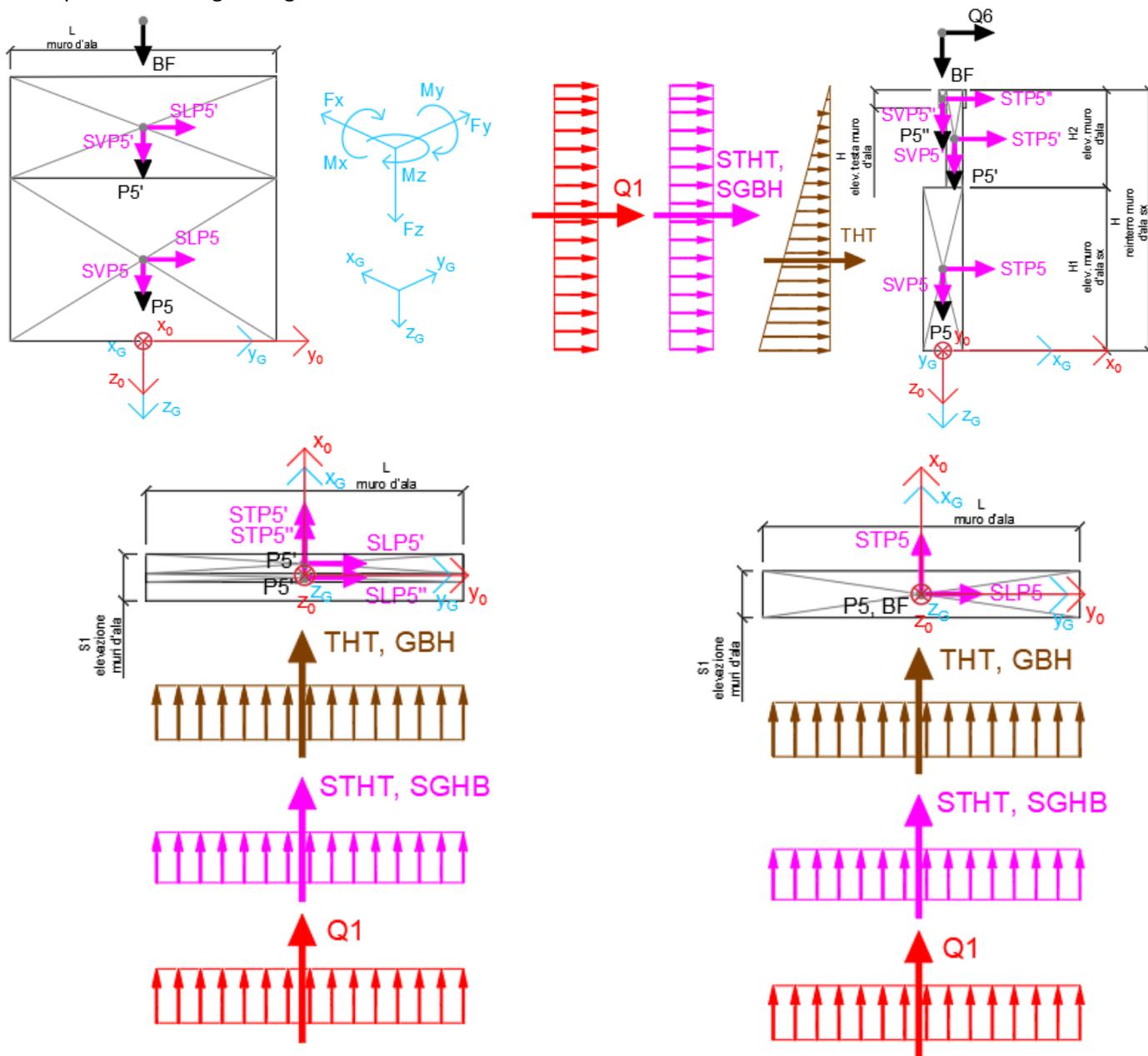


Figura 5 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	77 di 165
			Data Ott '23	

### 8.5.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO							
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,224	Coeff. sismico orizz. $k_h$		0,2659					
Coeff. stratigrafico SS	1,187	Coeff. sismico vert. $k_v$		0,1329					
		Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$		0,4223					
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA							
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Sisma trasv	STP4	54	0	0,00	-2,54	-137			
	STP4'	7	0	0,45	-5,83	-41			
		61	0			-178	61	-178	0
Sisma vert	SVP4	0	27	0,00	-2,54	0			
	SVP4'	0	3	0,45	-5,83	-2			
		0	31			-2	0	-2	31
Sisma terreno trasv	STHT	90	0	-0,80	-2,19	-197			
		90	0			-197	90	-197	0

**Tabella 44 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1		PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA							
S1 elevazione muri d'ala (m)	1,60	S elev. testa muri d'ala (m)	0,00	Carico variab. (kPa)	20,00				
S2 elevazione muri d'ala (m)	0,70	H elev. testa muro d'ala (m)	0,00						
H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,08	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00						
H2 elev. muro d'ala (m)	1,50	Coeff. spinta attiva statica $k_a$	0,2710	$X_G$ muro sx	0,00				
H reinterro muro d'ala sx (m)	6,58	Coeff. spinta riposo statica $k_0$	0,4264	$Z_G$ muro sx	0,00				
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA							
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Peso proprio	P4	0	203	0,00	-2,54	0			
	P4'	0	26	0,45	-5,83	-12			
		0	229			-12	0	-12	229
Spinta terreno	THT	185	0	-0,80	-2,19	-405			
		185	0			-405	185	-405	0
Sovraccarico traffico	Q1	56	0	-0,80	-3,29	-185			
		56	0			-185	56	-185	0

**Tabella 45 – Riepilogo azioni elementari statiche**

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trasv}$		$M_{trasv}$	$N_{vert}$
		Fx [kN]	My [kNm]	Fz [kN]	
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	-12	229	
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	0	
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	185	-405	0	
Qk1	Q (acc. Traffico)	56	-185	0	
E Sisma	Sisma trasv	151	-375	0	
	-Sisma trasv	-151	375	0	
	Sisma vert	0	-2	31	
	-Sisma vert	0	2	-31	

**Tabella 46 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota estradosso fondazione)**

INVILUPPO: SLU		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLU1	310	277	-623
$N_{vert}$ Min	SLU2	310	353	-873
$V_{trasv}$ Max	SLU2	310	353	-873
$V_{trasv}$ Min	SLU1	310	277	-623
$M_{trasv}$ Max	SLU1	310	277	-623
$M_{trasv}$ Min	SLU2	310	353	-873
INVILUPPO: SLV		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLV7	260	139	-306
$N_{vert}$ Min	SLV8	199	139	-303
$V_{trasv}$ Max	SLV2	220	335	-791
$V_{trasv}$ Min	SLV5	239	34	-42
$M_{trasv}$ Max	SLV6	220	34	-41
$M_{trasv}$ Min	SLV1	239	335	-792

**Tabella 47 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

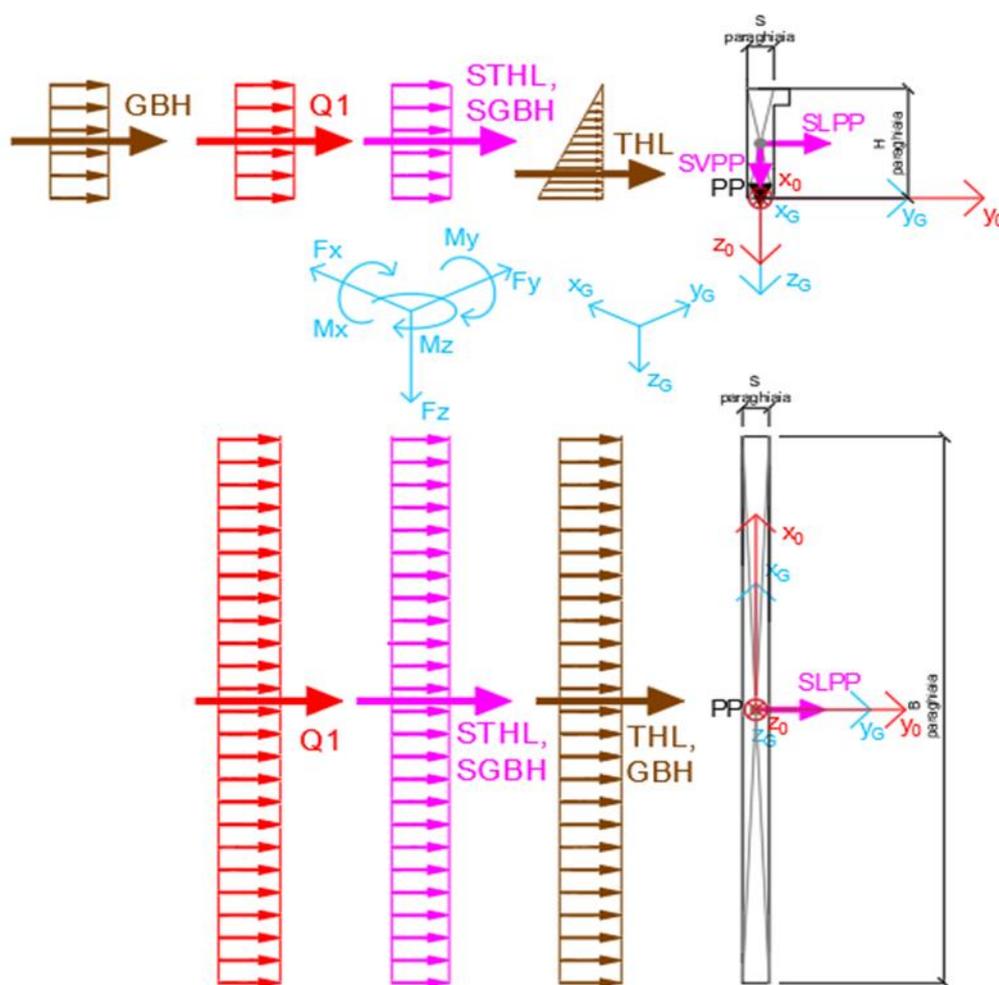
INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA3	229	230	-564
N <sub>vert</sub> Min	RA1	229	241	-601
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	229	241	-601
V <sub>trasv</sub> Min	RA3	229	230	-564
M <sub>trasv</sub> Max	RA3	229	230	-564
M <sub>trasv</sub> Min	RA1	229	241	-601
INVILUPPO: SLE FREQ		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	FR1	229	227	-555
N <sub>vert</sub> Min	FR1	229	227	-555
V <sub>trasv</sub> Max	FR1	229	227	-555
V <sub>trasv</sub> Min	FR1	229	227	-555
M <sub>trasv</sub> Max	FR1	229	227	-555
M <sub>trasv</sub> Min	FR1	229	227	-555
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP1	229	185	-417
N <sub>vert</sub> Min	QP1	229	185	-417
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	229	185	-417
V <sub>trasv</sub> Min	QP1	229	185	-417
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	229	185	-417
M <sub>trasv</sub> Min	QP1	229	185	-417

**Tabella 48 – ENV SLE RA, SLE FR, SLE QP - Azioni totali inviluppo**

## 8.6 Paraghiaia

Mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del paraghiaia alla quota del ringrosso della sezione del muro frontale della spalla, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.



**Figura 6 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 81 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 8.6.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: MURO PARAGHIAIA		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO							
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,224			Coeff. sismico orizz. $k_h$		0,2659			
Coeff. stratigrafico $S_s$	1,187			Coeff. sismico vert. $k_v$		0,1329			
				Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$		0,4223			
NOME: MURO PARAGHIAIA		CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA							
		$F_{yO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$y_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{xO}$ (kNm)	$F_{yG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Sisma long	SLPP	4	0	0,00	-0,75	3			
		4	0			3	4	3	0
Sisma vert	SVPP	0	2	0,00	-0,75	0			
		0	2			0	0	0	2
Sisma terreno long	STHL	5	0	-0,20	-0,75	4			
		5	0			4	5	4	0

**Tabella 49 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: MURO PARAGHIAIA		PARAMETRI DI CALCOLO MURO PARAGHIAIA							
H paraghiaia (m)	1,50	Carico variab. Schema carico 1 (kPa)		20,00	Coeff. spinta riposo statica $k_0$		0,4264		
S paraghiaia (m)	0,40	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )		20,00					
Carico asse $Q_{1k}$ (kN/m)	55,56	Angolo di attrito terreno (°)		35,00	YG paraghiaia		0,00		
		Coeff. spinta attiva statica $k_a$		0,2710	ZG paraghiaia		0,00		
NOME: MURO PARAGHIAIA		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA							
		$F_{yO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$y_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{xO}$ (kNm)	$F_{yG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Peso proprio	PP	0	15	0,00	-0,75	0			
		0	15			0	0	0	15
Spinta terreno	THL	10	0	-0,20	-0,50	5			
		10	0			5	10	5	0
Sovraccarico long	Q1	13	0	-0,20	-0,75	10			
		13	0			10	13	10	0
Frenamento	FV	0	56	0,00	-1,50	0			
	FH	33	0	0,00	-1,50	50			
		33	56			50	33	50	56

**Tabella 50 – Riepilogo azioni elementari statiche**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 82 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{long}$	$M_{long}$	$N_{vert}$
		Fy [kN]	Mx [kNm]	Fz [kN]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	15
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	10	5	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	13	10	0
Qk2	Frenamento	33	50	56
E Sisma	Sisma long	9	6	0
	Sisma vert	0	0	2
	-Sisma vert	0	0	-2

**Tabella 51 – Risultanti azioni elementari al centro del paraghiaia G**

INVILUPPO: SLU		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLU3	95	59	75
$N_{vert}$ Min	SLU5	15	32	20
$V_{trasv}$ Max	SLU3	95	59	75
$V_{trasv}$ Min	SLU1	20	14	7
$M_{trasv}$ Max	SLU3	95	59	75
$M_{trasv}$ Min	SLU1	20	14	7
INVILUPPO: SLV		$N_{vert}$	$V_{long}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLV1	90	59	75
$N_{vert}$ Min	SLV7	13	12	7
$V_{trasv}$ Max	SLV1	90	59	75
$V_{trasv}$ Min	SLV7	13	12	7
$M_{trasv}$ Max	SLV1	90	59	75
$M_{trasv}$ Min	SLV7	13	12	7

**Tabella 52 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	RA2	71	43	55
N <sub>vert</sub> Min	RA3	15	10	5
V <sub>trasv</sub> Max	RA2	71	43	55
V <sub>trasv</sub> Min	RA3	15	10	5
M <sub>trasv</sub> Max	RA2	71	43	55
M <sub>trasv</sub> Min	RA3	15	10	5
<b>INVILUPPO: SLE FREQ</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	FREQ2	57	35	42
N <sub>vert</sub> Min	FREQ3	15	10	5
V <sub>trasv</sub> Max	FREQ2	57	35	42
V <sub>trasv</sub> Min	FREQ3	15	10	5
M <sub>trasv</sub> Max	FREQ2	57	35	42
M <sub>trasv</sub> Min	FREQ3	15	10	5
<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	QP1	15	10	5
N <sub>vert</sub> Min	QP2	15	0	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	15	10	5
V <sub>trasv</sub> Min	QP2	15	0	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	15	10	5
M <sub>trasv</sub> Min	QP2	15	0	0

**Tabella 53 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo**

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 84 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	sinergo <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

## 8.7 Verifiche Muro Frontale

### 8.7.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 28/20$  nel lato teso e nel lato compresso, con armatura pari a  $4\Phi 26$  lungo lo spessore della sezione, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 198 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Elevazione SP1
<b>Tipo sezione</b>	Rettangolare
<b>Base</b>	1710,0 [cm]
<b>Altezza</b>	200,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	342000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	83336850000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	1140000000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 855,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 100,00$	[cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
w	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	6,00	157,48	26	5,31
2	6,00	119,16	26	5,31
3	6,00	80,84	26	5,31
4	6,00	42,52	26	5,31
5	1704,00	42,52	26	5,31
6	1704,00	80,84	26	5,31
7	1704,00	119,16	26	5,31
8	1704,00	157,48	26	5,31
9	1705,60	192,40	28	6,16
10	1685,35	192,40	28	6,16
11	1665,10	192,40	28	6,16
12	1644,84	192,40	28	6,16
13	1624,59	192,40	28	6,16
14	1604,34	192,40	28	6,16
15	1584,09	192,40	28	6,16
16	1563,83	192,40	28	6,16
17	1543,58	192,40	28	6,16
18	1523,33	192,40	28	6,16

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 85 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITAZIA s.r.l. CANTIERI, SERVIZI, ARREDI	 sinergo	 D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23

19	1503,08	192,40	28	6,16
20	1482,82	192,40	28	6,16
21	1462,57	192,40	28	6,16
22	1442,32	192,40	28	6,16
23	1422,07	192,40	28	6,16
24	1401,81	192,40	28	6,16
25	1381,56	192,40	28	6,16
26	1361,31	192,40	28	6,16
27	1341,06	192,40	28	6,16
28	1320,80	192,40	28	6,16
29	1300,55	192,40	28	6,16
30	1280,30	192,40	28	6,16
31	1260,05	192,40	28	6,16
32	1239,80	192,40	28	6,16
33	1219,54	192,40	28	6,16
34	1199,29	192,40	28	6,16
35	1179,04	192,40	28	6,16
36	1158,79	192,40	28	6,16
37	1138,53	192,40	28	6,16
38	1118,28	192,40	28	6,16
39	1098,03	192,40	28	6,16
40	1077,78	192,40	28	6,16
41	1057,52	192,40	28	6,16
42	1037,27	192,40	28	6,16
43	1017,02	192,40	28	6,16
44	996,77	192,40	28	6,16
45	976,51	192,40	28	6,16
46	956,26	192,40	28	6,16
47	936,01	192,40	28	6,16
48	915,76	192,40	28	6,16
49	895,50	192,40	28	6,16
50	875,25	192,40	28	6,16
51	855,00	192,40	28	6,16
52	834,75	192,40	28	6,16
53	814,50	192,40	28	6,16
54	794,24	192,40	28	6,16
55	773,99	192,40	28	6,16
56	753,74	192,40	28	6,16
57	733,49	192,40	28	6,16
58	713,23	192,40	28	6,16
59	692,98	192,40	28	6,16
60	672,73	192,40	28	6,16
61	652,48	192,40	28	6,16
62	632,22	192,40	28	6,16
63	611,97	192,40	28	6,16
64	591,72	192,40	28	6,16
65	571,47	192,40	28	6,16
66	551,21	192,40	28	6,16
67	530,96	192,40	28	6,16
68	510,71	192,40	28	6,16
69	490,46	192,40	28	6,16
70	470,20	192,40	28	6,16
71	449,95	192,40	28	6,16
72	429,70	192,40	28	6,16
73	409,45	192,40	28	6,16
74	389,20	192,40	28	6,16
75	368,94	192,40	28	6,16
76	348,69	192,40	28	6,16
77	328,44	192,40	28	6,16
78	308,19	192,40	28	6,16
79	287,93	192,40	28	6,16
80	267,68	192,40	28	6,16
81	247,43	192,40	28	6,16
82	227,18	192,40	28	6,16
83	206,92	192,40	28	6,16
84	186,67	192,40	28	6,16
85	166,42	192,40	28	6,16
86	146,17	192,40	28	6,16
87	125,91	192,40	28	6,16

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 86 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITAZIA s.r.l. CANTIERI, VANTAGE, ARREDI	 sinergo	 D_VA D_VisionArchitecture	

Data  
Ott '23

88	105,66	192,40	28	6,16
89	85,41	192,40	28	6,16
90	65,16	192,40	28	6,16
91	44,90	192,40	28	6,16
92	24,65	192,40	28	6,16
93	4,40	192,40	28	6,16
94	4,40	7,60	28	6,16
95	24,65	7,60	28	6,16
96	44,90	7,60	28	6,16
97	65,16	7,60	28	6,16
98	85,41	7,60	28	6,16
99	105,66	7,60	28	6,16
100	125,91	7,60	28	6,16
101	146,17	7,60	28	6,16
102	166,42	7,60	28	6,16
103	186,67	7,60	28	6,16
104	206,92	7,60	28	6,16
105	227,18	7,60	28	6,16
106	247,43	7,60	28	6,16
107	267,68	7,60	28	6,16
108	287,93	7,60	28	6,16
109	308,19	7,60	28	6,16
110	328,44	7,60	28	6,16
111	348,69	7,60	28	6,16
112	368,94	7,60	28	6,16
113	389,20	7,60	28	6,16
114	409,45	7,60	28	6,16
115	429,70	7,60	28	6,16
116	449,95	7,60	28	6,16
117	470,20	7,60	28	6,16
118	490,46	7,60	28	6,16
119	510,71	7,60	28	6,16
120	530,96	7,60	28	6,16
121	551,21	7,60	28	6,16
122	571,47	7,60	28	6,16
123	591,72	7,60	28	6,16
124	611,97	7,60	28	6,16
125	632,22	7,60	28	6,16
126	652,48	7,60	28	6,16
127	672,73	7,60	28	6,16
128	692,98	7,60	28	6,16
129	713,23	7,60	28	6,16
130	733,49	7,60	28	6,16
131	753,74	7,60	28	6,16
132	773,99	7,60	28	6,16
133	794,24	7,60	28	6,16
134	814,50	7,60	28	6,16
135	834,75	7,60	28	6,16
136	855,00	7,60	28	6,16
137	875,25	7,60	28	6,16
138	895,50	7,60	28	6,16
139	915,76	7,60	28	6,16
140	936,01	7,60	28	6,16
141	956,26	7,60	28	6,16
142	976,51	7,60	28	6,16
143	996,77	7,60	28	6,16
144	1017,02	7,60	28	6,16
145	1037,27	7,60	28	6,16
146	1057,52	7,60	28	6,16
147	1077,78	7,60	28	6,16
148	1098,03	7,60	28	6,16
149	1118,28	7,60	28	6,16
150	1138,53	7,60	28	6,16
151	1158,79	7,60	28	6,16
152	1179,04	7,60	28	6,16
153	1199,29	7,60	28	6,16
154	1219,54	7,60	28	6,16
155	1239,80	7,60	28	6,16
156	1260,05	7,60	28	6,16

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 87 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

157	1280,30	7,60	28	6,16
158	1300,55	7,60	28	6,16
159	1320,80	7,60	28	6,16
160	1341,06	7,60	28	6,16
161	1361,31	7,60	28	6,16
162	1381,56	7,60	28	6,16
163	1401,81	7,60	28	6,16
164	1422,07	7,60	28	6,16
165	1442,32	7,60	28	6,16
166	1462,57	7,60	28	6,16
167	1482,82	7,60	28	6,16
168	1503,08	7,60	28	6,16
169	1523,33	7,60	28	6,16
170	1543,58	7,60	28	6,16
171	1563,83	7,60	28	6,16
172	1584,09	7,60	28	6,16
173	1604,34	7,60	28	6,16
174	1624,59	7,60	28	6,16
175	1644,84	7,60	28	6,16
176	1665,10	7,60	28	6,16
177	1685,35	7,60	28	6,16
178	1705,60	7,60	28	6,16

**Materiale impiegato : Calcestruzzo armato**

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mmq]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mmq]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mmq]
Modulo elastico E	210000,000	[N/mmq]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	6959,8700	21122,1500	980,8000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	15829,8700	14406,3500	-7494,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	7989,8700	18802,7500	6050,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	15129,8700	14196,3500	-9824,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	7489,8700	24345,9500	980,8000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	14589,8700	7235,1500	-5484,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	6183,3600	15641,8500	-4634,9500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	9813,3600	17857,2500	-2036,9500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	8053,3600	20120,0500	7780,1500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	7943,3600	13419,8500	-7780,1500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	7463,3600	26966,6500	-2006,9500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	8533,3600	6532,4500	-4664,9500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	5829,9000	14578,6900	740,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	11589,9000	10542,6900	-5346,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	6529,9000	13033,0900	4126,4000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	11069,9000	10386,6900	-7076,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	6269,9000	17288,2900	740,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	10579,9000	5196,0900	-3866,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE					REV. A	FOGLIO 88 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture				Data Ott '23	

19	5979,9000	11693,2100	970,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	11289,9000	10272,2100	-3570,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
21	6129,9000	11738,2100	1520,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
22	10779,9000	10170,0100	-5300,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
23	6419,9000	14352,0100	960,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
24	10399,9000	7427,6100	-2659,2000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
25	6609,9000	9463,5800	60,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
26	9029,9000	7327,9800	40,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
27	6609,9000	9463,5800	60,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
28	9029,9000	7327,9800	40,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
29	7969,9000	12112,3800	40,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
30	7659,9000	4625,3800	60,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	89 di 165
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
13	49,65	-0,04	(-77038,52; 200,00)	(240206,68; 0,00)
14	96,99	0,43	(-13676,47; 0,00)	(12878,99; 200,00)
15	56,85	-0,23	(-12505,41; 200,00)	(37503,58; 0,00)
16	96,36	0,57	(-10345,94; 0,00)	(9620,18; 200,00)
17	48,06	-0,03	(-89188,54; 200,00)	(289103,63; 0,00)
18	173,61	0,69	(-2189,22; 0,00)	(14409,05; 200,00)
19	54,83	-0,06	(-50487,23; 200,00)	(139893,29; 0,00)
20	95,02	0,30	(-20330,68; 0,00)	(18403,09; 200,00)
21	55,84	-0,09	(-32274,44; 200,00)	(89455,93; 0,00)
22	93,99	0,44	(-13853,95; 0,00)	(12282,60; 200,00)
23	51,81	-0,05	(-60186,46; 200,00)	(178740,52; 0,00)
24	120,87	0,33	(-13846,44; 0,00)	(21151,94; 200,00)
25	63,46	0,00	(-746032,72; 200,00)	(1610644,15; 0,00)
26	101,75	0,00	(-1184463,50; 200,00)	(1147007,06; 0,00)
27	63,46	0,00	(-746032,72; 200,00)	(1610644,15; 0,00)
28	101,75	0,00	(-1184463,50; 200,00)	(1147007,06; 0,00)
29	61,22	0,00	(-1388373,50; 200,00)	(3152948,35; 0,00)
30	137,39	-0,01	(-635660,82; 200,00)	(292149,48; 0,00)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Sc-max Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sc-min Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-max Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-min Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
tc Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	Sc-max	Sc-min	tc	Sf-max	Sf-min
13	2,352	0,000	0,000	29,883	-102,233
14	1,637	0,000	0,000	22,617	-27,396
15	2,205	0,000	0,000	28,645	-82,834
16	1,663	0,000	0,000	22,973	-29,291
17	2,786	0,000	0,000	35,175	-126,289
18	0,770	0,000	0,000	11,034	-2,615
19	1,890	0,000	0,000	24,419	-72,050
20	1,561	0,000	0,000	21,540	-26,169
21	1,913	0,000	0,000	24,786	-71,624
22	1,597	0,000	0,000	22,007	-28,406
23	2,321	0,000	0,000	29,700	-95,410
24	1,068	0,000	0,000	15,009	-10,771
25	1,479	0,000	0,000	19,522	-45,117
26	1,036	0,000	0,000	14,382	-13,869
27	1,479	0,000	0,000	19,522	-45,117
28	1,036	0,000	0,000	14,382	-13,869
29	1,901	0,000	0,000	24,979	-61,147
30	0,630	0,000	0,000	8,928	-3,809

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Nu Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
Mxu Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
Myu Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	90 di 165
			Data Ott '23	

Combinazione n° 1

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>18671,8726</u>	<u>2631,2808</u>	<u>56666,3017</u>	2,68
<u>658794,0836</u>	<u>92838,6934</u>	<u>21122,1500</u>	94,66
<u>18672,4619</u>	980,8000	<u>56668,0903</u>	2,68
<u>661002,2870</u>	980,8000	<u>21122,1500</u>	94,97
6959,8700	<u>367862,8192</u>	<u>21122,1500</u>	375,06
6959,8700	<u>2142,3553</u>	<u>46136,9811</u>	2,18
6959,8700	980,8000	<u>46137,6341</u>	2,18

Combinazione n° 2

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>184085,1659</u>	<u>-87147,5403</u>	<u>167531,0871</u>	11,63
<u>637034,8893</u>	<u>-301577,9321</u>	14406,3500	40,24
<u>186000,7357</u>	-7494,0000	<u>169274,3970</u>	11,75
<u>669308,4561</u>	-7494,0000	14406,3500	42,28
15829,8700	<u>-438963,7981</u>	14406,3500	58,58
15829,8700	<u>-28136,3584</u>	<u>54088,9013</u>	3,75
15829,8700	-7494,0000	<u>54126,2045</u>	3,76

Combinazione n° 3

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>27308,4746</u>	<u>20678,2177</u>	<u>64265,6790</u>	3,42
<u>608923,9167</u>	<u>461082,5578</u>	18802,7500	76,21
<u>27325,5269</u>	6050,0000	<u>64305,8087</u>	3,42
<u>663875,6632</u>	6050,0000	18802,7500	83,09
7989,8700	<u>378151,0592</u>	18802,7500	62,50
7989,8700	<u>15141,3930</u>	<u>47057,8227</u>	2,50
7989,8700	6050,0000	<u>47068,6326</u>	2,50

Combinazione n° 4

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>173069,5638</u>	<u>-112376,0742</u>	<u>162391,0914</u>	11,44
<u>620325,3722</u>	<u>-402784,4560</u>	14196,3500	41,00
<u>175861,3701</u>	-9824,0000	<u>165010,6419</u>	11,62
<u>669545,6713</u>	-9824,0000	14196,3500	44,25
15129,8700	<u>-434129,4122</u>	14196,3500	44,19
15129,8700	<u>-36979,4874</u>	<u>53437,8813</u>	3,76
15129,8700	-9824,0000	<u>53497,1007</u>	3,77

Combinazione n° 5

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>16965,1211</u>	<u>2221,5861</u>	<u>55145,4150</u>	2,27
<u>655062,6827</u>	<u>85780,5915</u>	24345,9500	87,46
<u>16965,5013</u>	980,8000	<u>55146,6510</u>	2,27
<u>656905,6725</u>	980,8000	24345,9500	87,71
7489,8700	<u>367189,6516</u>	24345,9500	374,38
7489,8700	<u>1878,0608</u>	<u>46618,2441</u>	1,91
7489,8700	980,8000	<u>46618,7474</u>	1,91

Combinazione n° 6

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>366758,4322</u>	<u>-137856,1456</u>	<u>181876,3478</u>	25,14
<u>648411,1574</u>	<u>-243722,9932</u>	7235,1500	44,44
<u>372123,3669</u>	-5484,0000	<u>184536,8312</u>	25,51
<u>677905,5921</u>	-5484,0000	7235,1500	46,46
14589,8700	<u>-434643,4855</u>	7235,1500	79,26
14589,8700	<u>-40129,9653</u>	<u>52944,2594</u>	7,32
14589,8700	-5484,0000	<u>53018,1344</u>	7,33

Combinazione n° 7

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>24395,0706</u>	<u>-18286,1636</u>	<u>61711,4376</u>	3,95

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	91 di 165
			Data Ott '23	

<u>610582,2709</u>	<u>-457682,9259</u>	15641,8500	98,75
24407,7459	-4634,9500	<u>61743,5020</u>	3,95
<u>667813,0199</u>	-4634,9500	15641,8500	108,00
6183,3600	<u>-368095,3867</u>	15641,8500	79,42
6183,3600	<u>-13458,8177</u>	<u>45420,2976</u>	2,90
6183,3600	-4634,9500	<u>45429,6349</u>	2,90

Combinazione n° 8

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>42583,0105</u>	<u>-8838,9158</u>	<u>77487,7783</u>	4,34
<u>659464,2558</u>	<u>-136884,3817</u>	17857,2500	67,20
<u>42593,5253</u>	-2036,9500	<u>77506,9119</u>	4,34
<u>665088,2384</u>	-2036,9500	17857,2500	67,77
9813,3600	<u>-392432,5059</u>	17857,2500	192,66
9813,3600	<u>-5557,3565</u>	<u>48719,4597</u>	2,73
9813,3600	-2036,9500	<u>48722,1177</u>	2,73

Combinazione n° 9

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>24859,5750</u>	<u>24016,2147</u>	<u>62107,7280</u>	3,09
<u>589794,0618</u>	<u>569785,3157</u>	20120,0500	73,24
<u>24878,0999</u>	7780,1500	<u>62154,0094</u>	3,09
<u>662206,1142</u>	7780,1500	20120,0500	82,23
8053,3600	<u>377098,0956</u>	20120,0500	48,47
8053,3600	<u>18216,9620</u>	<u>47110,4267</u>	2,34
8053,3600	7780,1500	<u>47124,5569</u>	2,34

Combinazione n° 10

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>49004,4601</u>	<u>-47997,5792</u>	<u>82790,2177</u>	6,17
<u>590477,9305</u>	<u>-578345,5454</u>	13419,8500	74,34
<u>49163,0207</u>	-7780,1500	<u>83058,0967</u>	6,19
<u>670511,0802</u>	-7780,1500	13419,8500	84,41
7943,3600	<u>-382815,5589</u>	13419,8500	49,20
7943,3600	<u>-27243,8652</u>	<u>46992,4853</u>	3,50
7943,3600	-7780,1500	<u>47024,8469</u>	3,50

Combinazione n° 11

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>14701,5030</u>	<u>-3953,3376</u>	<u>53119,5449</u>	1,97
<u>646678,8323</u>	<u>-173896,4866</u>	26966,6500	86,65
<u>14702,0601</u>	-2006,9500	<u>53121,5577</u>	1,97
<u>653529,2739</u>	-2006,9500	26966,6500	87,57
7463,3600	<u>-362507,3893</u>	26966,6500	180,63
7463,3600	<u>-3467,6222</u>	<u>46593,1659</u>	1,73
7463,3600	-2006,9500	<u>46594,1134</u>	1,73

Combinazione n° 12

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>240973,5723</u>	<u>-131733,5336</u>	<u>184469,8703</u>	28,24
<u>631872,4866</u>	<u>-345427,0717</u>	6532,4500	74,05
<u>244900,8861</u>	-4664,9500	<u>187476,3040</u>	28,70
<u>678726,1972</u>	-4664,9500	6532,4500	79,54
8533,3600	<u>-391163,8823</u>	6532,4500	83,85
8533,3600	<u>-33927,5968</u>	<u>47509,6903</u>	7,27
8533,3600	-4664,9500	<u>47562,2371</u>	7,28

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>t</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITAZIA s.r.l. CITAZIA CONSULTING s.r.l.	A	92 di 165
			Data Ott '23	

$S_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mmq]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cmq]  
 $e$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]  
 $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 $w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_x$	$M_y$	$S_f$	$S_c$	$A_{eff}$	$e$	$S_{rm}$	$w$
19	2469,6621	29746,8868	-257,379	-18,019	64347,11	0,0000	0	0,0000
20	-10644,0527	30620,0135	-227,207	-15,926	59872,36	0,0000	0	0,0000
21	3838,8319	29629,8098	-255,732	-17,903	59744,20	0,0000	0	0,0000
22	-15547,2878	29828,7188	-225,979	-15,829	70248,39	0,0000	0	0,0000
23	2005,6700	29959,8209	-255,621	-17,899	58105,70	0,0000	0	0,0000
24	-10840,3950	30279,1164	-231,072	-16,191	60120,85	0,0000	0	0,0000
25	194,3700	30253,8823	-256,003	-17,930	62310,91	0,0000	0	0,0000
26	173,2566	31118,1526	-244,930	-17,169	50602,63	0,0000	0	0,0000
27	194,3700	30253,8823	-256,003	-17,930	62310,91	0,0000	0	0,0000
28	173,2566	31118,1526	-244,930	-17,169	50602,63	0,0000	0	0,0000
29	103,5778	30749,3584	-249,797	-17,504	50543,37	0,0000	0	0,0000
30	402,2537	30601,5864	-251,004	-17,586	50804,31	0,0000	0	0,0000

#### Inviluppo verifiche a pressoflessione

##### Simbologia adottata

$N$  Sforzo normale espresso in [kN]  
 $M_x$  Momento in direzione X espresso in [kNm]  
 $M_y$  Momento in direzione Y espresso in [kNm]  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo espresso in [kN]  
 $M_{x,u}$  Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]  
 $M_{y,u}$  Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]  
 $FS$  Fattore di sicurezza  
 $Comb.$  Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - Elevazione SP1

$N$	$M_x$	$M_y$	$N$	$M_{x,u}$	$M_{y,u}$	$FS$	$Comb.$
7463,36	-2006,95	26966,65	14701,50	-3953,34	53119,54	1.970	11
15829,87	-7494,00	14406,35	637034,89	-301577,93	14406,35	40.243	2
7463,36	-2006,95	26966,65	14702,06	-2006,95	53121,56	1.970	11
15829,87	-7494,00	14406,35	669308,46	-7494,00	14406,35	42.281	2
15129,87	-9824,00	14196,35	15129,87	-434129,41	14196,35	44.191	4
7463,36	-2006,95	26966,65	7463,36	-3467,62	46593,17	1.728	11
7463,36	-2006,95	26966,65	7463,36	-2006,95	46594,11	1.728	11

#### Inviluppo verifiche tensionali

##### Simbologia adottata

$TC$  Tipo combinazione  
 $scc$  tensione di compressione nel cls espresso in [N/mmq]  
 $scl$  tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mmq]  
 $sct$  tensione di trazione nel cls espresso in [N/mmq]  
 $sctl$  tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mmq]  
 $sfc, sft$  tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mmq]  
 $sf$  tensione limite nell'armatura espressa in [N/mmq]  
 $Comb.$  Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - Elevazione SP1

$TC$	$scc$	$scl$	$sct$	$sctl$	$sfc$	$sft$	$sfl$	$Comb.$
SLER	2,786	19,920	-8,860	3,099	-126,289	35,175	360,000	17
SLEQP	1,901	14,940	-4,312	3,099	-61,147	24,979	450,000	29
SLEF	2,321	33,200	-6,701	3,099	-95,410	29,700	450,000	23

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### Simbologia adottata

$TC$  Tipo combinazione  
 $sf$  tensione nell'acciaio espresso in [N/mmq]  
 $sc$  tensione nel cls espresso in [N/mmq]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione espresso in [cmq]  
 $Eps$  Deformazione espressa in [%]  
 $sr$  spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
 $w, w_l$  ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
 $Comb.$  Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - Elevazione SP1

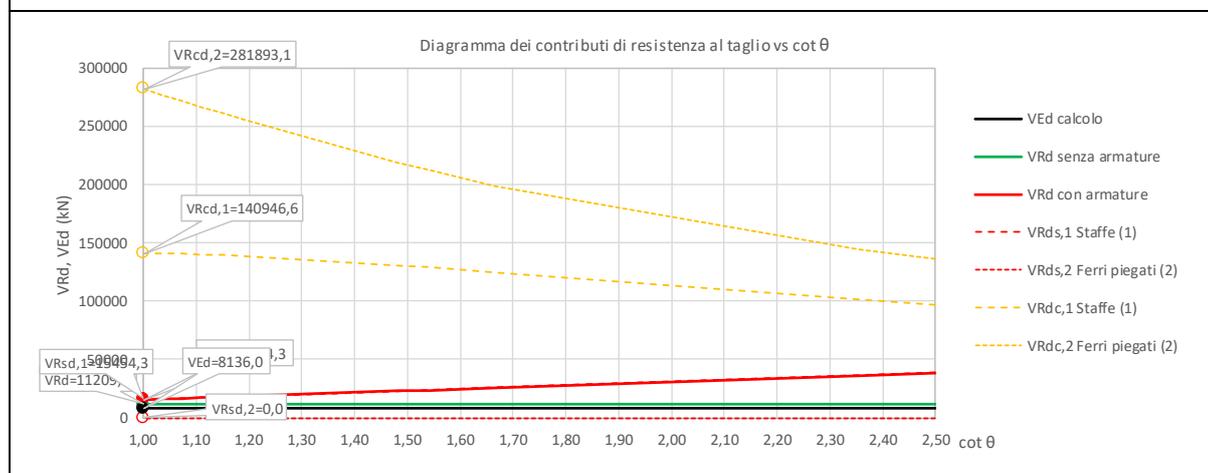
CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.			MANDANTI   			REV. <b>A</b>	FOGLIO 93 di 165
	Data Ott '23							

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-256,003	-17,930	6110,710	0,0000	0,000	0,000	0,200	25
SLEF	-257,379	-18,019	6310,396	0,0000	0,000	0,000	0,300	19

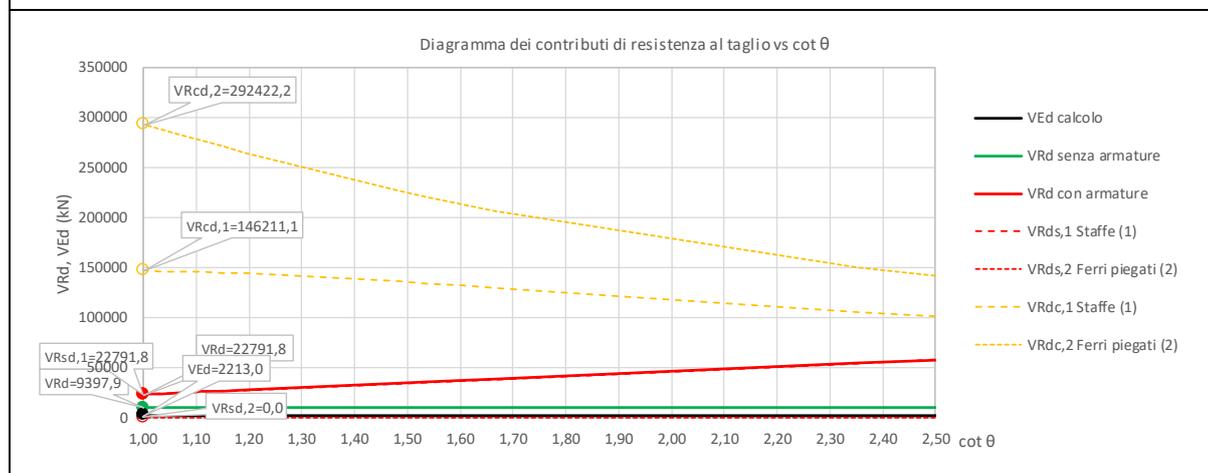
### 8.7.2 Verifica a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte considerando i valori delle azioni in combinazione SLV, essendo questi più gravosi. La verifica a taglio è stata svolta sia per l'azione di taglio trasversale sia per quella longitudinale.

NOME: ELEVAZIONE SP1 Vlong	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b> $b_w$ (m) $d$ (m) $\theta$ (°) $\cotg \theta$ 17,10    1,92    45,00    1,00		
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$		
<b>AZIONI CALCOLO</b> $N_{Ed}$ (kN) $V_{Ed}$ (kN) $M_{Ed}$ (kNm) -7463,0    8136,0    26967,0		
<b>CALCESTRUZZO</b> $f_{ck}$ (MPa) $f_{cd}$ (MPa) $\gamma_c$ 33,20    18,81    1,50		
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> ) $k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) $V_{min}$ (MPa) $\sigma_{cp}$ (MPa) $\alpha_c$ 523,39    0,15    1,32    0,16%    0,31    0,23    1,01		
$V_{Rd}$ (kN) $V_{Ed}/V_{Rd}$ 11209,4 <b>72,6% VERIFICA OK</b>		



NOME: ELEVAZIONE SP1 Vtrasv	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b> $b_w$ (m) $d$ (m) $\theta$ (°) $\cotg \theta$ 2,00    17,03    45,00    1,00		
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$		
<b>AZIONI CALCOLO</b> $N_{Ed}$ (kN) $V_{Ed}$ (kN) $M_{Ed}$ (kNm) -9233,0    2213,0    17734,0		
<b>CALCESTRUZZO</b> $f_{ck}$ (MPa) $f_{cd}$ (MPa) $\gamma_c$ 33,20    18,81    1,50		
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> ) $k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) $V_{min}$ (MPa) $\sigma_{cp}$ (MPa) $\alpha_c$ 30,28    0,15    1,11    0,01%    0,24    0,27    1,01		
$V_{Rd}$ (kN) $V_{Ed}/V_{Rd}$ 9397,9 <b>23,5% VERIFICA OK</b>		

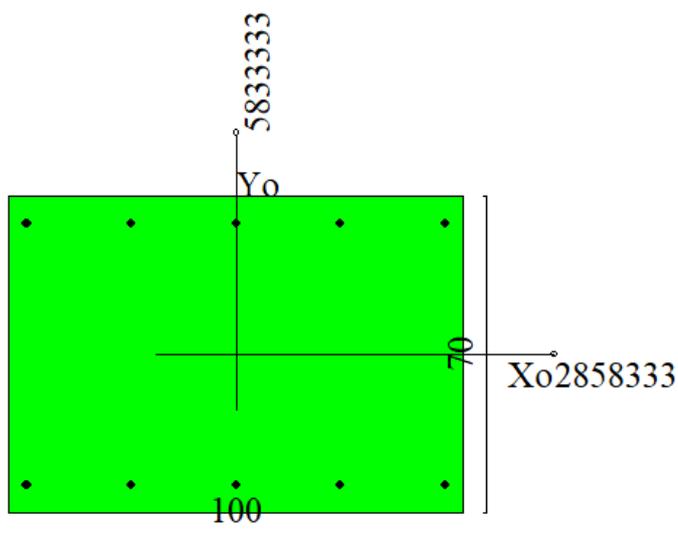


Tutte le verifiche sono soddisfatte.

## 8.8 Verifiche Muro d'ala, sezione superiore

### 8.8.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 20/20$  nel lato teso e compresso, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri in un metro. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



#### Dati

Nome sezione:	Sez sup. muro d'ala
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	70,0 [cm]

#### Caratteristiche geometriche

Area sezione	7000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	5833333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	2858333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 35,00$	[cm]

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
w	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	96,00	64,00	20	3,14
2	73,00	64,00	20	3,14
3	50,00	64,00	20	3,14
4	27,00	64,00	20	3,14
5	4,00	64,00	20	3,14
6	4,00	6,00	20	3,14

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 96 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	 sinergo	 D_VA D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

7	27,00	6,00	20	3,14
8	50,00	6,00	20	3,14
9	73,00	6,00	20	3,14
10	96,00	6,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	205942,924	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

**Simbologia adottata**

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	35,4400	7,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	35,4400	20,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	35,4400	7,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	35,4400	20,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	29,7400	2,5300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	22,7600	2,5300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	27,3000	2,7700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	27,3000	12,3700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	26,2500	12,4700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
10	26,2500	14,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
11	26,2500	12,4700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
12	26,2500	14,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
13	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
14	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
16	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
17	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
18	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
19	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	97 di 165
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
9	24,63	0,00	(0,00; 45,37)	(100,00; 45,37)
10	22,79	0,00	(0,00; 47,21)	(100,00; 47,21)
11	24,63	0,00	(0,00; 45,37)	(100,00; 45,37)
12	22,79	0,00	(0,00; 47,21)	(100,00; 47,21)
13	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
14	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
15	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
16	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
17	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)
18	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)
19	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)
20	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Sc-max Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sc-min Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sf-max Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sf-min Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
 tc Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	Sc-max	Sc-min	tc	Sf-max	Sf-min
9	0,254	0,000	0,000	2,883	-6,091
10	0,296	0,000	0,000	3,271	-8,030
11	0,254	0,000	0,000	2,883	-6,091
12	0,296	0,000	0,000	3,271	-8,030
13	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
14	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
15	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
16	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
17	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616
18	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616
19	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616
20	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Nu Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 Mxu Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 Myu Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

Nu	Mxu	Myu	FS
7035,3618	0,0000	1429,3060	198,51
14375,3571	0,0000	7,2000	405,63
35,4400	0,0000	388,6110	53,97

#### Combinazione n° 2

Nu	Mxu	Myu	FS
1359,6578	0,0000	773,0560	38,37
14331,8046	0,0000	20,1500	404,40
35,4400	0,0000	388,6109	19,29

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	98 di 165
			Data Ott '23	

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
7035,3618	0,0000	1429,3060	198,51
<u>14375,3571</u>	0,0000	7,2000	405,63
35,4400	0,0000	<u>388,6110</u>	53,97

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
1359,6578	0,0000	773,0560	38,37
<u>14331,8046</u>	0,0000	20,1500	404,40
35,4400	0,0000	<u>388,6109</u>	19,29

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
10756,7691	0,0000	915,0849	361,69
<u>14390,9044</u>	0,0000	2,5300	483,89
29,7400	0,0000	<u>386,8647</u>	152,91

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
9827,4472	0,0000	1092,4183	431,79
<u>14390,9058</u>	0,0000	2,5300	632,29
22,7600	0,0000	<u>384,7255</u>	152,07

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
10167,6948	0,0000	1031,6672	372,44
<u>14390,1523</u>	0,0000	2,7700	527,11
27,3000	0,0000	<u>386,1170</u>	139,39

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
2175,6738	0,0000	985,8273	79,70
<u>14357,9896</u>	0,0000	12,3700	525,93
27,3000	0,0000	<u>386,1170</u>	31,21

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

$N^{\circ}$	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$s_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$s_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$e$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
$s_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^{\circ}$	$M_x$	$M_y$	$s_f$	$s_c$	$A_{eff}$	$e$	$s_{rm}$	$w$
13	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
17	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
18	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
19	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
20	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
----	-------------------

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	99 di 165
			Data Ott '23	

scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
Comb.	Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - Sez sup. muro d'ala

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	0,296	19,920	-0,613	3,099	-8,030	3,271	360,000	10
SLEQP	0,090	14,940	-0,025	3,099	-0,231	1,207	450,000	13
SLEF	0,243	33,200	-0,432	3,099	-5,616	2,783	450,000	17

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sc	tensione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cm <sup>2</sup> ]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

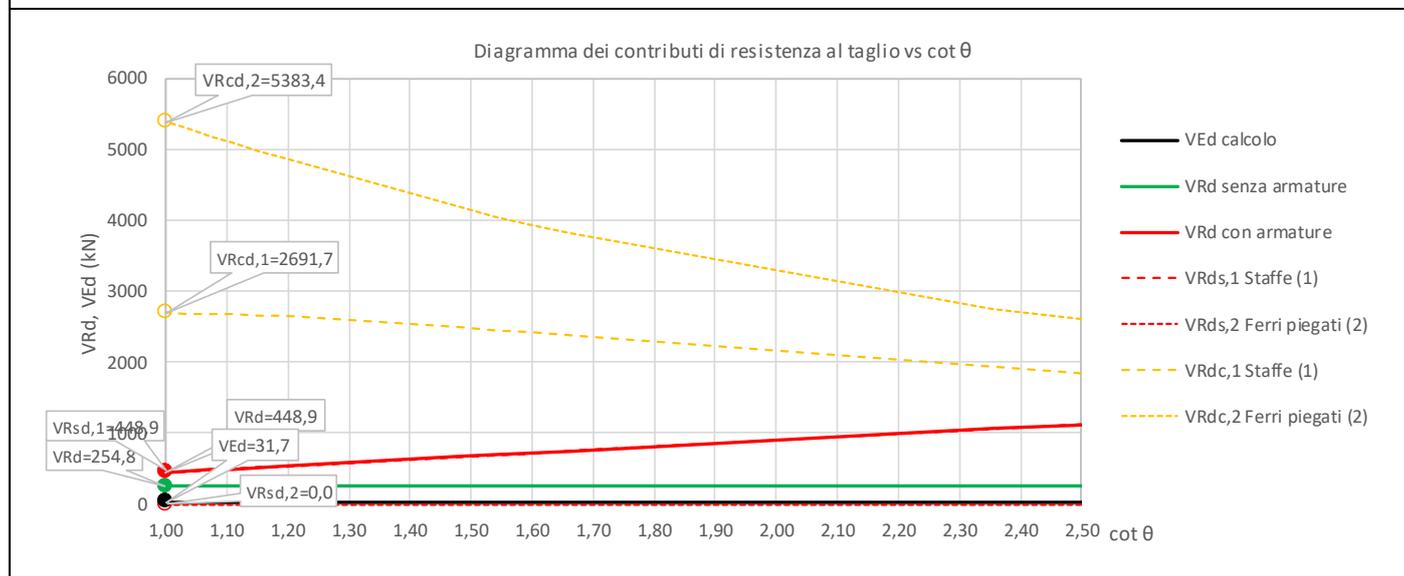
#### Sezione n° 1 - Sez sup. muro d'ala

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-214,855	-16,061	147,102	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLEF	-214,863	-16,061	147,102	0,0000	0,000	0,000	0,300	17

### 8.8.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio è stata condotta nei confronti delle sollecitazioni allo SLU, risultando queste le più sfavorevoli.

NOME: Muro d'ala - sezione superiore CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)										Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	0,63	45,00	1,00	-35,4	31,7	20,1	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
		$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
		(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
		15,71	0,15	1,56	0,25%	0,39	0,06	1,00	254,8	12,4%	<b>VERIFICA OK</b>



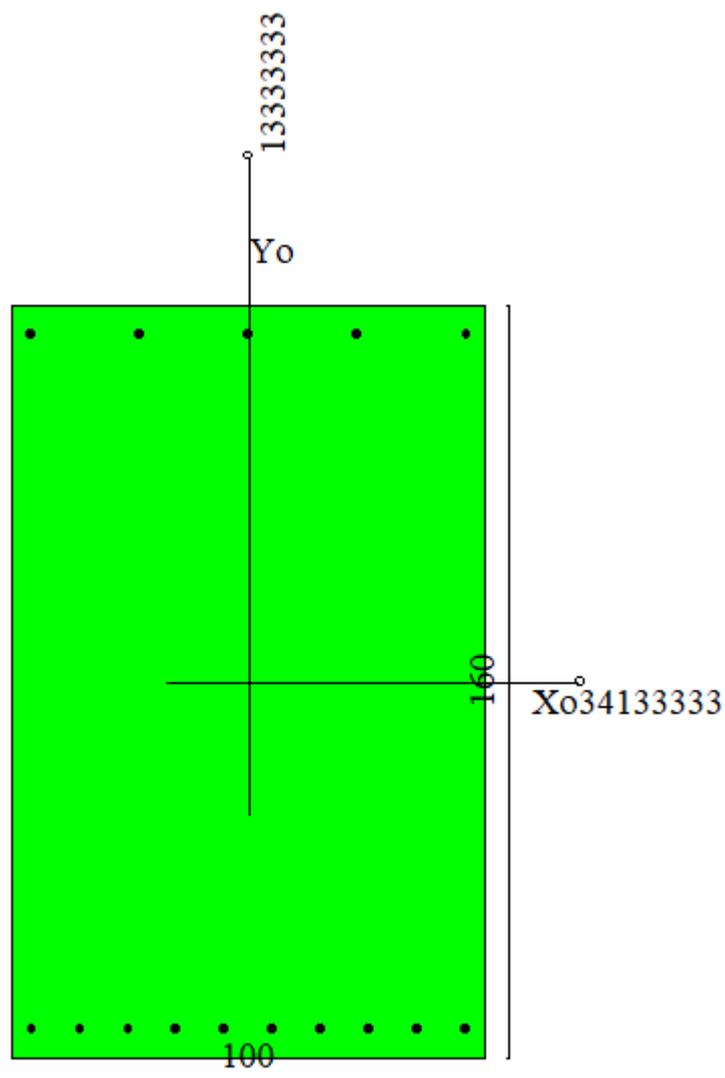
La verifica risulta soddisfatta.

CODIFICA DOCUMENTO T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 101 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	Data Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

## 8.9 Verifiche Muro d'ala, sezione di base

### 8.9.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 20/10$  nel lato teso e di  $\Phi 20/20$  nel lato compresso, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri in un metro. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Sez base muro d'ala
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	160,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	16000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	13333333,3 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	34133333,3 [cm <sup>4</sup> ]

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 102 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

Inerzia in direzione XY 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione X<sub>G</sub> = 50,00 [cm]  
 Ordinata baricentro sezione Y<sub>G</sub> = 80,00 [cm]

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine  
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]  
 d Diametro ferro espresso in [mm]  
 w Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	95,70	153,70	20	3,14
2	72,85	153,70	20	3,14
3	50,00	153,70	20	3,14
4	27,15	153,70	20	3,14
5	4,30	153,70	20	3,14
6	4,30	6,30	20	3,14
7	14,46	6,30	20	3,14
8	24,61	6,30	20	3,14
9	34,77	6,30	20	3,14
10	44,92	6,30	20	3,14
11	55,08	6,30	20	3,14
12	65,23	6,30	20	3,14
13	75,39	6,30	20	3,14
14	85,54	6,30	20	3,14
15	95,70	6,30	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

##### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo 40,000 [N/mmq]  
 Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15,00  
 Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 1,00  
 Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

##### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio 450,000 [N/mmq]  
 Tensione snervamento acciaio 450,000 [N/mmq]  
 Modulo elastico E 205942,924 [N/mmq]  
 Fattore di incrudimento acciaio 1,00

#### Combinazioni

##### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 N sforzo normale espresso in [kN]  
 M<sub>y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]  
 M<sub>x</sub> momento lungo X espresso in [kNm]  
 M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]  
 T<sub>y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]  
 T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]  
 VD verifica di dominio  
 VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	309,7600	623,3700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	309,7600	872,6100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	309,7600	623,3700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	309,7600	872,6100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	259,9500	305,8500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	198,9500	302,7100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	220,3000	41,3700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	238,6000	792,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	229,4500	564,4600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
10	229,4500	601,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
11	229,4500	564,4600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE					REV. A	FOGLIO 103 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture		Data Ott '23			

12	229,4500	601,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
13	229,4500	416,7600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
14	229,4500	416,7600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	229,4500	416,7600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
16	229,4500	416,7600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
17	229,4500	555,2300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
18	229,4500	555,2300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
19	229,4500	555,2300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	229,4500	555,2300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	104 di 165
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
9	41,49	0,00	(0,00; 118,51)	(100,00; 118,51)
10	40,84	0,00	(0,00; 119,16)	(100,00; 119,16)
11	41,49	0,00	(0,00; 118,51)	(100,00; 118,51)
12	40,84	0,00	(0,00; 119,16)	(100,00; 119,16)
13	45,40	0,00	(0,00; 114,60)	(100,00; 114,60)
14	45,40	0,00	(0,00; 114,60)	(100,00; 114,60)
15	45,40	0,00	(0,00; 114,60)	(100,00; 114,60)
16	45,40	0,00	(0,00; 114,60)	(100,00; 114,60)
17	41,66	0,00	(0,00; 118,34)	(100,00; 118,34)
18	41,66	0,00	(0,00; 118,34)	(100,00; 118,34)
19	41,66	0,00	(0,00; 118,34)	(100,00; 118,34)
20	41,66	0,00	(0,00; 118,34)	(100,00; 118,34)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Sc-max Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sc-min Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-max Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-min Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
tc Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	Sc-max	Sc-min	tc	Sf-max	Sf-min
9	2,295	0,000	0,000	29,200	-93,118
10	2,442	0,000	0,000	30,986	-101,231
11	2,295	0,000	0,000	29,200	-93,118
12	2,442	0,000	0,000	30,986	-101,231
13	1,701	0,000	0,000	21,971	-60,847
14	1,701	0,000	0,000	21,971	-60,847
15	1,701	0,000	0,000	21,971	-60,847
16	1,701	0,000	0,000	21,971	-60,847
17	2,258	0,000	0,000	28,753	-91,093
18	2,258	0,000	0,000	28,753	-91,093
19	2,258	0,000	0,000	28,753	-91,093
20	2,258	0,000	0,000	28,753	-91,093

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Nu Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
Mxu Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
Myu Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

Nu	Mxu	Myu	FS
1398,1502	0,0000	2813,6779	4,51
30340,4440	0,0000	623,3700	97,95
309,7600	0,0000	2051,5470	3,29

#### Combinazione n° 2

Nu	Mxu	Myu	FS
868,8706	0,0000	2447,6537	2,80
29938,0921	0,0000	872,6100	96,65
309,7600	0,0000	2051,5470	2,35

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	105 di 165
			Data Ott '23	

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
1398,1502	0,0000	2813,6779	4,51
<u>30340,4440</u>	0,0000	623,3700	97,95
309,7600	0,0000	<u>2051,5470</u>	3,29

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
868,8706	0,0000	2447,6537	2,80
<u>29938,0921</u>	0,0000	872,6100	96,65
309,7600	0,0000	<u>2051,5470</u>	2,35

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
3585,4626	0,0000	4218,5564	13,79
<u>30840,0367</u>	0,0000	305,8500	118,64
259,9500	0,0000	<u>2015,7909</u>	6,59

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
2203,8063	0,0000	3353,1752	11,08
<u>30844,8878</u>	0,0000	302,7100	155,04
198,9500	0,0000	<u>1971,8972</u>	6,51

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
23585,2627	0,0000	4429,0618	107,06
<u>31242,2636</u>	0,0000	41,3700	141,82
220,3000	0,0000	<u>1987,2732</u>	48,04

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
701,9263	0,0000	2330,3894	2,94
<u>30068,8511</u>	0,0000	792,1500	126,02
238,6000	0,0000	<u>2000,4412</u>	2,53

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

$N^{\circ}$	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$s_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$s_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$e$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
$s_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^{\circ}$	$M_x$	$M_y$	$s_f$	$s_c$	$A_{eff}$	$e$	$s_{rm}$	$w$
13	0,0000	1116,2168	-214,920	-15,099	1575,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	1116,2168	-214,920	-15,099	1575,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	1116,2168	-214,920	-15,099	1575,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	1116,2168	-214,920	-15,099	1575,00	0,0000	0	0,0000
17	0,0000	1116,2075	-214,918	-15,098	1575,00	0,0000	0	0,0000
18	0,0000	1116,2075	-214,918	-15,098	1575,00	0,0000	0	0,0000
19	0,0000	1116,2075	-214,918	-15,098	1575,00	0,0000	0	0,0000
20	0,0000	1116,2075	-214,918	-15,098	1575,00	0,0000	0	0,0000

**Inviluppo verifiche tensionali**

**Simbologia adottata**

TC	Tipo combinazione
----	-------------------

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 106 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
Comb.	Combinazione critica

#### Sezione n° 2 - Sez base muro d'ala

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	2,442	19,920	-7,125	3,099	-101,231	30,986	360,000	10
SLEQP	1,701	14,940	-4,292	3,099	-60,847	21,971	450,000	13
SLEF	2,258	33,200	-6,414	3,099	-91,093	28,753	450,000	17

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sc	tensione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cm <sup>2</sup> ]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

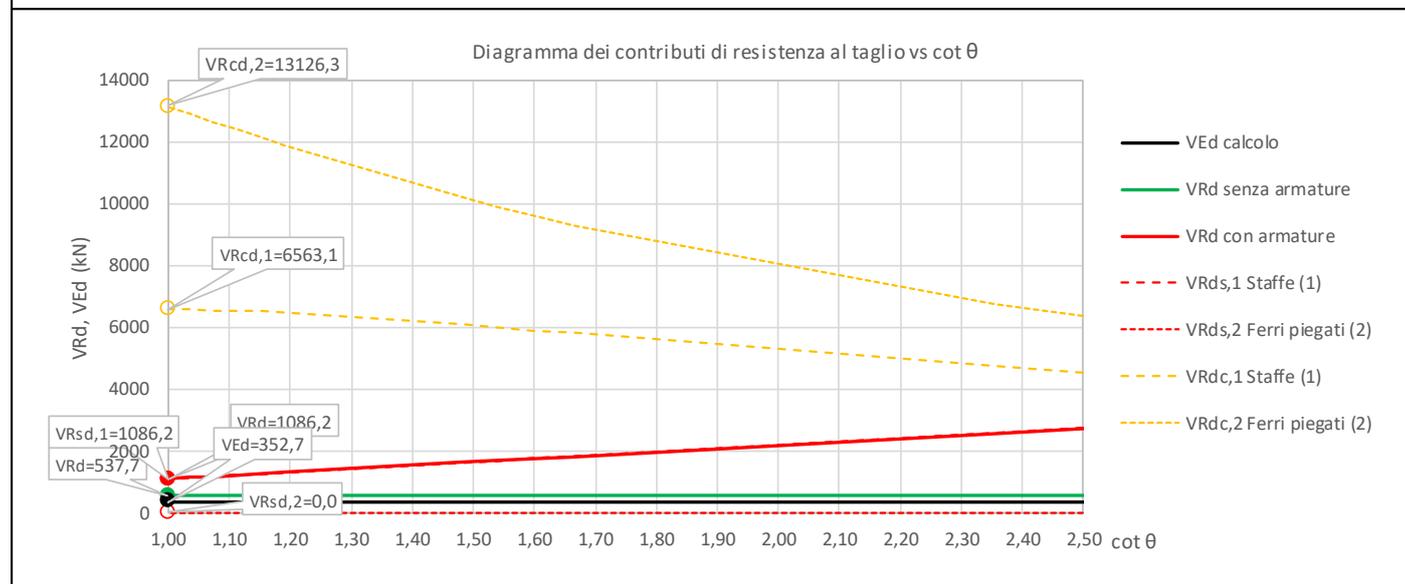
#### Sezione n° 2 - Sez base muro d'ala

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-214,920	-15,099	154,457	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLEF	-214,918	-15,098	154,457	0,0000	0,000	0,000	0,300	17

### 8.9.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio è stata condotta nei confronti delle sollecitazioni allo SLU, risultando queste le più sfavorevoli.

NOME: Muro d'ala - sezione di base CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)										Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO			
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$	
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)		
1,00	1,53	45,00	1,00	-309,8	352,7	872,6	33,20	18,81	1,50	
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
	31,42	0,15	1,36	0,20%	0,32	0,20	1,01	537,7	65,6%	<b>VERIFICA OK</b>

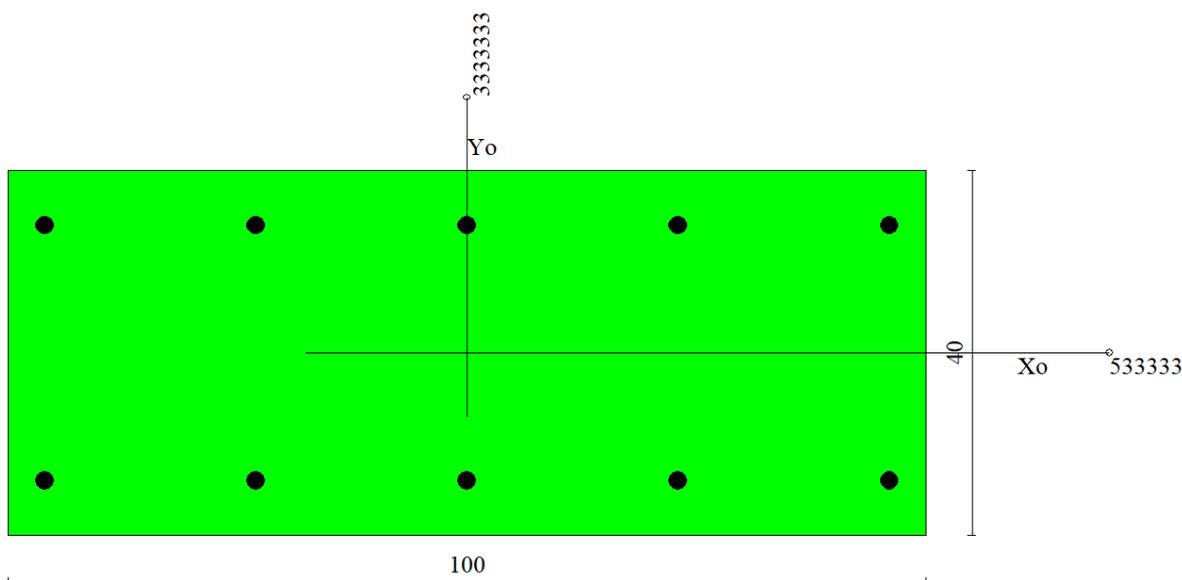


Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

## 8.10 Verifiche Paraghiaia

### 8.10.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 20/20$  nel lato teso e di  $\Phi 20/20$  nel lato compresso, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri in un metro. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Paraghiaia	
Tipo sezione	Rettangolare	
Base	100,0	[cm]
Altezza	40,0	[cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	4000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	3333333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	533333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 20,00$	[cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine	
N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
w	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	4,00	6,00	20	3,14
2	27,00	6,00	20	3,14
3	50,00	6,00	20	3,14
4	73,00	6,00	20	3,14

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 109 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

5	96,00	6,00	20	3,14
6	96,00	34,00	20	3,14
7	73,00	34,00	20	3,14
8	50,00	34,00	20	3,14
9	27,00	34,00	20	3,14
10	4,00	34,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mmq]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mmq]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mmq]
Modulo elastico E	205942,924	[N/mmq]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMB - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	95,2500	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	15,0000	20,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	95,2500	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	20,2500	7,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	90,0000	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	13,0100	6,7400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	90,0000	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	13,0100	6,7400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	70,5600	54,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
10	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
11	70,5600	54,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
12	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
13	56,6700	42,3000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
14	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
15	56,6700	42,3000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
16	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
17	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
18	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
19	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
20	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	110 di 165
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
9	11,47	0,00	(0,00; 28,53)	(100,00; 28,53)
10	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
11	11,47	0,00	(0,00; 28,53)	(100,00; 28,53)
12	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
13	11,54	0,00	(0,00; 28,46)	(100,00; 28,46)
14	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
15	11,54	0,00	(0,00; 28,46)	(100,00; 28,46)
16	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
17	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
18	-10000000,00	0,00	(-100,00; -10000000,00)	(100,00; -10000000,00)
19	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
20	-10000000,00	0,00	(-100,00; -10000000,00)	(100,00; -10000000,00)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Sc-max Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sc-min Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-max Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-min Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
tc Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	Sc-max	Sc-min	tc	Sf-max	Sf-min
9	3,162	0,000	0,000	22,622	-93,161
10	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
11	3,162	0,000	0,000	22,622	-93,161
12	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
13	2,442	0,000	0,000	17,591	-71,241
14	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
15	2,442	0,000	0,000	17,591	-71,241
16	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
17	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
18	0,034	0,000	0,000	0,503	0,503
19	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
20	0,034	0,000	0,000	0,503	0,503

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Nu Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
Mxu Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
Myu Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

Nu	Mxu	Myu	FS
<u>314,5493</u>	0,0000	<u>246,6859</u>	3,30
<u>8260,5698</u>	0,0000	74,7000	86,73
95,2500	0,0000	<u>213,5081</u>	2,86

#### Combinazione n° 2

Nu	Mxu	Myu	FS
<u>167,1214</u>	0,0000	<u>224,4997</u>	11,14
<u>8625,6086</u>	0,0000	20,1500	575,04
15,0000	0,0000	<u>201,0962</u>	9,98

Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
314,5493	0,0000	246,6859	3,30
<u>8260,5698</u>	0,0000	74,7000	86,73
95,2500	0,0000	<u>213,5081</u>	2,86

Combinazione n° 4

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
947,0847	0,0000	336,7412	46,77
<u>8710,6167</u>	0,0000	7,2000	430,15
20,2500	0,0000	<u>201,9127</u>	28,04

Combinazione n° 5

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
293,4154	0,0000	243,5348	3,26
<u>8260,5676</u>	0,0000	74,7000	91,78
90,0000	0,0000	<u>212,7007</u>	2,85

Combinazione n° 6

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
539,8788	0,0000	279,6912	41,50
<u>8713,6432</u>	0,0000	6,7400	669,77
13,0100	0,0000	<u>200,7867</u>	29,79

Combinazione n° 7

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
293,4154	0,0000	243,5348	3,26
<u>8260,5676</u>	0,0000	74,7000	91,78
90,0000	0,0000	<u>212,7007</u>	2,85

Combinazione n° 8

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
539,8788	0,0000	279,6912	41,50
<u>8713,6432</u>	0,0000	6,7400	669,77
13,0100	0,0000	<u>200,7867</u>	29,79

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
s <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
s <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
e	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	s <sub>f</sub>	s <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	e	S <sub>rm</sub>	w
13	0,0000	72,4718	-134,461	-11,280	973,95	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	72,4718	-134,461	-11,280	973,95	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
17	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
18	0,0000	0,0000	0,503	0,034	0,00	0,0000	0	0,0000
19	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
20	0,0000	0,0000	0,503	0,034	0,00	0,0000	0	0,0000

**Inviluppo verifiche tensionali**

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
----	-------------------

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    DivisionArchitecture	A	112 di 165
			Data Ott '23	

scc tensione di compressione nel cls espresso in [N/mmq]  
scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mmq]  
sct tensione di trazione nel cls espresso in [N/mmq]  
sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mmq]  
sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mmq]  
sf tensione limite nell'armatura espressa in [N/mmq]  
Comb. Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - Paragliaia

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	3,162	19,920	-7,865	3,099	-93,161	22,622	360,000	9
SLEQP	0,276	14,940	-0,488	3,099	-5,603	2,426	450,000	17
SLEF	2,442	33,200	-6,018	3,099	-71,241	17,591	450,000	13

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### Simbologia adottata

TC Tipo combinazione  
sf tensione nell'acciaio espresso in [N/mmq]  
sc tensione nel cls espresso in [N/mmq]  
Aeff Area efficace a trazione espresso in [cmq]  
Eps Deformazione espressa in [%]  
sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
Comb. Combinazione critica

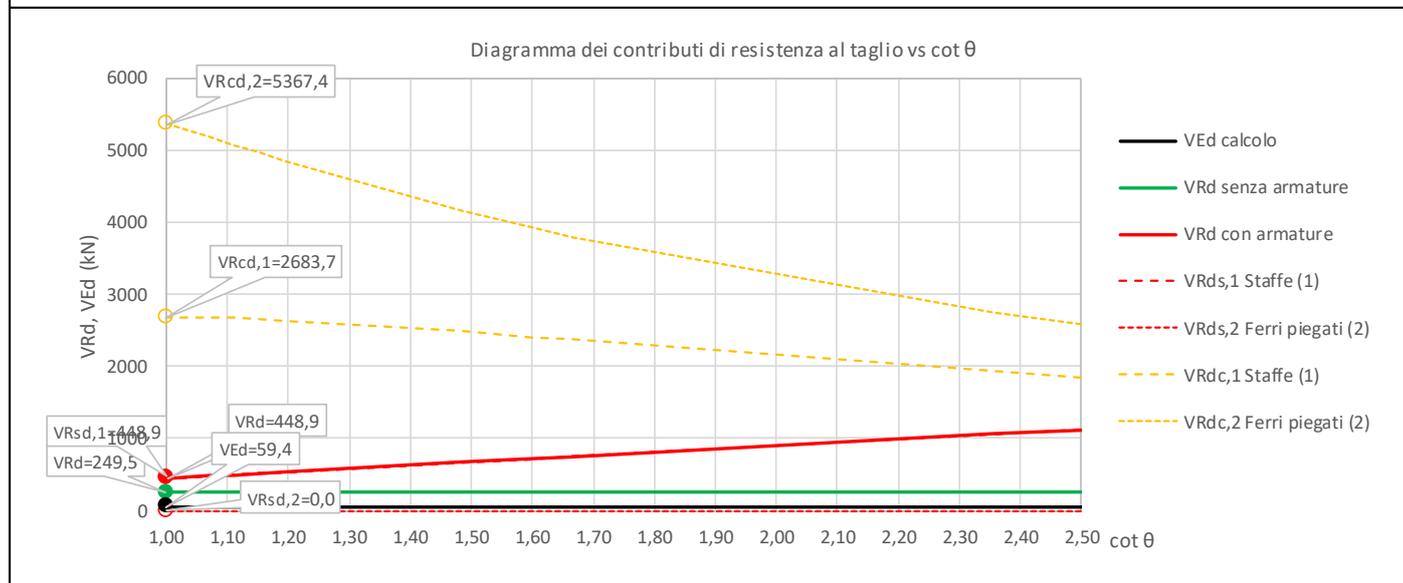
#### Sezione n° 1 - Paragliaia

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-141,376	-11,788	97,861	0,000	0,000	0,000	0,200	17
SLEF	-134,461	-11,280	95,514	0,000	0,000	0,000	0,300	13

### 8.10.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio è stata condotta nei confronti delle sollecitazioni allo SLU, risultando queste le più sfavorevoli.

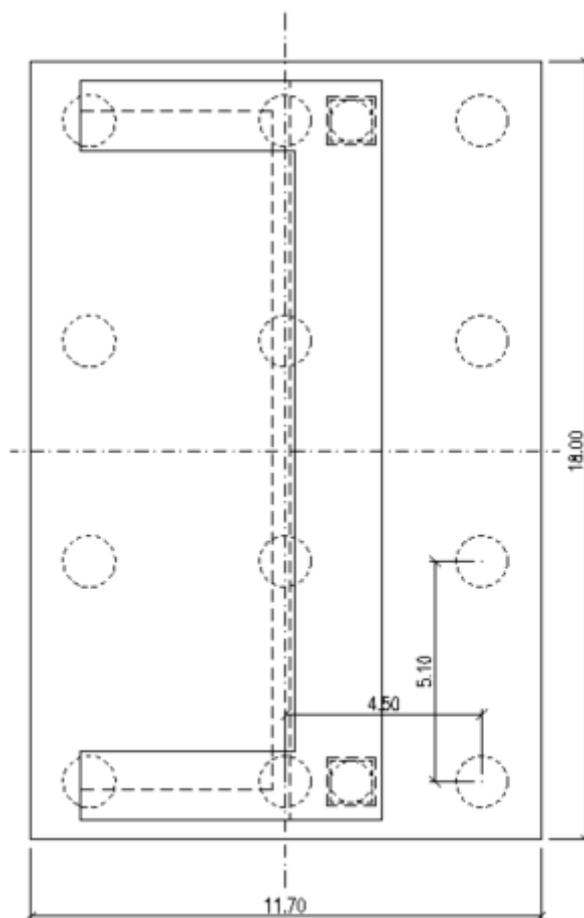
NOME: <b>Paraghiaia</b>	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b>	<b>AZIONI CALCOLO</b>	<b>CALCESTRUZZO</b>
$b_w$ $d$ $\theta$ $\cotg \theta$ (m)    (m)    (°)	$N_{Ed}$ $V_{Ed}$ $M_{Ed}$ (kN)    (kN)    (kNm)	$f_{ck}$ $f_{cd}$ $\gamma_c$ (MPa)    (MPa)
1,00    0,63    45,00    1,00	95,3    59,4    74,7	33,20    18,81    1,50
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$		
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )	$k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) (%)	$v_{min}$ $\sigma_{cp}$ $\alpha_c$ (MPa)    (MPa)
15,71	0,15    1,56    0,25%	0,39    0,00    1,00
		$V_{Rd}$ $V_{Ed}/V_{Rd}$ (kN)
		249,5 <b>23,8% VERIFICA OK</b>



CODIFICA DOCUMENTO T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 114 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	<b>sinergo</b> D_VA D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

### 8.11 Verifiche plinto fondazione

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo riportate al §10.7.3.

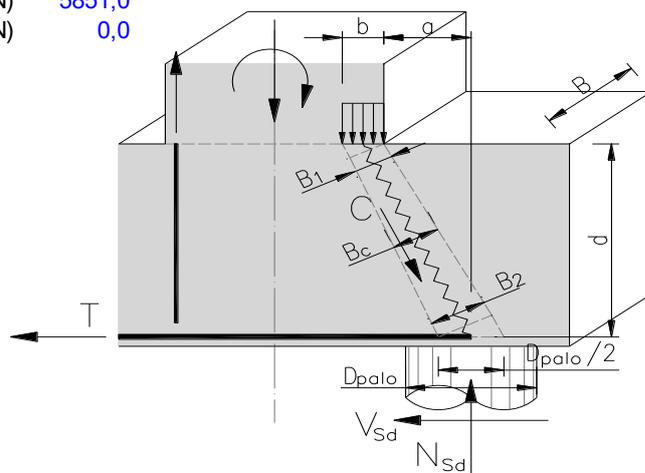


**Figura 7 – Schema pali**

### 8.11.1 Verifiche tirante - puntone (SLU, SLV)

Date le dimensioni del plinto di fondazione, esso si configura come un elemento tozzo per il quale è possibile condurre una verifica secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90. Si prevede un'armatura tesa al lembo inferiore di 1Φ26/20.

NOME: <b>Plinto P2</b>		VERIFICA ARMATURE PLINTO SU PALI		Rev. 00
<b>GEOMETRIA</b>		<b>MATERIALI</b>		<b>AZIONI</b>
D <sub>palo</sub> (m)	1,50	f <sub>yd</sub> (MPa)	391,3	N <sub>Ed</sub> (kN) <span style="color: blue;">5851,0</span>
a (m)	2,30	f <sub>cd</sub> (MPa)	20,47	V <sub>Ed</sub> (kN) <span style="color: blue;">0,0</span>
b (m)	0,49	v <sub>c</sub>	0,80	
d (m)	2,45	f <sub>cd</sub> * (MPa)	16,38	
B (m)	3,90			
<b>VERIFICA ARMATURA TESA</b>				
T (kN)	6073,4			
A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	20696			
σ <sub>s</sub> (MPa)	293,5	σ <sub>Ed</sub> /f <sub>yd</sub> <b>75,0% VERIFICA OK</b>		
<b>VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO</b>				
C (kN)	8433,29			
B <sub>1</sub> (m)	0,34			
B <sub>2</sub> (m)	0,51			
B <sub>c</sub> (m)	0,42			
σ <sub>c</sub> (MPa)	5,11	σ <sub>Ed</sub> /f <sub>cd</sub> <b>31,2% VERIFICA OK</b>		

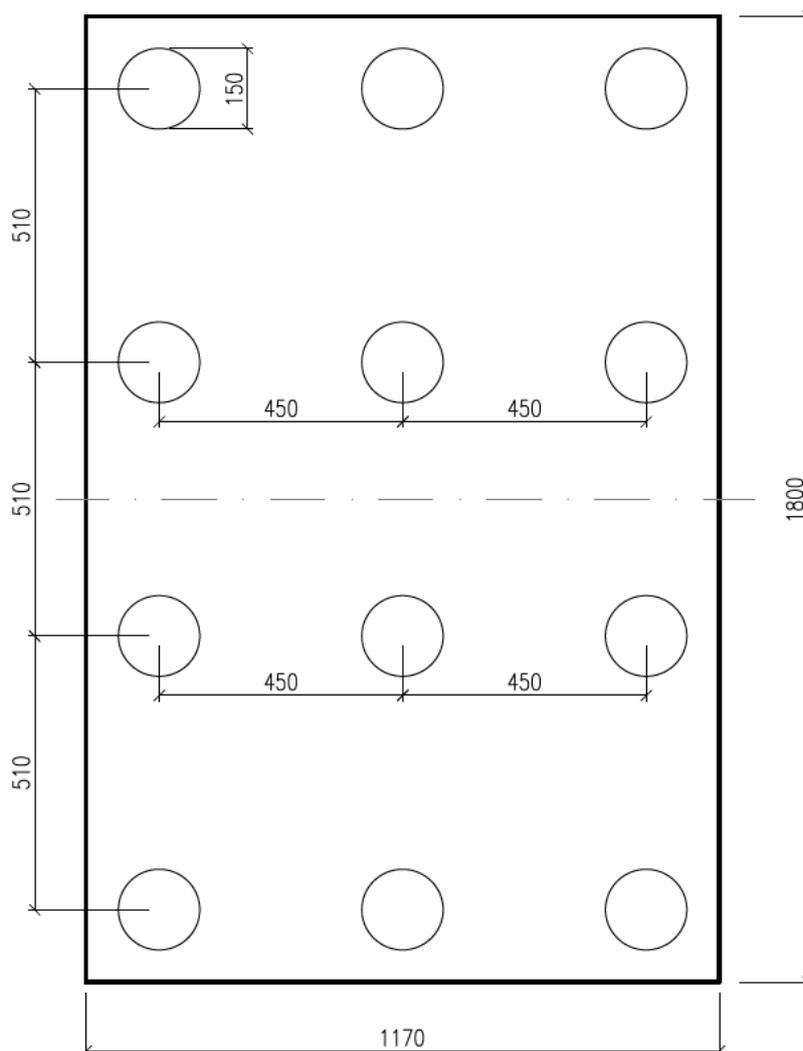


## 9 VERIFICHE DEI PALI DI FONDAZIONE PILE

Nel presente capitolo è riportato il dimensionamento dei pali di fondazioni delle pile del Viadotto Sieve 1. Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche di tali fondazioni, mentre nelle seguenti figure è mostrata la disposizione dei pali.

N° pila	Tipologia dei pali di fondazione	Numero	D [m]	L [m]
1	Pali trivellati	12	1.5	25
2	Pali trivellati	12	1.5	25
3	Pali trivellati	12	1.5	25
4	Pali trivellati	12	1.5	25
5	Pali trivellati	12	1.5	25
6	Pali trivellati	12	1.5	25

### Fondazione Pile 1, 2, 3, 4, 5 e 6



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	117 di 165
			Data Ott '23	

## 9.1 Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
  - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
  - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza dei pali;
  - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Ad eccezione della stabilità globale, le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle mostrate nel seguito.

*Azioni (coefficienti A):*

La seguente tabella riporta i fattori di sicurezza parziali da applicare alle azioni nelle diverse combinazioni di carico.

carichi	effetto	coefficiente parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

## 9.2 Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 118 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

Tipologia di palo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
Resistenza	R3	R3	R3
Base $\gamma_b$	1.15	1.35	1.3
Laterale in compressione $\gamma_s$	1.15	1.15	1.15
Laterale in trazione $\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25

### 9.3 Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali

Il valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza trasversale si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando il coefficiente parziale  $\gamma_R$  riportato in tabella.

<b>Coefficiente parziale (R3)</b>	$\gamma_t = 1.3$
-----------------------------------	------------------

### 9.4 Condizioni sismiche

Le verifiche di capacità portante dei pali in presenza di azioni sismiche consistono nel confronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze, nel rispetto della condizione  $E_d \leq R_d$  ponendo unitari i coefficienti amplificativi delle azioni e dei materiali e considerando i medesimi coefficienti di cui ai paragrafi 9.2 e 9.3 per le resistenze.

### 9.5 Capacità portante dei pali di fondazione

Nel seguito si riporta la procedura utilizzata per il calcolo della capacità portante verticale e orizzontale dei pali di fondazione.

#### 9.5.1 Capacità portante verticale

Il calcolo delle curve di capacità portante verticale dei pali è stato condotto in accordo con le NTC 2018, considerando i valori dei coefficienti parziali definiti per l'Approccio 2, combinazione A1+M1+R3 rispettivamente in condizioni statiche e sismiche.

La capacità portante ultima dei pali è stata valutata mediante la seguente espressione:

$$R_k = R_{c,k} + R_{b,k} - W$$

dove:

- $R_{c,k}$  capacità portante caratteristica per attrito laterale
- $R_{b,k}$  capacità portante caratteristica di punta
- $W$  peso del palo

La vigente normativa prevede di calcolare le resistenze caratteristiche  $R_{c,k}$  e  $R_{b,k}$  sopra menzionate a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri medi e minimi dei terreni, e opportunamente fattorizzate:

$$R_{c/b,k} = \min \left( \frac{R_{cal,media}}{\xi_3}; \frac{R_{cal,min}}{\xi_4} \right)$$

Le resistenze di calcolo, in condizione drenate e non drenate, sono state valutate mediante le seguenti espressioni:

Condizioni non drenate: 
$$R_{c,cal} = \sum (\alpha \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L)$$

$$R_{b,cal} = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 119 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	Data Ott '23		

Condizioni drenate:

$$R_{c,cal} = \sum (\alpha \cdot c + K \cdot p_0' \cdot \tan \delta) \cdot p \cdot \Delta L$$

$$R_{b,cal} = A_p \cdot [(q + L \cdot \gamma') \cdot N_q + c \cdot N_c]$$

dove:

- $\alpha$  coefficiente riduttivo dipendente dalle modalità di costruzione
- $c_u$  coesione non drenata
- $c$  coesione drenata
- $p$  perimetro palo
- $A_p$  area della base del palo
- $\Delta L$  lunghezza tratto omogeneo
- $p_0'$  pressione geostatica efficace a metà del tratto  $\Delta L$
- $K$  coefficiente di spinta laterale sul palo
- $\gamma'$  peso di volume efficace del terreno di fondazione
- $N_q, N_c$  coefficienti di capacità portante
- $L$  lunghezza del palo (limitata superiormente da un valore pari a 15 diametri)
- $\delta$  angolo d'attrito fra terreno e palo
- $q$  sovraccarico

Come si evince dalle formule sopra riportate, e in accordo con le prove sperimentali di Skempton, la capacità portante di punta  $R_{b,cal}$  in condizioni non drenate è stata calcolata trascurando il contributo del sovraccarico  $qN_q$ .

Da letteratura, sono stati assunti i seguenti valori:

$$\alpha = 0.5$$

$$K = 1 - \sin \phi \text{ (e comunque } K \leq 0.5)$$

$$\delta = 0.67\phi$$

L'aderenza laterale è stata limitata a 100 KPa.

La capacità portante di base in condizione drenate è stata limitata superiormente al relativo valore calcolato ad una profondità  $L$  pari a 15 volte il diametro del palo.

La vigente normativa prevede di calcolare le resistenze caratteristiche  $R_{c,k}$  e  $R_{b,k}$  sopra menzionate a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri medi e minimi dei terreni, e opportunamente fattorizzate:

$$R_{c/b,k} = \min \left( R_{cal,media} / \xi_3 ; R_{cal,min} / \xi_4 \right)$$

I coefficienti  $\xi$ , viceversa, assumono i valori riportati nella seguente tabella in funzione del numero di verticali indagate:

numero verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
$\xi_4$	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Data la presenza di una sola verticale di indagine per fondazione, è stato utilizzato un valore del fattore  $\xi$  pari a 1.7 (uguale sia per i parametri minimi che per i medi).

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 120 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

La capacità portante di progetto del singolo palo è stata valutata fattorizzando la capacità portante laterale  $R_{c,k}$  e la capacità portante di base  $R_{b,k}$  mediante i rispettivi coefficienti  $\gamma_{R3}$  per pali di tipo trivellato, definiti in precedenza.

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_s \quad \text{Capacità portante di progetto per attrito laterale in compressione}$$

$$R_{t,d} = R_{c,k} / \gamma_{st} \quad \text{Capacità portante di progetto per attrito laterale in trazione}$$

$$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_b \quad \text{Capacità portante di progetto di punta}$$

$$N_{Rd,c} = R_{c,d} + R_{b,d} - W \cdot \gamma_G \quad \text{Resistenza di progetto in compressione}$$

$$N_{Rd,t} = R_{t,d} + W \cdot \gamma_G \quad \text{Resistenza di progetto in trazione}$$

Dove  $W$  rappresenta il peso del palo.

Per il calcolo della capacità portante a compressione, il coefficiente parziale amplificativo del peso del palo ( $\gamma_G$ ) è stato assunto pari ad 1.3 nelle combinazioni STR e GEO e pari ad 1 nella combinazione SLV.

Per il calcolo della capacità portante a trazione  $N_{Rd,t}$  il coefficiente  $\gamma_G$  è stato assunto unitario in tutte le combinazioni.

Per la valutazione della capacità portante verticale dei micropali è stato considerato il solo contributo resistente laterale, valutato in modo analogo ai pali.

La verifica di capacità portante verticale risulta soddisfatta quando valgono le seguenti disequazioni:

- in caso di palo soggetto ad azione di compressione

$$N_{Rd,c} \geq |N_{Ed}|$$

- in caso di palo soggetto ad azione di trazione

$$N_{Rd,t} \geq |N_{Ed}|$$

dove  $N_{Rd,c}$  e  $N_{Rd,t}$  sono rispettivamente le resistenze di progetto a compressione e a trazione del palo mentre  $N_{Ed}$  è l'azione assiale sollecitante in testa al palo.

### 9.5.2 Capacità portante orizzontale

La verifica di capacità portante orizzontale è stata effettuata, mediante lo svolgimento di un'analisi numerica, con l'ausilio del software Flac 3D, atta allo studio di un singolo palo soggetto a un carico orizzontale in testa. Tale carico è stato definito, come meglio descritto nel seguito, considerando il valore del massimo taglio trasmesso dalla fondazione alla testa del micropalo (considerando tutte le possibili combinazioni di carico studiate per il dimensionamento della struttura della pila) e amplificandolo per i coefficienti di normativa  $\xi = 1.7$  e  $\gamma_R = 1.3$ .

La verifica risulta soddisfatta nel momento in cui, modellando gli elementi strutturali che costituiscono il palo mediante un legame costitutivo elastico – perfettamente plastico e fissando il valore del momento plastico pari al valore momento resistente di progetto del palo, l'analisi numerica raggiunge la convergenza.

La convergenza dell'analisi risulta possibile nel momento in cui non si verificano i seguenti meccanismi di rottura:

- Meccanismo di palo corto: il palo trasla rigidamente;
- Meccanismo di palo intermedio: si genera una cerniera plastica in testa al palo e quest'ultimo ruota rigidamente;

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	121 di 165
			Data Ott '23	

- Meccanismo di palo lungo: si generano due cerniere plastiche (di cui una in testa al palo) e lo spezzone di palo compreso tra esse ruota rigidamente.

## 9.6 Valutazione delle azioni nei pali di fondazione

Le azioni su ciascun palo di fondazione vengono valutate sotto le ipotesi di:

- platea rigida;
- vincolo di incastro tra pali e platea;
- interazione fra i pali trascurabile (in quanto disposti a una distanza misurata con riferimento all'asse del palo pari ad almeno tre volte il diametro, come suggerito in letteratura);
- rotazione della platea e della testa dei pali impedita.

### 9.6.1 Procedura di calcolo

Per definire le azioni nei pali è stata seguita la seguente procedura di calcolo:

1. Sono state considerate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio delle pile. In particolare, le sollecitazioni alla base della fondazione sono fornite nelle seguenti sei componenti: carico verticale, taglio e momento flettente nelle direzioni x e y e momento torcente. Mediante le formulazioni analitiche semplificate di seguito riportate è possibile calcolare le massime sollecitazioni in testa ai pali in termini di azione assiale e taglio e definire di conseguenza le combinazioni di carico dimensionanti. Tali combinazioni sono quelle che massimizzano rispettivamente l'azione assiale e il taglio.

$$N_i = \frac{N}{n} + \left[ \frac{(M_x + \sum M_{tix}) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \right] - \left[ \frac{(M_y + \sum M_{tiy}) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \right]$$

$$V_{x,i} = \frac{V_x}{n}$$

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{n}$$

Dove, considerando un sistema di riferimento XYZ destrorso avente origine nel baricentro della palificata, asse x longitudinale al viadotto, asse y trasversale al viadotto e asse z rivolto verso l'alto, risultano:

- n, numero di pali;
  - N, azione assiale all'intradosso della platea di fondazione;
  - $M_x$ , momento sulla palificata attorno all'asse x;
  - $M_y$ , momento sulla palificata attorno all'asse y;
  - $M_{tix}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse x;
  - $M_{tiy}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse y;
  - $x_i$ , distanza dall'asse y baricentrico della palificata;
  - $y_i$ , distanza dall'asse x baricentrico della palificata;
  - $V_x$ , taglio sulla palificata in direzione x;
  - $V_y$ , taglio sulla palificata in direzione y;
  - $V_{x,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione x;
  - $V_{y,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione y.
2. Per definire le componenti del momento flettente in testa al singolo palo ( $M_{tix}$  e  $M_{tiy}$ ) utilizzate nell'espressione per il calcolo di  $N_i$ , di cui al punto precedente, e per ottenere l'andamento delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) lungo lo sviluppo del palo, sono state effettuate delle analisi numeriche con l'ausilio del software Flac 3D, studiando il singolo palo caricato in testa dalla forza di taglio precedentemente ricavata.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	122 di 165
			Data Ott '23	

In particolare:

- a. Per ottenere le azioni in testa ai pali  $N_i$ , necessarie sia per effettuare le verifiche di capacità portante verticale dei pali, sia per dimensionare strutturalmente le platee di fondazione, nelle analisi Flac è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari all'azione di taglio ricavata dalla combinazione di carico che fornisce la massima azione assiale in testa al palo; quest'ultima ottenuta senza considerare il rispettivo contributo aggiuntivo dovuto al vincolo di incastro che genera un momento flettente in testa al palo.
  - b. Per valutare le sollecitazioni lungo il fusto del palo, nelle analisi numeriche, è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari alla massima azione di taglio ottenuta considerando tutte le possibili combinazioni di carico sulla platea.
3. Per effettuare la verifica geotecnica di capacità portante orizzontale, nelle analisi numeriche è stato considerato il carico in testa al palo di cui al precedente punto b amplificandolo per i coefficienti di normativa di cui al Paragrafo 9.5.2.

## 9.7 Analisi numeriche – fondazioni su pali di grande diametro

Nel seguito sono riportati i dati di input e i risultati delle analisi numeriche nonché le verifiche geotecniche e strutturali validi per i pali di fondazione delle pile 1, 2, 3, 4, 5 e 6 del Viadotto Sieve 1.

### 9.7.1 Configurazioni di studio e dati di input delle analisi

In Appendice, al Capitolo 10, sono riportate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio di ciascuna delle pile del Viadotto Sieve 1, agenti all'intradosso delle rispettive platee di fondazione.

Le analisi sono state svolte considerando, cautelativamente, gli scarichi sulla pila 2, la quale risulta maggiormente caricata.

Con riferimento alle tabelle riportate in Appendice al Capitolo 10, le due configurazioni di carico all'intradosso del plinto di fondazione considerate nelle analisi numeriche risultano essere la numero 5 (che massimizza il carico verticale) e la numero 52 (che massimizza il taglio in testa al palo).

Combinazione numero	Output case	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
5	SLU_5	210	1000	59990	-35720	-2360	170
52	SLV_4	-4400	-1110	39510	-7730	-23230	-200

Di seguito si riportano le indicazioni sulla stratigrafia di calcolo utilizzata nelle analisi.

Formazione	z [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi$ [deg]	E [MPa]
bn	3.5	18	21	5	35	26
ACC-alt	19.5	20	21	7	23	58
ACC	-	21	22	40	30	80

Nella tabella la profondità z è misurata a partire dalla quota di intradosso della platea di fondazione.

Nelle analisi è stato considerato un sovraccarico pari a 81 kPa, dovuto alla presenza di circa 4.5 m di terreno (formazione bn con  $\gamma_n = 18$  kN/m<sup>3</sup>) al di sopra della quota di imposta dei pali.

La falda è stata considerata alla quota di imposta dei pali.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del palo considerate nelle analisi.

Dimetro [m]	1.5
-------------	-----

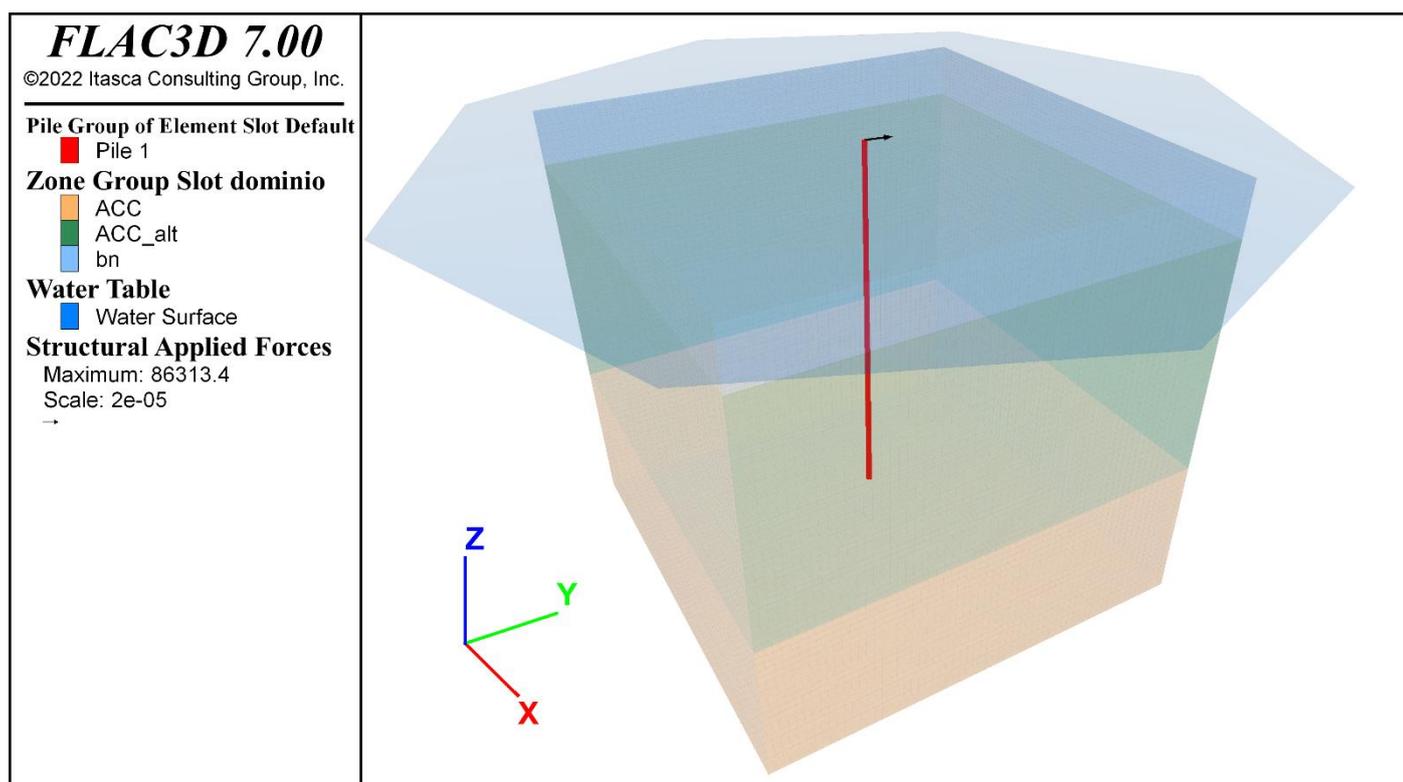
CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STZMA</b> S.p.A. s.r.l.	A	123 di 165
			Data Ott '23	

Momento di inerzia x [m <sup>4</sup> ]	0.2485
Momento di inerzia y [m <sup>4</sup> ]	0.2485
Momento di inerzia polare [m <sup>4</sup> ]	0.4970
Lunghezza [m]	25
Rigidezza dell'interfaccia - molle ortogonali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Rigidezza dell'interfaccia - molle tangenziali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Momento plastico [kNm]	3000

Di seguito si riporta un'immagine con la vista del modello di calcolo realizzato con il software Flac 3D.

Il modello numerico presenta una geometria cubica con lato 30 m e gli elementi della mesh sono anch'essi cubici con lato 0.5 m.

In sommità al palo è applicato un vincolo che impedisce la rotazione, in tal modo è possibile simulare l'incastro fra la testa del palo e la platea di fondazione.



### 9.7.2 Risultati delle analisi numeriche

Considerando le combinazioni di carico identificate al paragrafo precedente, sono state effettuate le analisi considerando le seguenti tre configurazioni di carico orizzontale in testa al palo:

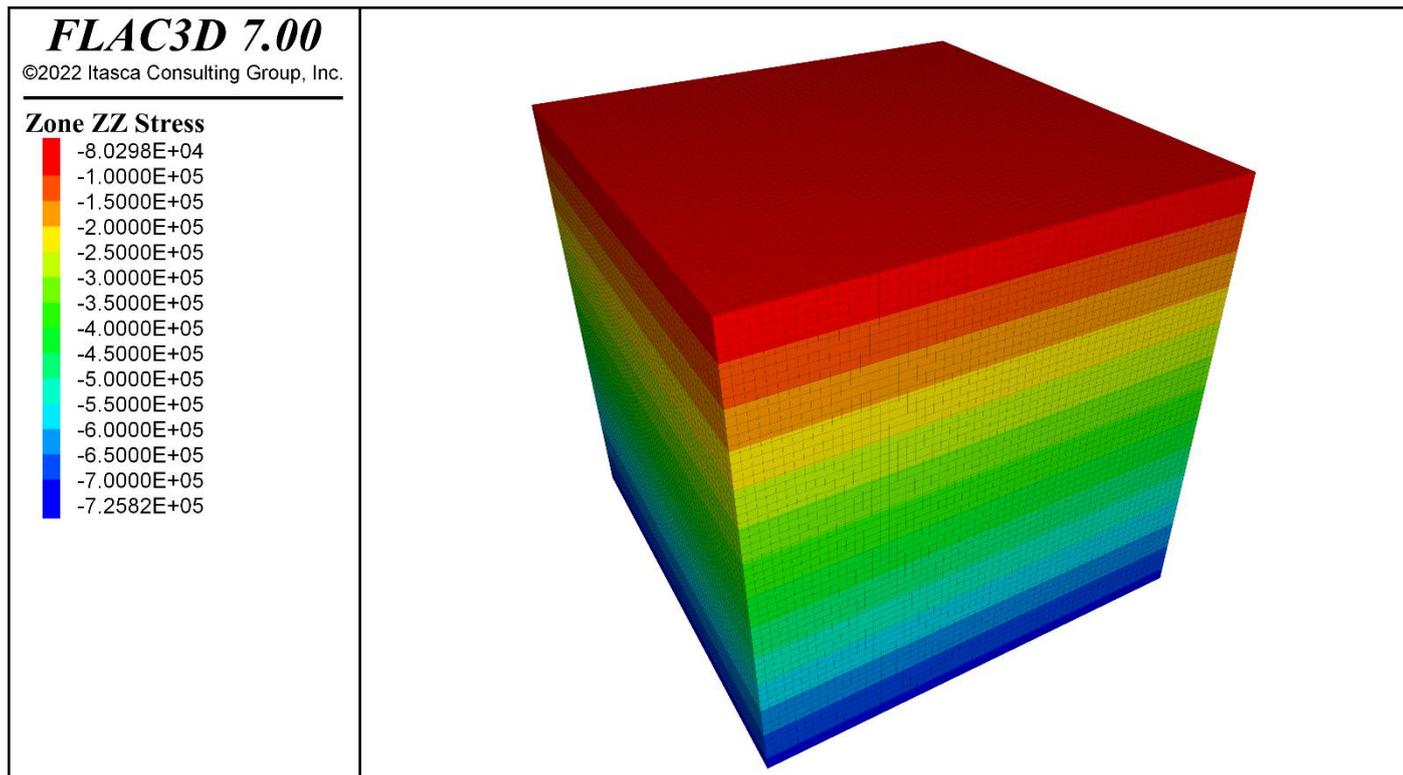
1. Taglio in testa al palo ricavato dalla combinazione 5, che massimizza l'azione assiale in testa al palo:  $T_N = 86$  kN ( $T_{x,N} = 15$  kN;  $T_{y,N} = 85$  kN).
2. Taglio massimo in testa al palo per effettuare le verifiche strutturali, fornito dalla combinazione 52:  $T_{max} = 381$  kN ( $T_{x,max} = 369$  kN;  $T_{y,max} = 94$  kN).

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 124 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STREVA</b> S.p.A. s.r.l.	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> <small>DIVISIONArchitecture</small>	
				Data Ott '23

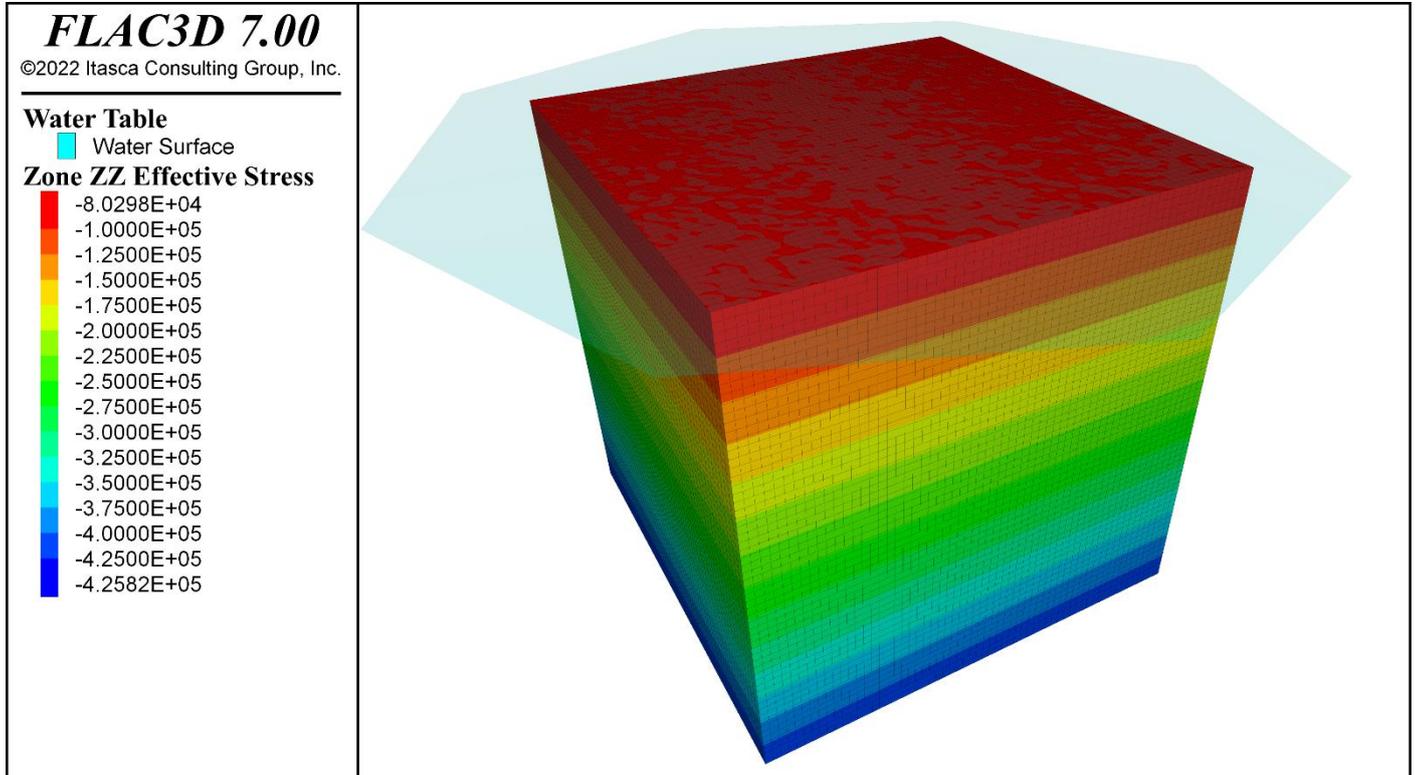
3. Taglio in testa al palo per effettuare la verifica geotecnica a capacità portante orizzontale, come descritto al Paragrafo 9.5.2, ottenuto amplificando il valore del taglio massimo di cui al punto precedente:  $T_H = 842$  kN ( $T_{x,H} = 815.5$  kN;  $T_{y,H} = 207.7$  kN).

Di seguito si riportano le immagini dei risultati.

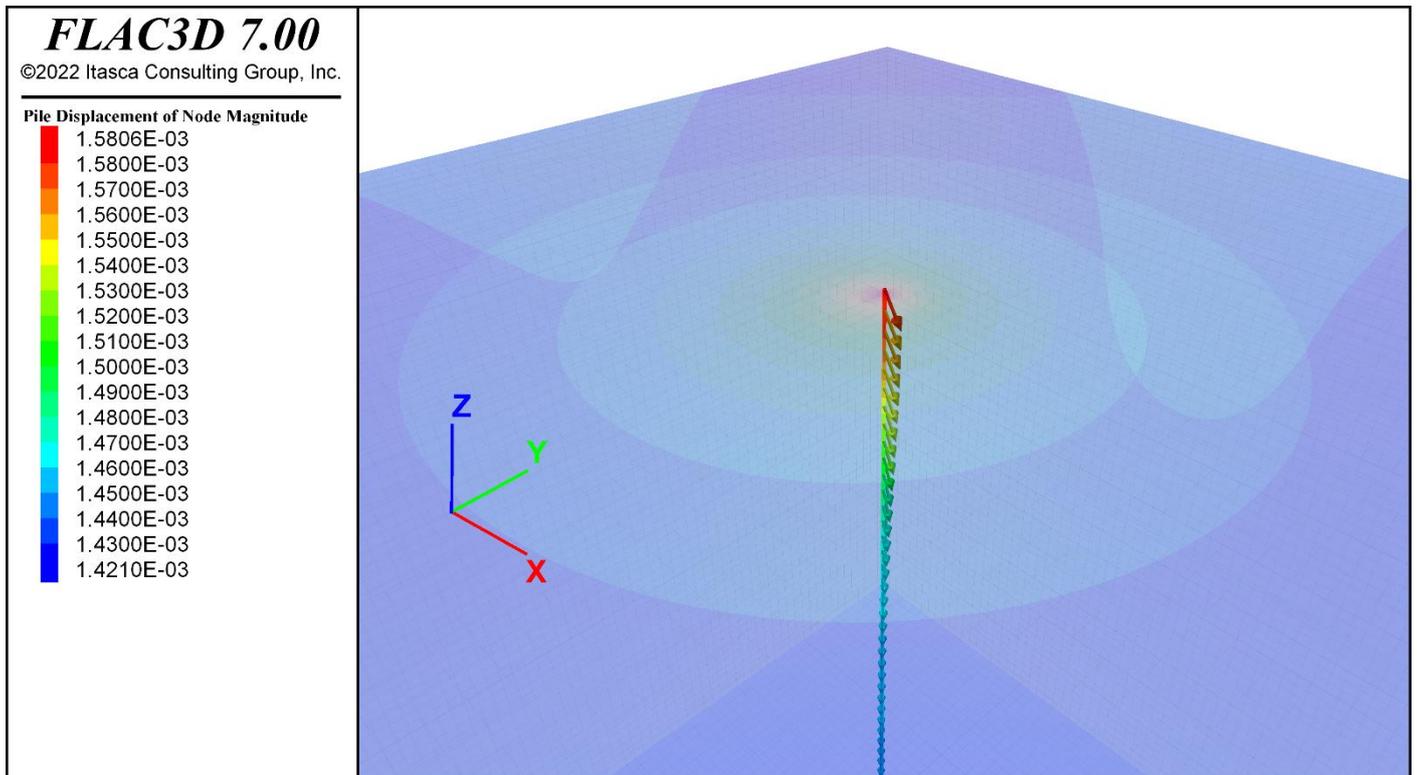
**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi totali)**



**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi efficaci)**

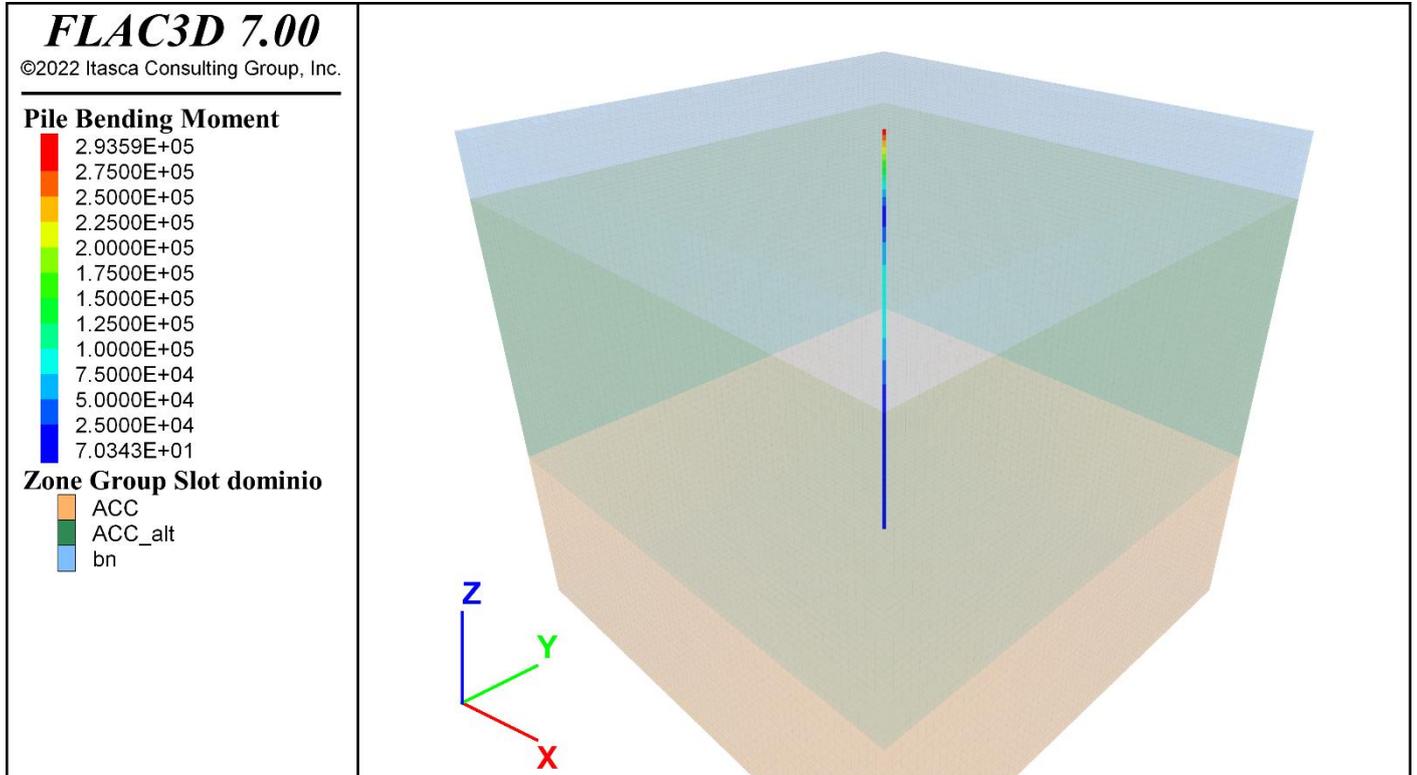


**Spostamento orizzontale del palo – Configurazione 1**

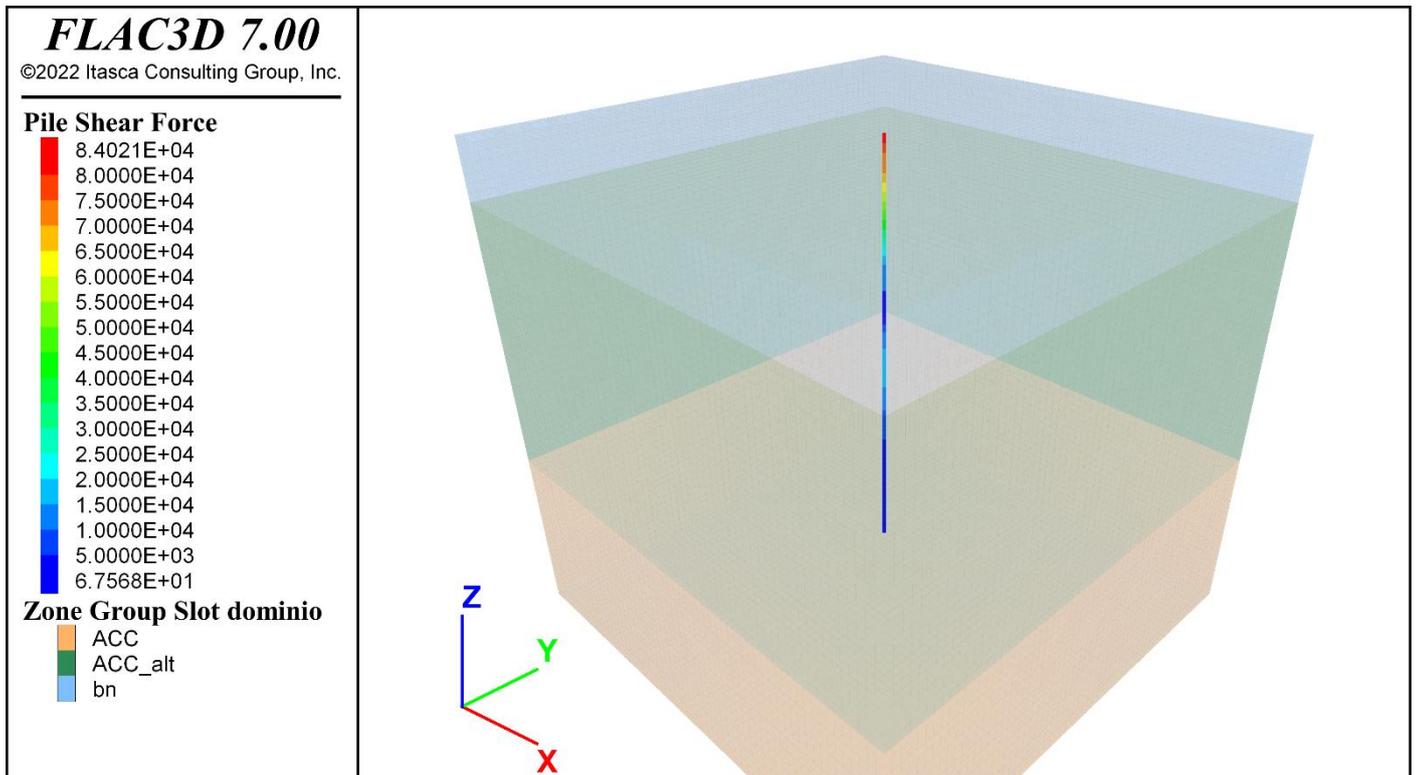


CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		MANDANTI <b>ENTAVIA</b> S.p.A.	sinergo	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	REV. <b>A</b>	FOGLIO 126 di 165
							Data Ott '23

### Momento flettente nel palo – Configurazione 1

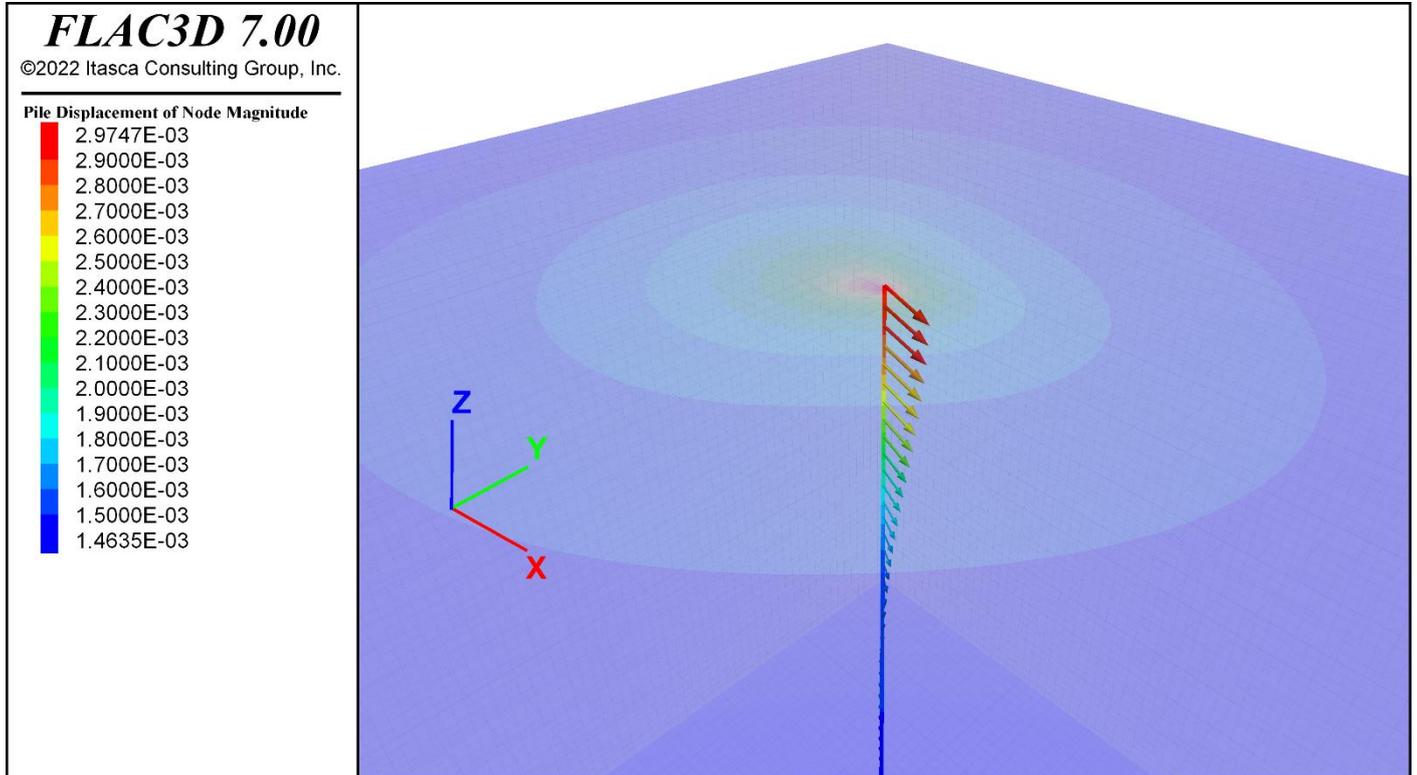


### Azione di taglio nel palo – Configurazione 1

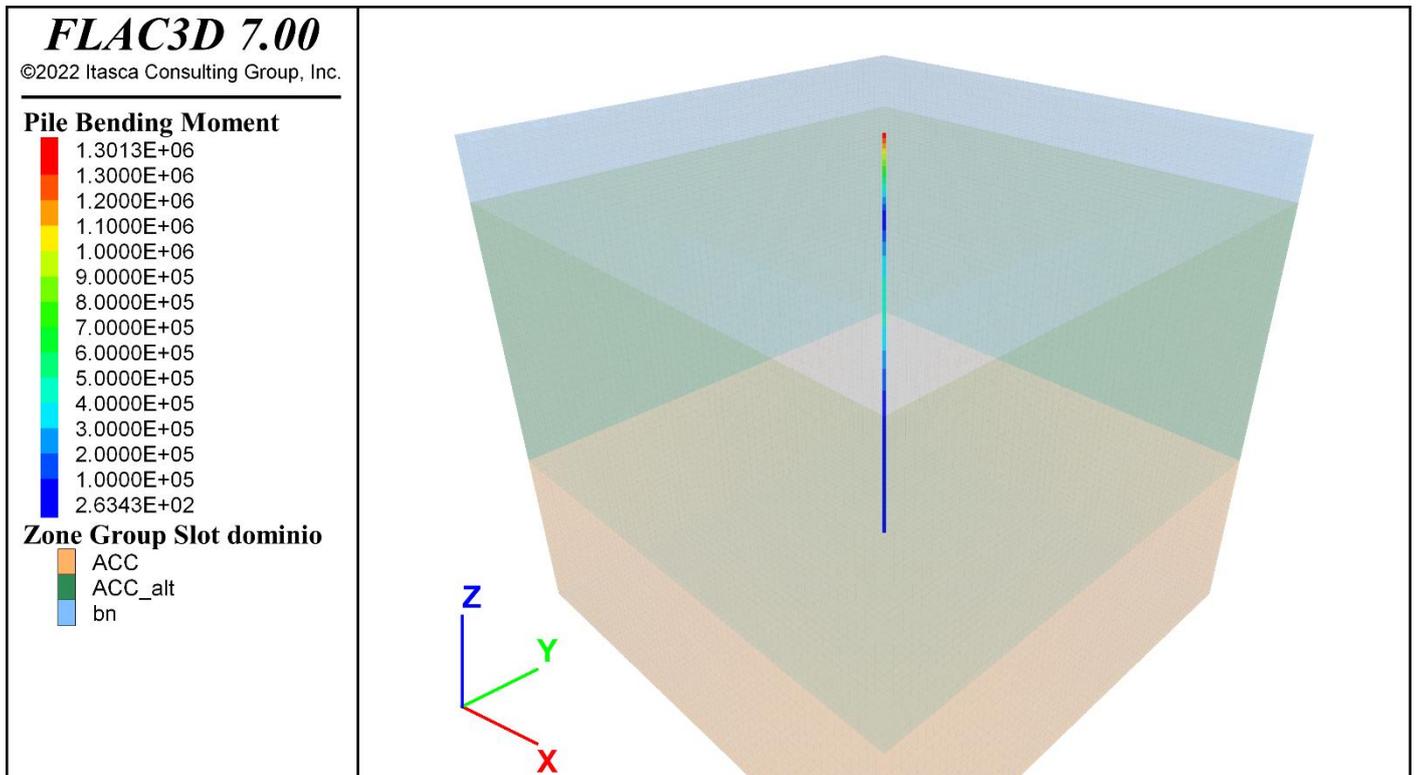


CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		MANDANTI  <b>ZITAZIA</b> <small>INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE</small>	 <b>sinergo</b>	 <b>D_VA</b> <small>DIVISIONArchitecture</small>	REV. <b>A</b>	FOGLIO 127 di 165
	Data Ott '23						

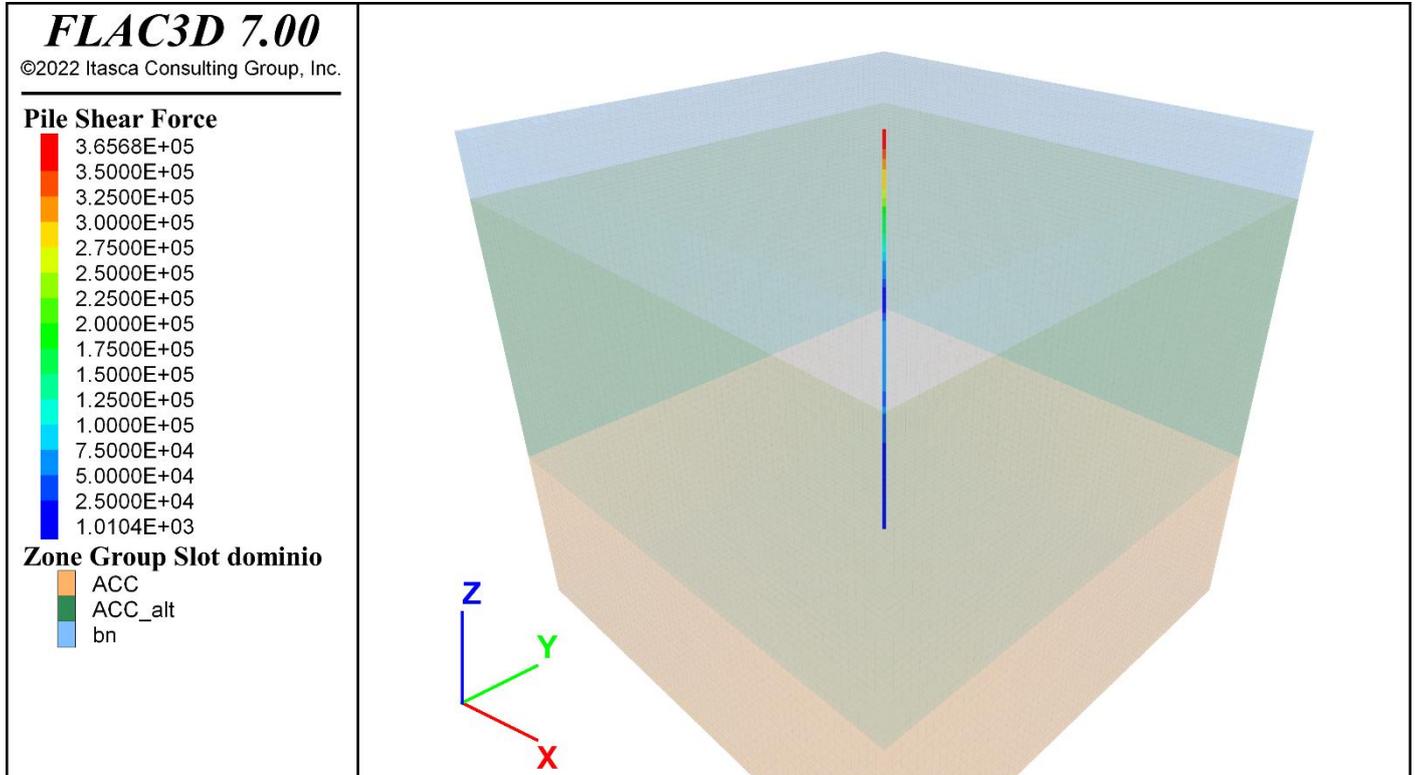
### Spostamento orizzontale del palo – Configurazione 2



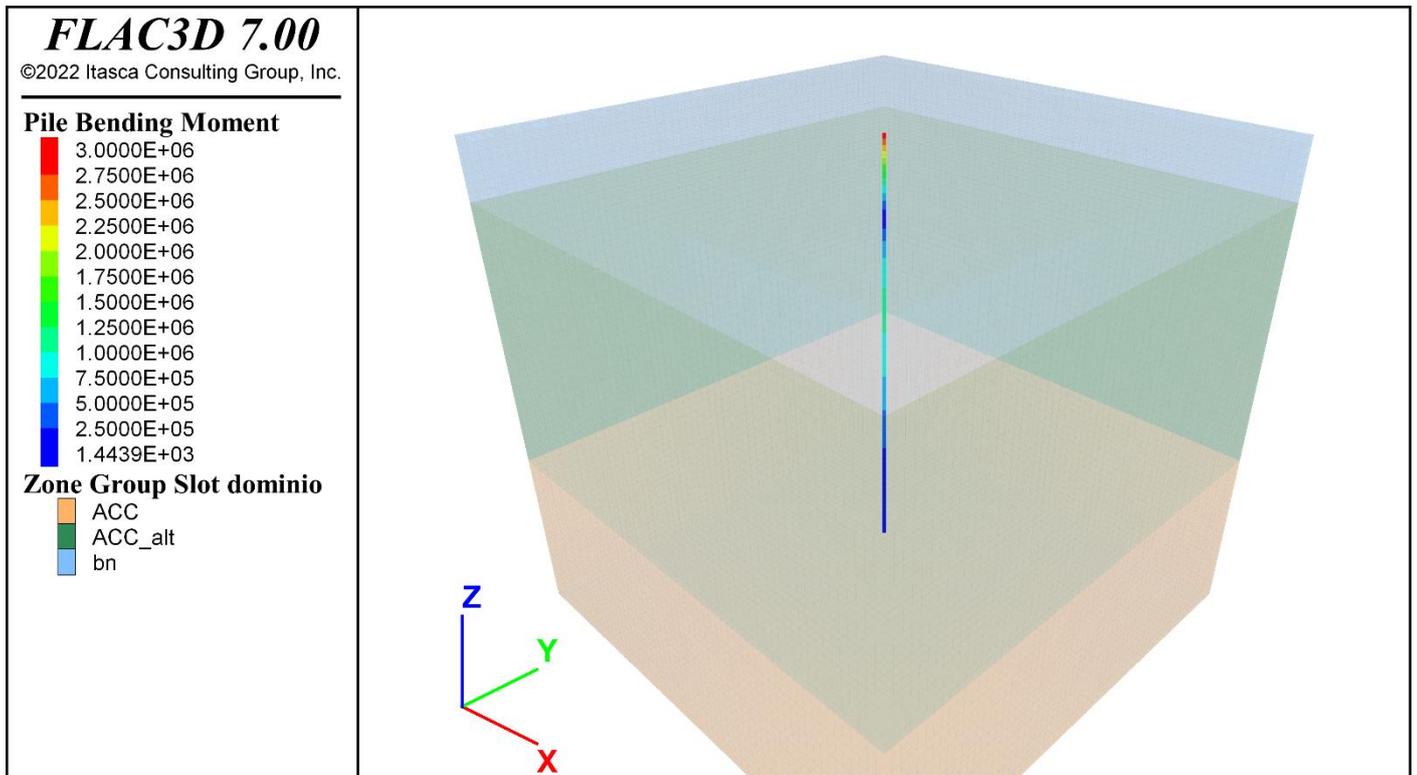
### Momento flettente nel palo – Configurazione 2



### Azione di taglio nel palo – Configurazione 2



### Momento flettente nel palo – Configurazione 3



CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETAZVA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTE	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture
			Data Ott '23	

### 9.7.3 Definizione dei carichi verticali in testa ai pali

Seguendo la procedura di calcolo descritta al Paragrafo 9.6.1 e considerando il valore del momento flettente massimo in testa al palo ( $M = 293 \text{ kNm}$ ) fornito dall'analisi in configurazione 1, è possibile valutare l'incremento di azione assiale da utilizzare per ottenere i carichi verticali in testa ai pali.

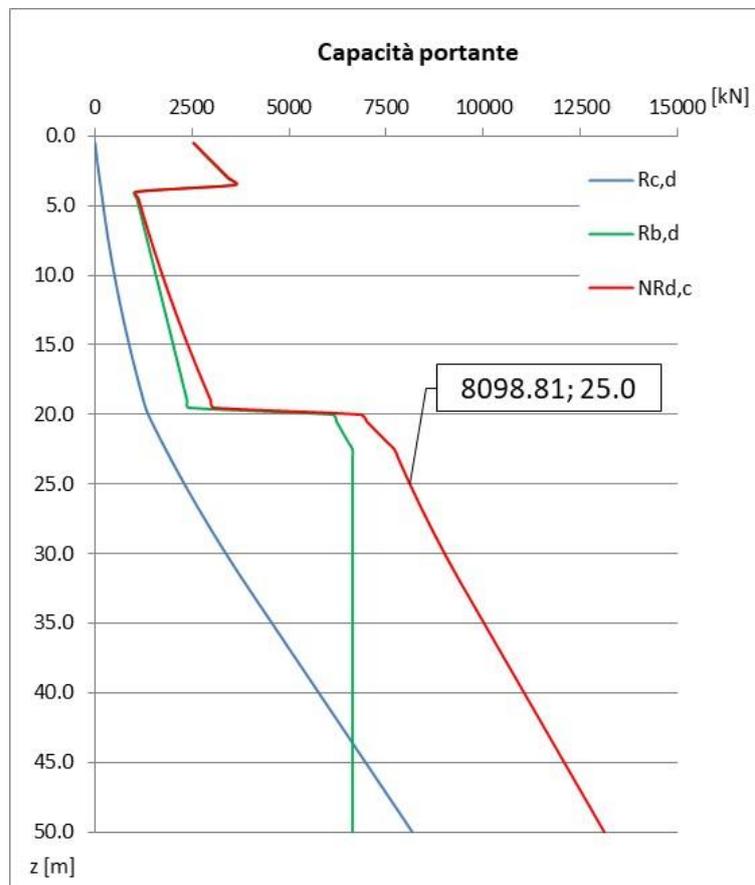
Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Pile 1, 2, 3, 4, 5 e 6				Combinazione:							5
PALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al palo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	-4.5	7.65	8.9	19.9	84.7	87.0	-85.0	-197.0	4364.3	45.7	4410.0
2	0	7.65	7.7	19.9	83.3	85.7	-85.0	-197.0	4298.8	-20.0	4278.8
3	4.5	7.65	8.9	19.9	81.9	84.3	-85.0	-197.0	4233.2	-85.7	4147.6
4	-4.5	2.55	5.2	18.3	84.7	86.7	-85.0	-197.0	4831.3	59.0	4890.3
5	0	2.55	2.6	18.3	83.3	85.3	-85.0	-197.0	4765.7	-6.7	4759.0
6	4.5	2.55	5.2	18.3	81.9	84.0	-85.0	-197.0	4700.1	-72.3	4627.8
7	-4.5	-2.55	5.2	16.7	84.7	86.4	-85.0	-197.0	5298.2	72.3	5370.5
8	0	-2.55	2.6	16.7	83.3	85.0	-85.0	-197.0	5232.6	6.7	5239.3
9	4.5	-2.55	5.2	16.7	81.9	83.6	-85.0	-197.0	5167.1	-59.0	5108.1
10	-4.5	-7.65	8.9	15.1	84.7	86.1	-85.0	-197.0	5765.1	85.7	5850.8
11	0	-7.65	7.7	15.1	83.3	84.7	-85.0	-197.0	5699.6	20.0	5719.6
12	4.5	-7.65	8.9	15.1	81.9	83.3	-85.0	-197.0	5634.0	-45.7	5588.3

### 9.7.4 Verifiche del palo

#### 9.7.4.1 Verifiche di capacità portante verticale

Considerando i risultati di cui al Paragrafo 9.7.3, il massimo carico verticale  $N_{Ed}$  risulta essere pari a 5588.3 kN. La capacità portante verticale, valutata secondo la formulazione descritta al Paragrafo 9.5.1, può essere ricavata dal seguente grafico (che mostra il valore della capacità portante del palo in funzione della lunghezza), considerando una lunghezza del palo di 25 m.



La capacità portante verticale per un palo di lunghezza 25 m risulta essere pari a 8098.8 kN.

La verifica a capacità portante verticale risulta soddisfatta in quanto:

$$N_{Rd,c} = 8098.8 \text{ kN} \geq 5588.3 \text{ kN} = |N_{Ed}|$$

#### 9.7.4.2 Verifica di capacità portante orizzontale

La verifica a capacità portante orizzontale può essere considerata soddisfatta in quanto l'analisi numerica nella configurazione 3, che tiene conto del carico orizzontale massimo in testa al palo, amplificato per i coefficienti di normativa di riduzione delle resistenze, risulta raggiungere l'equilibrio senza che si verifichi nessuno dei cinematismi di collasso di cui al Paragrafo 9.5.2; in caso contrario, l'analisi numerica non riuscirebbe a convergere.

#### 9.7.4.3 Verifiche strutturali del palo

Di seguito si riporta il calcolo del momento e del taglio resistente del palo, realizzato con calcestruzzo con classe C32/40, il quale risulta armato mediante 58  $\phi$  26 longitudinali e una spirale  $\phi$  14 con passo 30 cm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 75 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 25  
 Diametro barre: 2.6 [cm]  
 Coprifero (baric.): 10 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Materiali**  
**B450C** **C30/37**

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 17 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8 [?]   
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11.5  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0.6933  
 τ<sub>c1</sub>: 2.029

σ<sub>c</sub>: -17 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 14.27 ‰  
 d: 139.5 cm  
 x: 27.47 x/d: 0.1969  
 δ: 0.7

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett: 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

**VERIFICHE A TAGLIO SECONDO D.M. 17/01/2018**

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	<b>R<sub>ck</sub></b> = 40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	<b>f<sub>ck</sub></b> = 33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	<b>f<sub>cd</sub></b> = 18.81 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	<b>f<sub>yd</sub></b> = 391.30 N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	<b>V<sub>Ed</sub></b> = 293.00 kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V <sub>Ed</sub>	<b>N (V<sub>Ed</sub>)</b> = 0.00 kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V <sub>Ed</sub>	<b>M (V<sub>Ed</sub>)</b> = 0.00 kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	<b>d</b> = 1091 mm
Larghezza minima della sezione	<b>b<sub>w</sub></b> = 1350 mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	<b>∅</b> = 26 mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	<b>n</b> = 25 --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	<b>A<sub>st</sub></b> = 13275 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	<b>ρ<sub>l</sub></b> = 0.0090 --

**VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO**

**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	<b>α</b> = 79 °
Diametro ferri a taglio	<b>∅<sub>sw</sub></b> = 14 mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	<b>n<sub>sw</sub></b> = 2 --
Passo in direzione asse elemento	<b>s</b> = 300 mm
Area totale di armatura a taglio	<b>A<sub>sw</sub></b> = 308 mm <sup>2</sup>

**Fattori di resistenza a compressione:**

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.30 < 9.58 SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	<b>θ</b> = 22.00 °
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	<b>f'<sub>cd</sub></b> = 9.41 N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione	<b>σ<sub>cp</sub></b> = 0.00 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrane compresse	<b>α<sub>c</sub></b> = 1.00 --

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura: **V<sub>Rsd</sub>** = 1033.67 kN  
 Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls: **V<sub>Rcd</sub>** = 4671.03 kN  
**Resistenza ultima a taglio**: **V<sub>Rd</sub>** = 1033.67 kN

**VERIFICA SODDISFATTA.**

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto i valori resistenti di progetto di momento e taglio superano i valori sollecitanti.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE  MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.  MANDANTI  <b>CITAZIA</b> s.r.l. INGEGNERIA - VALUTAZIONE AMBIENTALE   <b>sinergo</b>   <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture		REV.  A	FOGLIO  132 di 165  Data  Ott '23
--	---	--	---------------	---

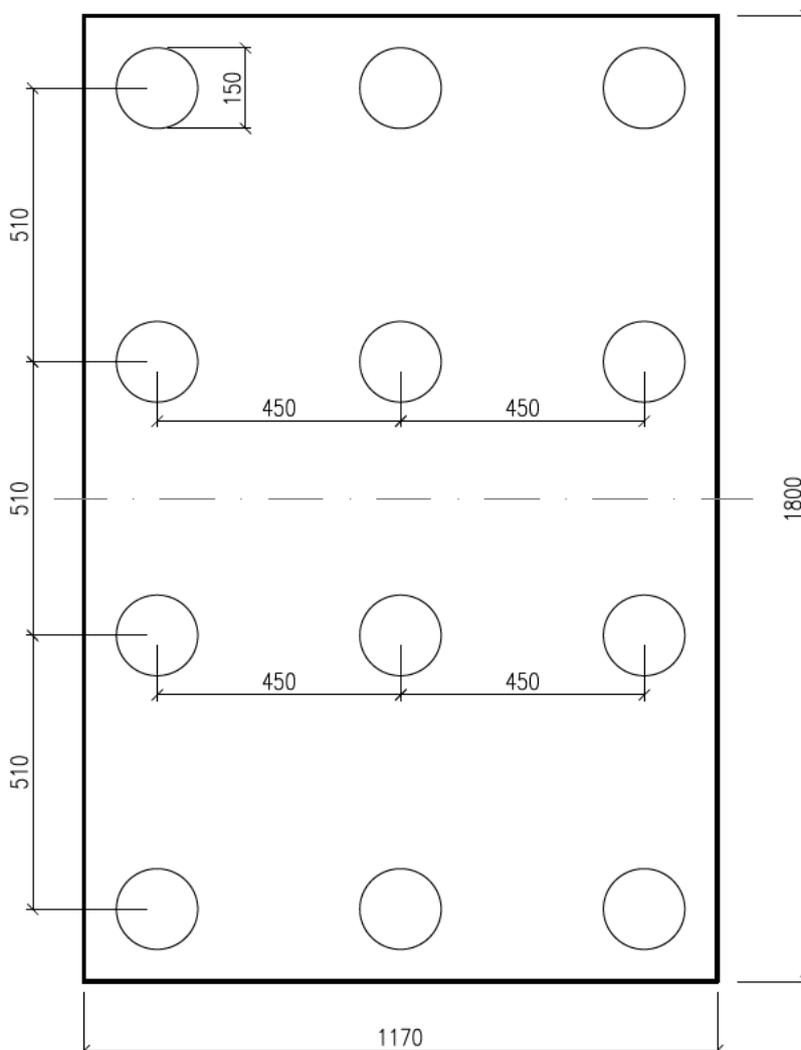
CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE  MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.  MANDANTI  <b>CITAZIA</b> s.r.l. INGEGNERIA - VALUTAZIONE AMBIENTALE   <b>sinergo</b>   <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture		REV.  A	FOGLIO  133 di 165  Data  Ott '23
--	---	--	---------------	---

## 10 VERIFICHE DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLE

Nel presente capitolo è riportato il dimensionamento dei pali di fondazioni delle spalle del Viadotto Sieve 1. Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche di tali fondazioni, mentre nelle seguenti figure è mostrata la disposizione dei pali.

N° spalla	Tipologia dei pali di fondazione	Numero	D [m]	L [m]
1	Pali trivellati	12	1.5	25
2	Pali trivellati	12	1.5	25

### Fondazione Spalle 1 e 2



### 10.1 Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	135 di 165
			Data Ott '23	

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
  - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
  - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza dei pali;
  - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Ad eccezione della stabilità globale, le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle mostrate nel seguito.

Azioni (coefficienti A):

La seguente tabella riporta i fattori di sicurezza parziali da applicare alle azioni nelle diverse combinazioni di carico.

carichi	effetto	coefficiente parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

## 10.2 Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella.

Tipologia di palo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
Resistenza	R3	R3	R3
Base $\gamma_b$	1.15	1.35	1.3
Laterale in compressione $\gamma_s$	1.15	1.15	1.15
Laterale in trazione $\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25

## 10.3 Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali

Il valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza trasversale si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando il coefficiente parziale  $\gamma_R$  riportato in tabella.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	136 di 165
			Data Ott '23	

<b>Coefficiente parziale (R3)</b>	$\gamma_t = 1.3$
-----------------------------------	------------------

## 10.4 Condizioni sismiche

Le verifiche di capacità portante dei pali in presenza di azioni sismiche consistono nel confronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze, nel rispetto della condizione  $E_d \leq R_d$  ponendo unitari i coefficienti amplificativi delle azioni e dei materiali e considerando i medesimi coefficienti di cui ai paragrafi 9.2 e 9.3 per le resistenze.

## 10.5 Capacità portante dei pali di fondazione

Nel seguito si riporta la procedura utilizzata per il calcolo della capacità portante verticale e orizzontale dei pali di fondazione.

### 10.5.1 Capacità portante verticale

Il calcolo delle curve di capacità portante verticale dei pali è stato condotto in accordo con le NTC 2018, considerando i valori dei coefficienti parziali definiti per l'Approccio 2, combinazione A1+M1+R3 rispettivamente in condizioni statiche e sismiche.

La capacità portante ultima dei pali è stata valutata mediante la seguente espressione:

$$R_k = R_{c,k} + R_{b,k} - W$$

dove:

- $R_{c,k}$  capacità portante caratteristica per attrito laterale
- $R_{b,k}$  capacità portante caratteristica di punta
- $W$  peso del palo

La vigente normativa prevede di calcolare le resistenze caratteristiche  $R_{c,k}$  e  $R_{b,k}$  sopra menzionate a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri medi e minimi dei terreni, e opportunamente fattorizzate:

$$R_{c/b,k} = \min \left( \frac{R_{cal,media}}{\xi_3}; \frac{R_{cal,min}}{\xi_4} \right)$$

Le resistenze di calcolo, in condizione drenate e non drenate, sono state valutate mediante le seguenti espressioni:

Condizioni non drenate:  $R_{c,cal} = \sum (\alpha \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L)$

$$R_{b,cal} = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

Condizioni drenate:  $R_{c,cal} = \sum (\alpha \cdot c + K \cdot p_0' \cdot \tan \delta) \cdot p \cdot \Delta L$

$$R_{b,cal} = A_p \cdot \left[ (q + L \cdot \gamma') \cdot N_q + c \cdot N_c \right]$$

dove:

- $\alpha$  coefficiente riduttivo dipendente dalle modalità di costruzione
- $c_u$  coesione non drenata
- $c$  coesione drenata
- $p$  perimetro palo
- $A_p$  area della base del palo
- $\Delta L$  lunghezza tratto omogeneo

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	137 di 165
			Data Ott '23	

- $p_0'$  pressione geostatica efficace a metà del tratto  $\Delta L$
- $K$  coefficiente di spinta laterale sul palo
- $\gamma'$  peso di volume efficace del terreno di fondazione
- $N_q, N_c$  coefficienti di capacità portante
- $L$  lunghezza del palo (limitata superiormente da un valore pari a 15 diametri)
- $\delta$  angolo d'attrito fra terreno e palo
- $q$  sovraccarico

Come si evince dalle formule sopra riportate, e in accordo con le prove sperimentali di Skempton, la capacità portante di punta  $R_{b,cal}$  in condizioni non drenate è stata calcolata trascurando il contributo del sovraccarico  $qN_q$ .

Da letteratura, sono stati assunti i seguenti valori:

$$\alpha = 0.5$$

$$K = 1 - \sin \phi \text{ (e comunque } K \leq 0.5)$$

$$\delta = 0.67\phi$$

L'aderenza laterale è stata limitata a 100 KPa.

La capacità portante di base in condizione drenate è stata limitata superiormente al relativo valore calcolato ad una profondità  $L$  pari a 15 volte il diametro del palo.

La vigente normativa prevede di calcolare le resistenze caratteristiche  $R_{c,k}$  e  $R_{b,k}$  sopra menzionate a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri medi e minimi dei terreni, e opportunamente fattorizzate:

$$R_{c/b,k} = \min \left( \frac{R_{cal,media}}{\xi_3}; \frac{R_{cal,min}}{\xi_4} \right)$$

I coefficienti  $\xi$ , viceversa, assumono i valori riportati nella seguente tabella in funzione del numero di verticali indagate:

numero verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
$\xi_4$	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Data la presenza di una sola verticale di indagine per fondazione, è stato utilizzato un valore del fattore  $\xi$  pari a 1.7 (uguale sia per i parametri minimi che per i medi).

La capacità portante di progetto del singolo palo è stata valutata fattorizzando la capacità portante laterale  $R_{c,k}$  e la capacità portante di base  $R_{b,k}$  mediante i rispettivi coefficienti  $\gamma_{R3}$  per pali di tipo trivellato, definiti in precedenza.

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_s \text{ Capacità portante di progetto per attrito laterale in compressione}$$

$$R_{t,d} = R_{c,k} / \gamma_{st} \text{ Capacità portante di progetto per attrito laterale in trazione}$$

$$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_b \text{ Capacità portante di progetto di punta}$$

$$N_{Rd,c} = R_{c,d} + R_{b,d} - W \cdot \gamma_G \text{ Resistenza di progetto in compressione}$$

$$N_{Rd,t} = R_{t,d} + W \cdot \gamma_G \text{ Resistenza di progetto in trazione}$$

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	138 di 165
			Data Ott '23	

Dove  $W$  rappresenta il peso del palo.

Per il calcolo della capacità portante a compressione, il coefficiente parziale amplificativo del peso del palo ( $\gamma_G$ ) è stato assunto pari ad 1.3 nelle combinazioni STR e GEO e pari ad 1 nella combinazione SLV.

Per il calcolo della capacità portante a trazione  $N_{Rd,t}$  il coefficiente  $\gamma_G$  è stato assunto unitario in tutte le combinazioni.

Per la valutazione della capacità portante verticale dei micropali è stato considerato il solo contributo resistente laterale, valutato in modo analogo ai pali.

La verifica di capacità portante verticale risulta soddisfatta quando valgono le seguenti disequazioni:

- in caso di palo soggetto ad azione di compressione

$$N_{Rd,c} \geq |N_{Ed}|$$

- in caso di palo soggetto ad azione di trazione

$$N_{Rd,t} \geq |N_{Ed}|$$

dove  $N_{Rd,c}$  e  $N_{Rd,t}$  sono rispettivamente le resistenze di progetto a compressione e a trazione del palo mentre  $N_{Ed}$  è l'azione assiale sollecitante in testa al palo.

### 10.5.2 Capacità portante orizzontale

La verifica di capacità portante orizzontale è stata effettuata, mediante lo svolgimento di un'analisi numerica, con l'ausilio del software Flac 3D, atta allo studio di un singolo palo soggetto a un carico orizzontale in testa. Tale carico è stato definito, come meglio descritto nel seguito, considerando il valore del massimo taglio trasmesso dalla fondazione alla testa del micropalo (considerando tutte le possibili combinazioni di carico studiate per il dimensionamento della struttura della pila) e amplificandolo per i coefficienti di normativa  $\xi = 1.7$  e  $\gamma_R = 1.3$ .

La verifica risulta soddisfatta nel momento in cui, modellando gli elementi strutturali che costituiscono il palo mediante un legame costitutivo elastico – perfettamente plastico e fissando il valore del momento plastico pari al valore momento resistente di progetto del palo, l'analisi numerica raggiunge la convergenza.

La convergenza dell'analisi risulta possibile nel momento in cui non si verificano i seguenti meccanismi di rottura:

- Meccanismo di palo corto: il palo trasla rigidamente;
- Meccanismo di palo intermedio: si genera una cerniera plastica in testa al palo e quest'ultimo ruota rigidamente;
- Meccanismo di palo lungo: si generano due cerniere plastiche (di cui una in testa al palo) e lo spezzone di palo compreso tra esse ruota rigidamente.

## 10.6 Valutazione delle azioni nei pali di fondazione

Le azioni su ciascun palo di fondazione vengono valutate sotto le ipotesi di:

- platea rigida;
- vincolo di incastro tra pali e platea;
- interazione fra i pali trascurabile (in quanto disposti a una distanza misurata con riferimento all'asse del palo pari ad almeno tre volte il diametro, come suggerito in letteratura);
- rotazione della platea e della testa dei pali impedita.

### 10.6.1 Procedura di calcolo

Per definire le azioni nei pali è stata seguita la seguente procedura di calcolo:

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	139 di 165
			Data Ott '23	

4. Sono state considerate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio delle pile. In particolare, le sollecitazioni alla base della fondazione sono fornite nelle seguenti sei componenti: carico verticale, taglio e momento flettente nelle direzioni x e y e momento torcente. Mediante le formulazioni analitiche semplificate di seguito riportate è possibile calcolare le massime sollecitazioni in testa ai pali in termini di azione assiale e taglio e definire di conseguenza le combinazioni di carico dimensionanti. Tali combinazioni sono quelle che massimizzano rispettivamente l'azione assiale e il taglio.

$$N_i = \frac{N}{n} + \left[ \frac{(M_x + \sum M_{tix}) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \right] - \left[ \frac{(M_y + \sum M_{tiy}) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \right]$$

$$V_{x,i} = \frac{V_x}{n}$$

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{n}$$

Dove, considerando un sistema di riferimento XYZ destrorso avente origine nel baricentro della palificata, asse x longitudinale al viadotto, asse y trasversale al viadotto e asse z rivolto verso l'alto, risultano:

- n, numero di pali;
  - N, azione assiale all'intradosso della platea di fondazione;
  - $M_x$ , momento sulla palificata attorno all'asse x;
  - $M_y$ , momento sulla palificata attorno all'asse y;
  - $M_{tix}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse x;
  - $M_{tiy}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse y;
  - $x_i$ , distanza dall'asse y baricentrico della palificata;
  - $y_i$ , distanza dall'asse x baricentrico della palificata;
  - $V_x$ , taglio sulla palificata in direzione x;
  - $V_y$ , taglio sulla palificata in direzione y;
  - $V_{x,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione x;
  - $V_{y,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione y.
5. Per definire le componenti del momento flettente in testa al singolo palo ( $M_{tix}$  e  $M_{tiy}$ ) utilizzate nell'espressione per il calcolo di  $N_i$ , di cui al punto precedente, e per ottenere l'andamento delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) lungo lo sviluppo del palo, sono state effettuate delle analisi numeriche con l'ausilio del software Flac 3D, studiando il singolo palo caricato in testa dalla forza di taglio precedentemente ricavata. In particolare:
- c. Per ottenere le azioni in testa ai pali  $N_i$ , necessarie sia per effettuare le verifiche di capacità portante verticale dei pali, sia per dimensionare strutturalmente le platee di fondazione, nelle analisi Flac è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari all'azione di taglio ricavata dalla combinazione di carico che fornisce la massima azione assiale in testa al palo; quest'ultima ottenuta senza considerare il rispettivo contributo aggiuntivo dovuto al vincolo di incastro che genera un momento flettente in testa al palo.
  - d. Per valutare le sollecitazioni lungo il fusto del palo, nelle analisi numeriche, è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari alla massima azione di taglio ottenuta considerando tutte le possibili combinazioni di carico sulla platea.
6. Per effettuare la verifica geotecnica di capacità portante orizzontale, nelle analisi numeriche è stato considerato il carico in testa al palo di cui al precedente punto b amplificandolo per i coefficienti di normativa di cui al Paragrafo 9.5.2.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	A	140 di 165
			Data Ott '23	

## 10.7 Analisi numeriche – fondazioni su pali di grande diametro

Nel seguito sono riportati i dati di input e i risultati delle analisi numeriche nonché le verifiche geotecniche e strutturali validi per i pali di fondazione delle spalle 1 e 2 del Viadotto Sieve 1.

### 10.7.1 Configurazioni di studio e dati di input delle analisi

In Appendice, al Capitolo 10, sono riportate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio di ciascuna delle Spalle del Viadotto Sieve 1, agenti all'intradosso delle rispettive platee di fondazione.

Le analisi sono state svolte considerando, cautelativamente, gli scarichi sulla spalla 1, la quale risulta maggiormente caricata.

Con riferimento alle tabelle riportate in Appendice al Capitolo 10, le due configurazioni di carico all'intradosso del plinto di fondazione considerate nelle analisi numeriche risultano essere la numero 2 (che massimizza il carico verticale) e la numero 56 (che massimizza il taglio in testa al palo).

Combinazione numero	Output case	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
2	SLU_2	-8811	300	43487	-8034	13403	-210
56	SLV_8	-16212	-7370	29982	16532	18672	-5262

Di seguito si riportano le indicazioni sulla stratigrafia di calcolo utilizzata nelle analisi.

Formazione	z [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi$ [deg]	E [MPa]
bn	3.5	18	21	5	35	26
ACC-alt	19.5	20	21	7	23	58
ACC	-	21	22	40	30	80

Nella tabella la profondità z è misurata a partire dalla quota di intradosso della platea di fondazione.

Nelle analisi è stato considerato un sovraccarico pari a 81 kPa, dovuto alla presenza di circa 4.5 m di terreno (formazione bn con  $\gamma_n = 18$  kN/m<sup>3</sup>) al di sopra della quota di imposta dei pali.

La falda è stata considerata alla quota di imposta dei pali.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del palo considerate nelle analisi.

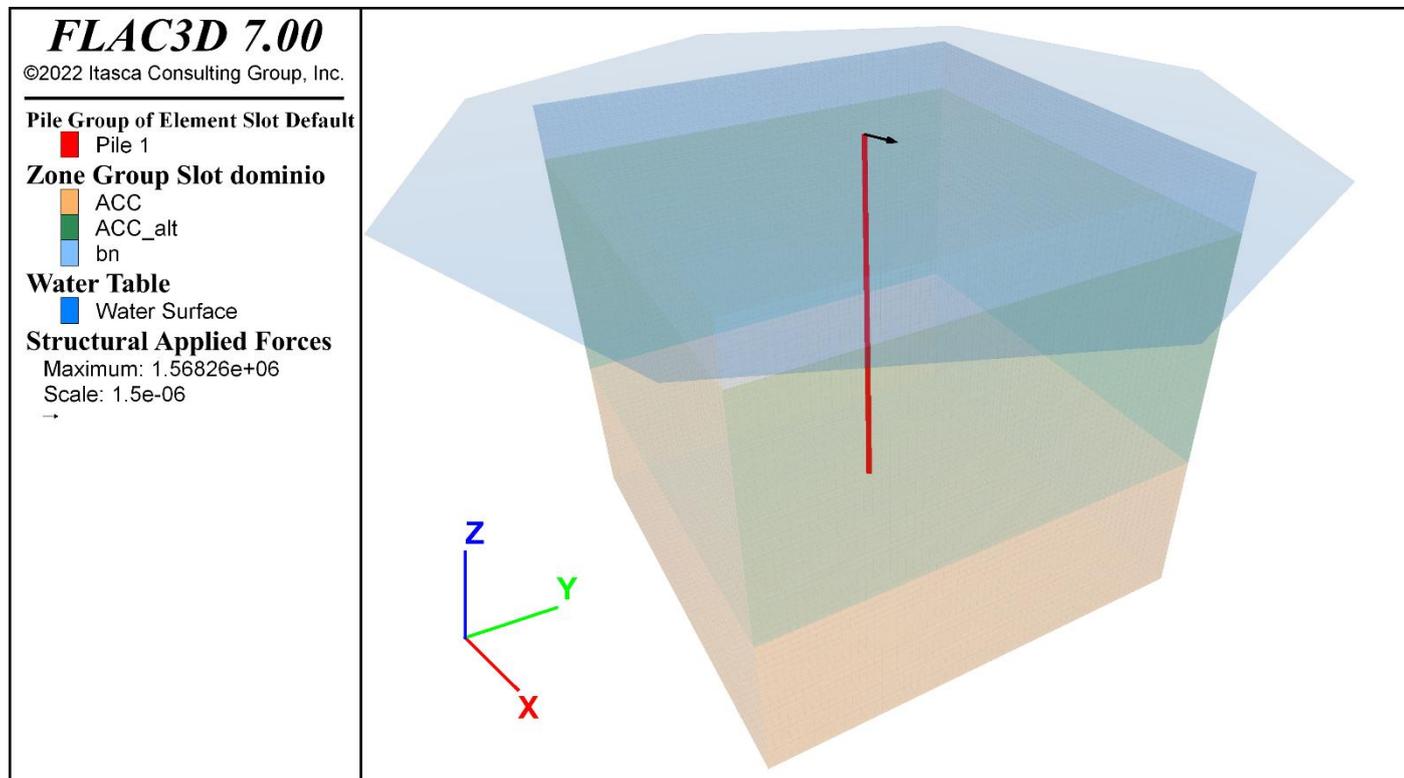
Dimetro [m]	1.5
Momento di inerzia x [m <sup>4</sup> ]	0.2485
Momento di inerzia y [m <sup>4</sup> ]	0.2485
Momento di inerzia polare [m <sup>4</sup> ]	0.4970
Lunghezza [m]	25
Rigidezza dell'interfaccia - molle ortogonali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Rigidezza dell'interfaccia - molle tangenziali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Momento plastico [kNm]	10900

Di seguito si riporta un'immagine con la vista del modello di calcolo realizzato con il software Flac 3D.

Il modello numerico presenta una geometria cubica con lato 30 m e gli elementi della mesh sono anch'essi cubici con lato 0.5 m.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STEVIA</b> S.p.A. s.r.l.	A	141 di 165
			Data Ott '23	

In sommità al palo è applicato un vincolo che impedisce la rotazione, in tal modo è possibile simulare l'incastro fra la testa del palo e la platea di fondazione.



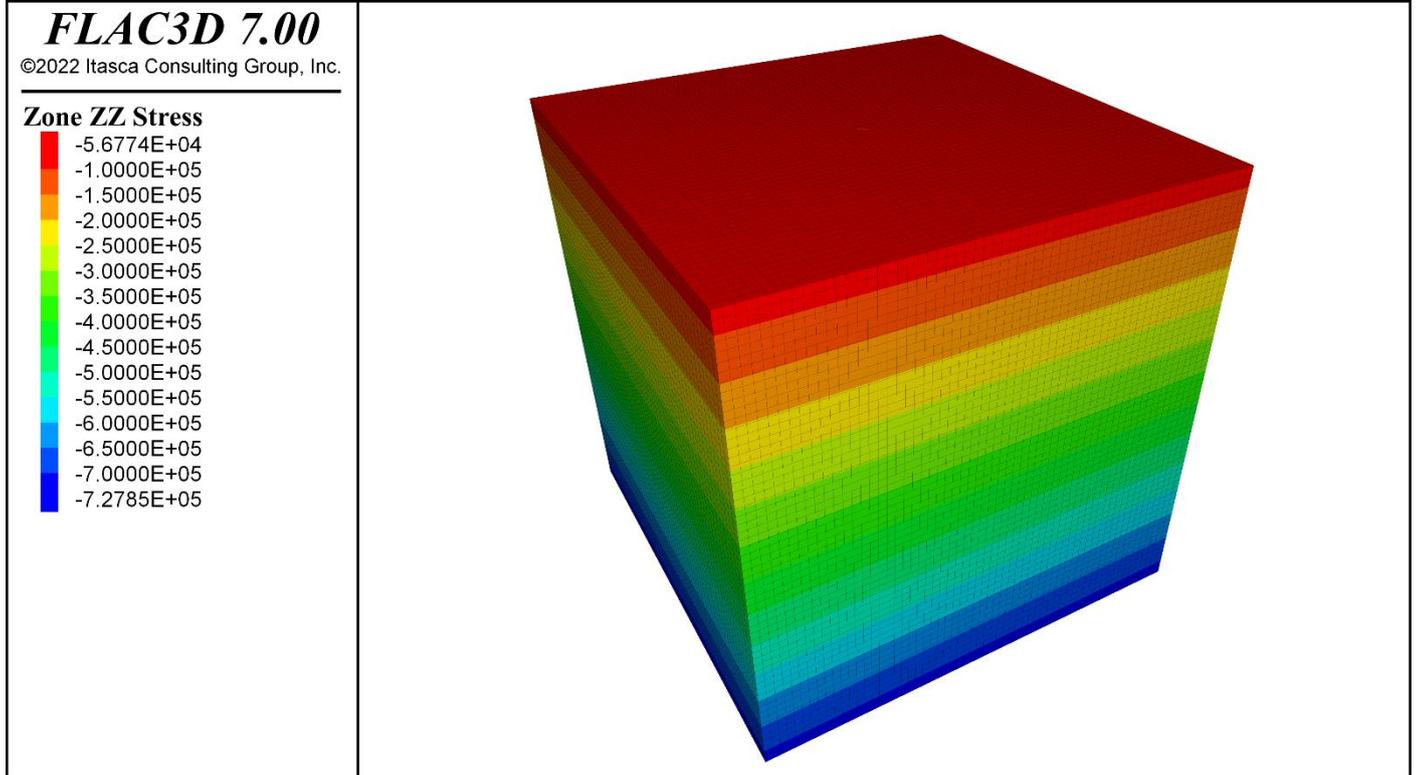
#### 10.7.2 Risultati delle analisi numeriche

Considerando le combinazioni di carico identificate al paragrafo precedente, sono state effettuate le analisi considerando le seguenti tre configurazioni di carico orizzontale in testa al palo:

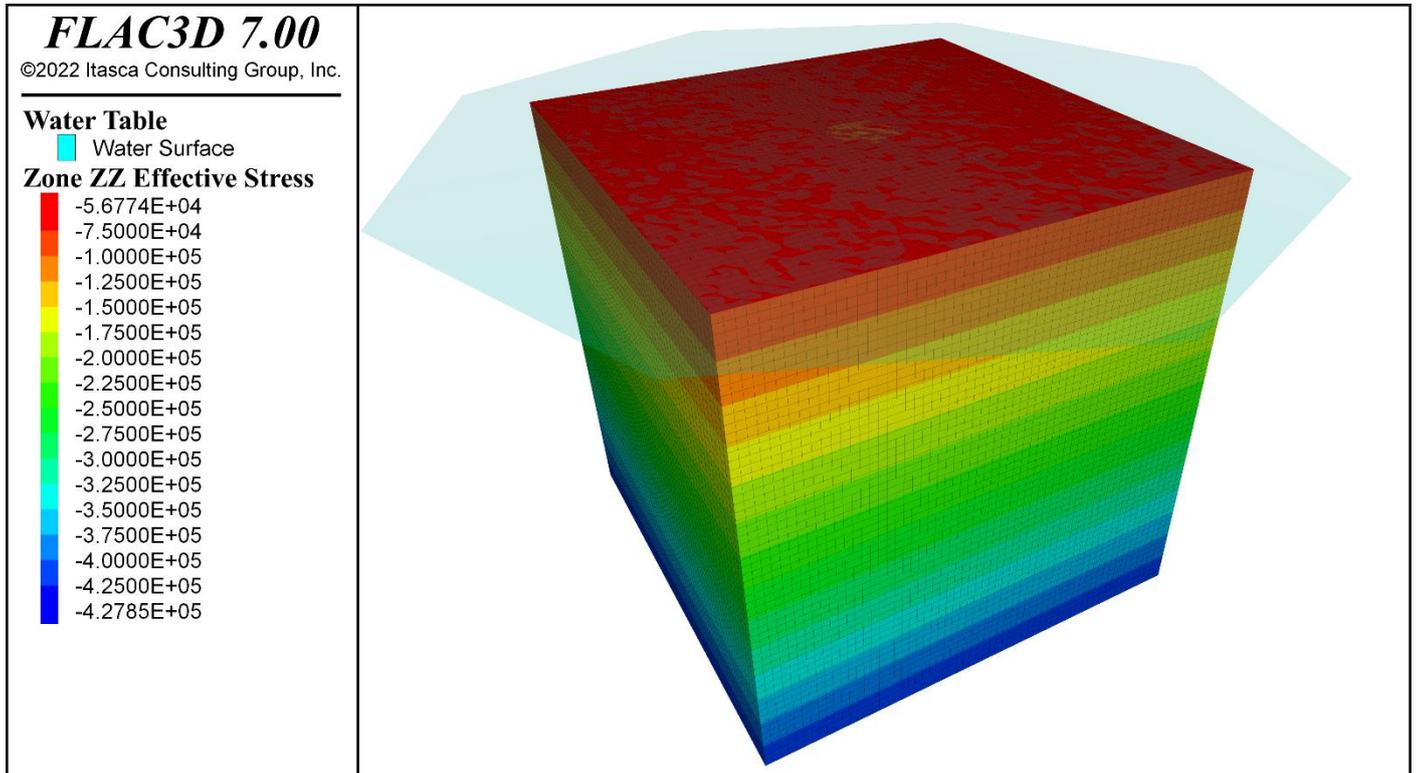
4. Taglio in testa al palo ricavato dalla combinazione 2, che massimizza l'azione assiale in testa al palo:  $T_N = 732$  kN ( $T_{x,N} = 731$  kN;  $T_{y,N} = 27$  kN).
5. Taglio massimo in testa al palo per effettuare le verifiche strutturali, fornito dalla combinazione 5:  $T_{max} = 1568$  kN ( $T_{x,max} = 1424$  kN;  $T_{y,max} = 657$  kN).
6. Taglio in testa al palo per effettuare la verifica geotecnica a capacità portante orizzontale, come descritto al Paragrafo 9.5.2, ottenuto amplificando il valore del taglio massimo di cui al punto precedente:  $T_H = 3465.3$  kN ( $T_{x,H} = 3147$  kN;  $T_{y,H} = 1452$  kN).

Di seguito si riportano le immagini dei risultati.

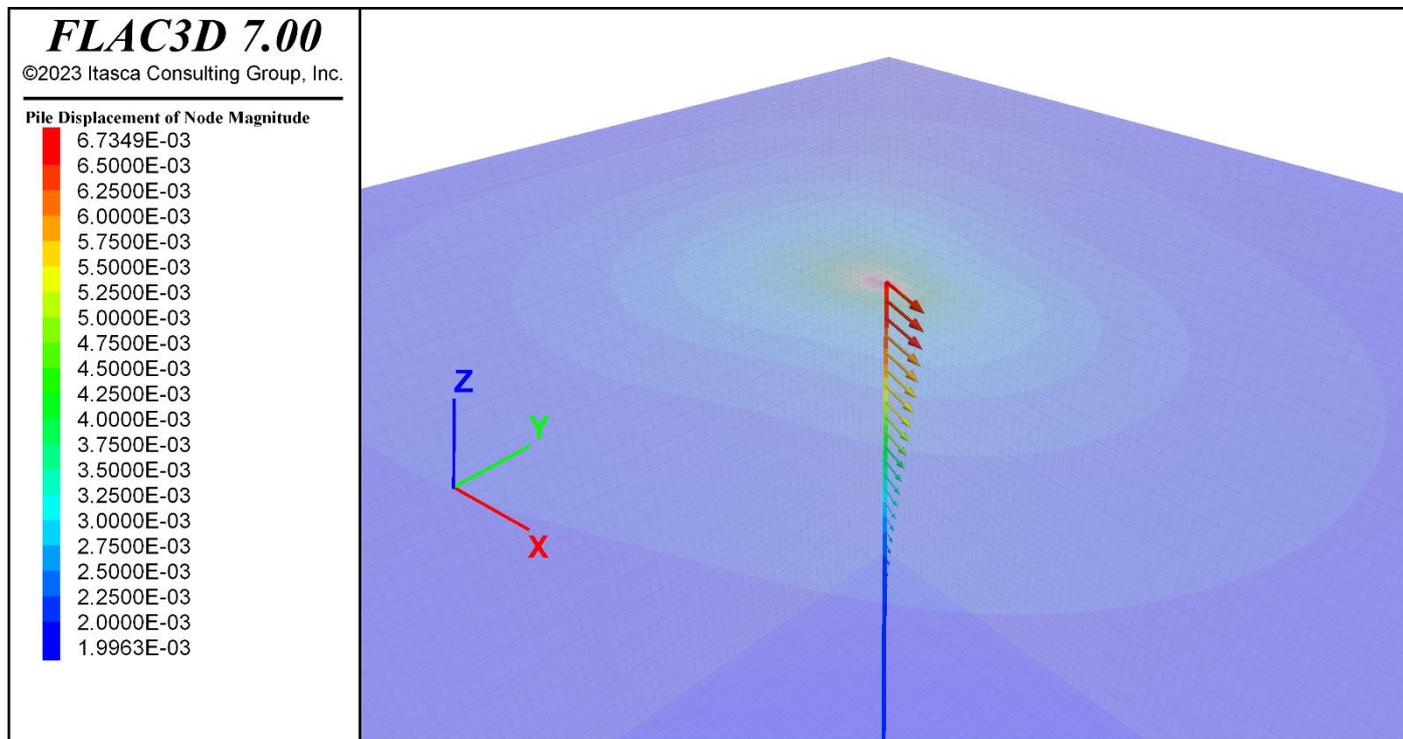
**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi totali)**



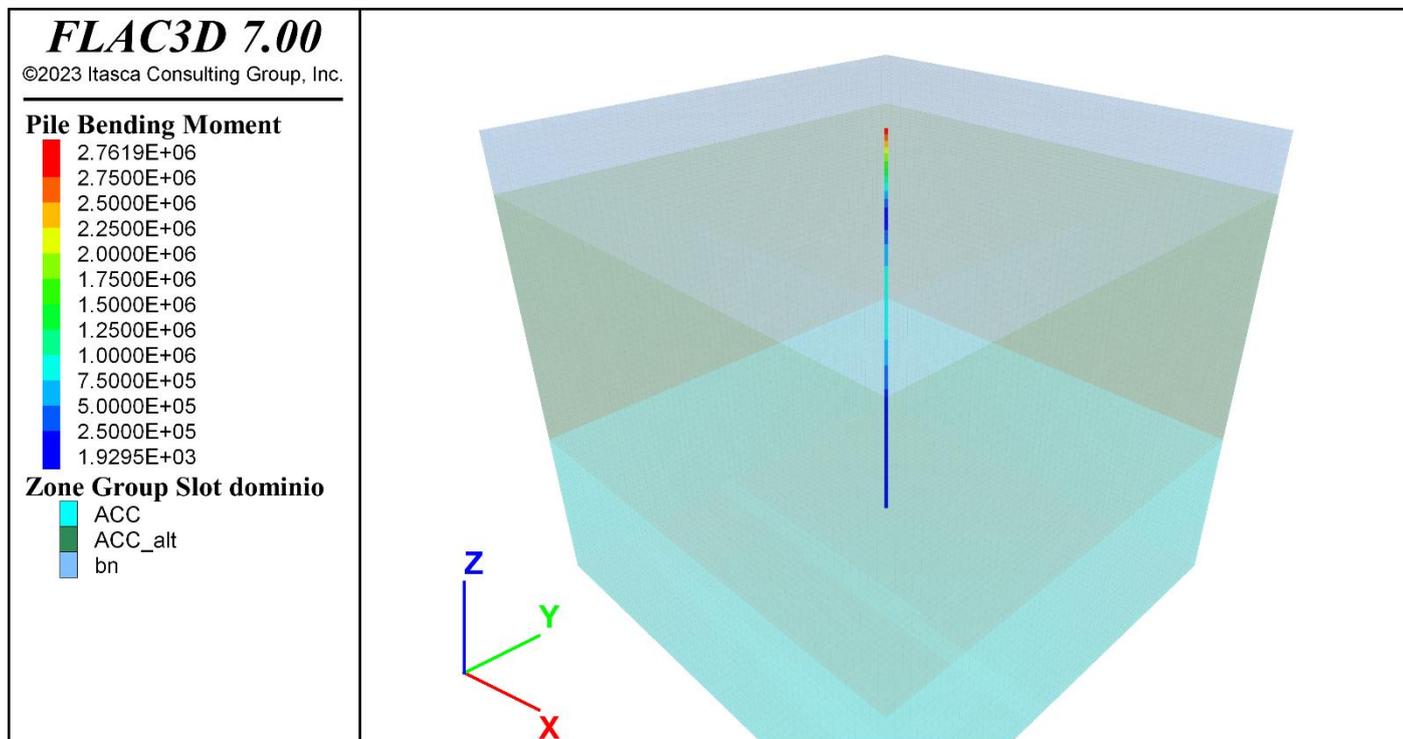
**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi efficaci)**



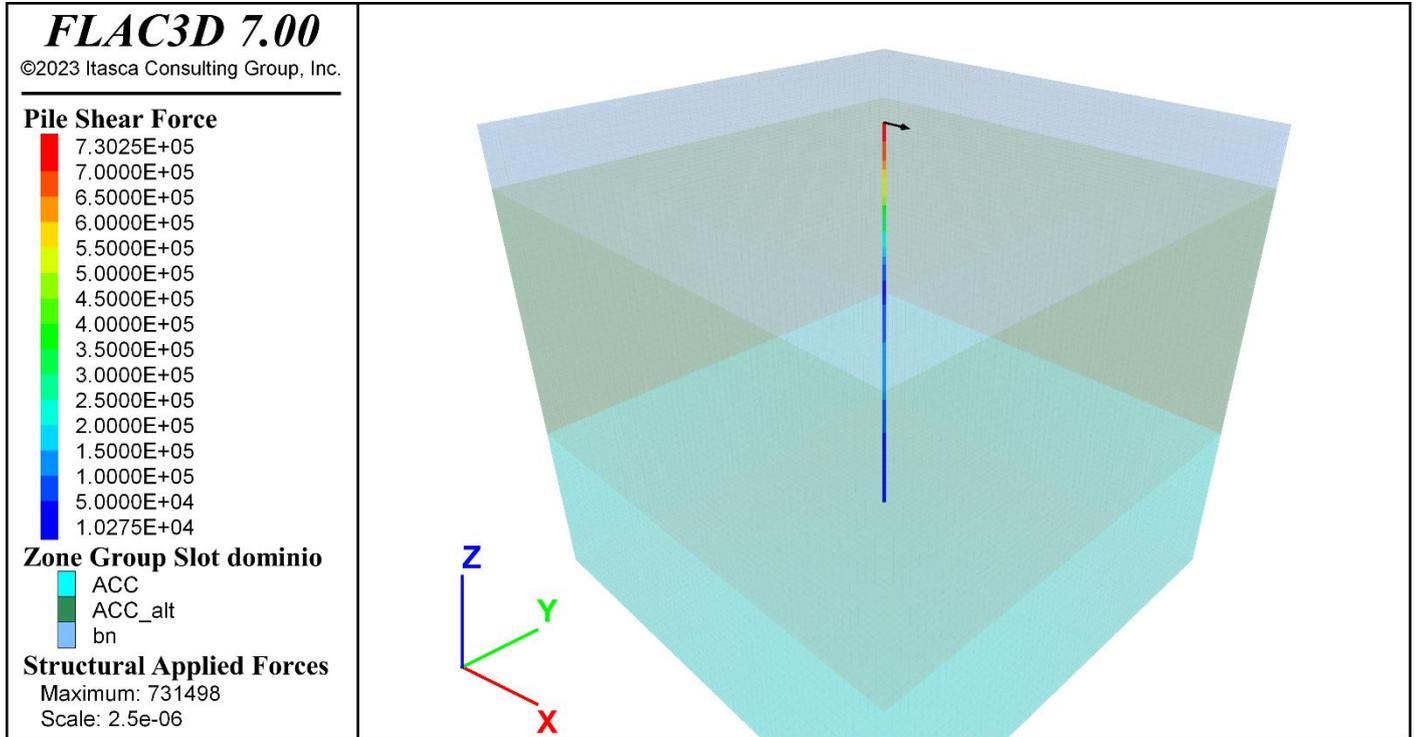
### Spostamento orizzontale del palo – Configurazione 1



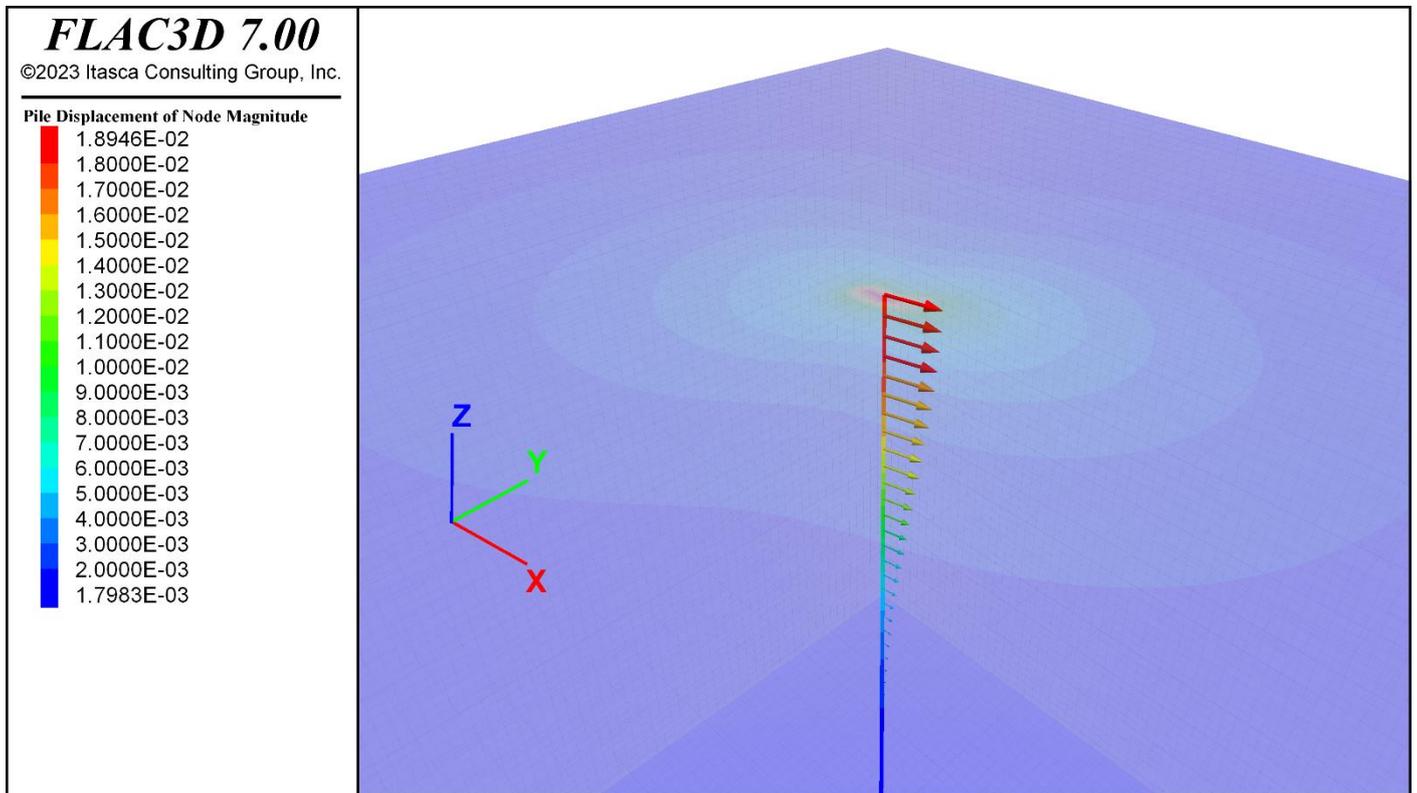
### Momento flettente nel palo – Configurazione 1



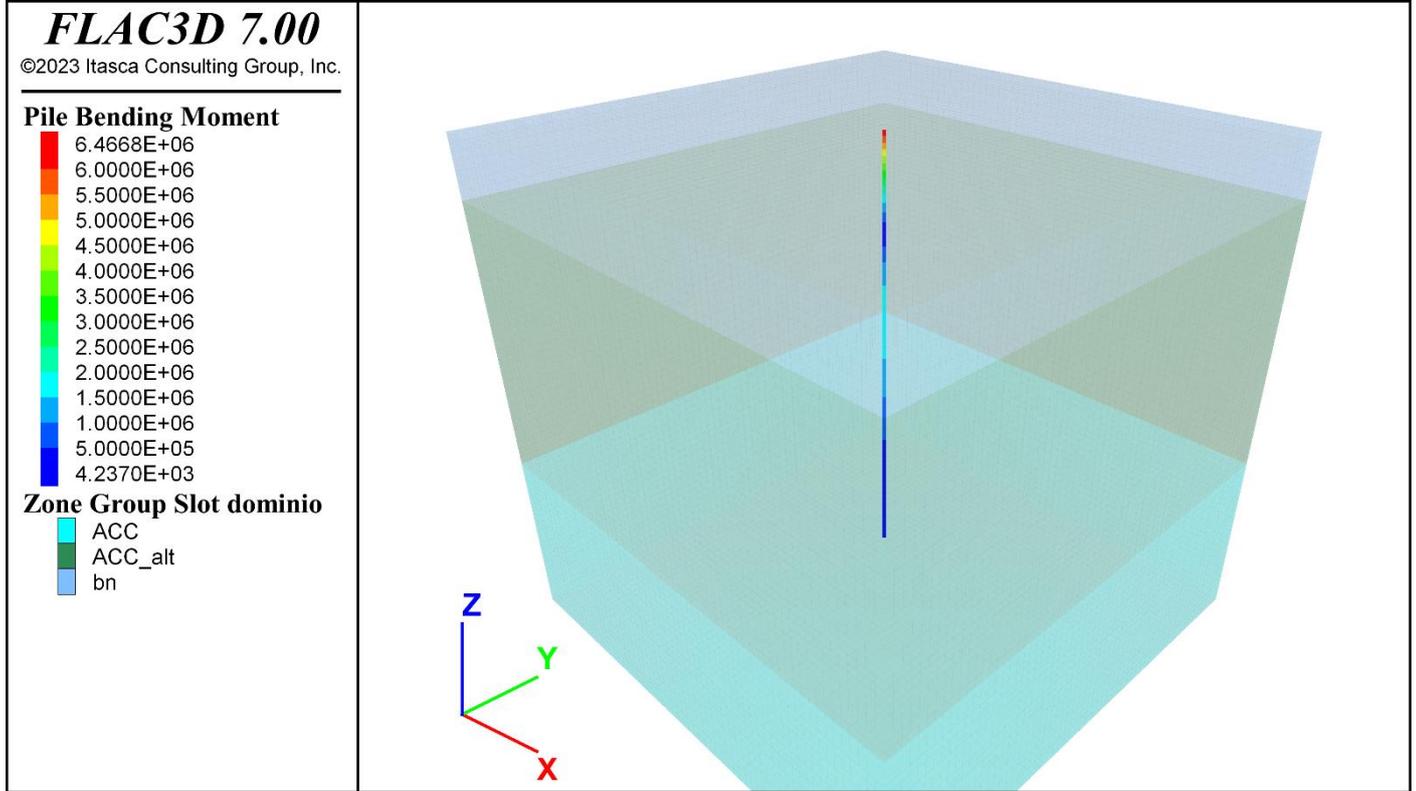
### Azione di taglio nel palo – Configurazione 1



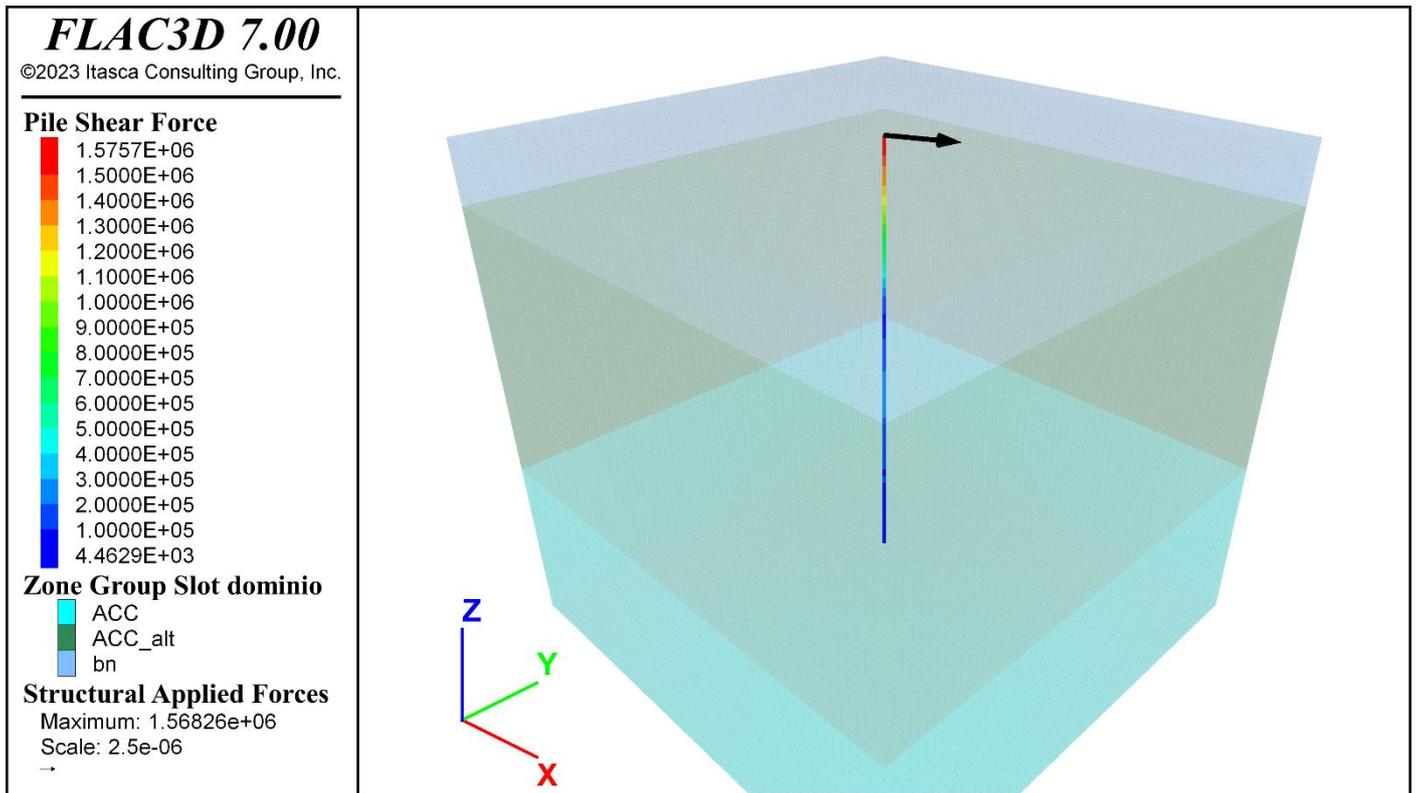
### Spostamento orizzontale del palo – Configurazione 2



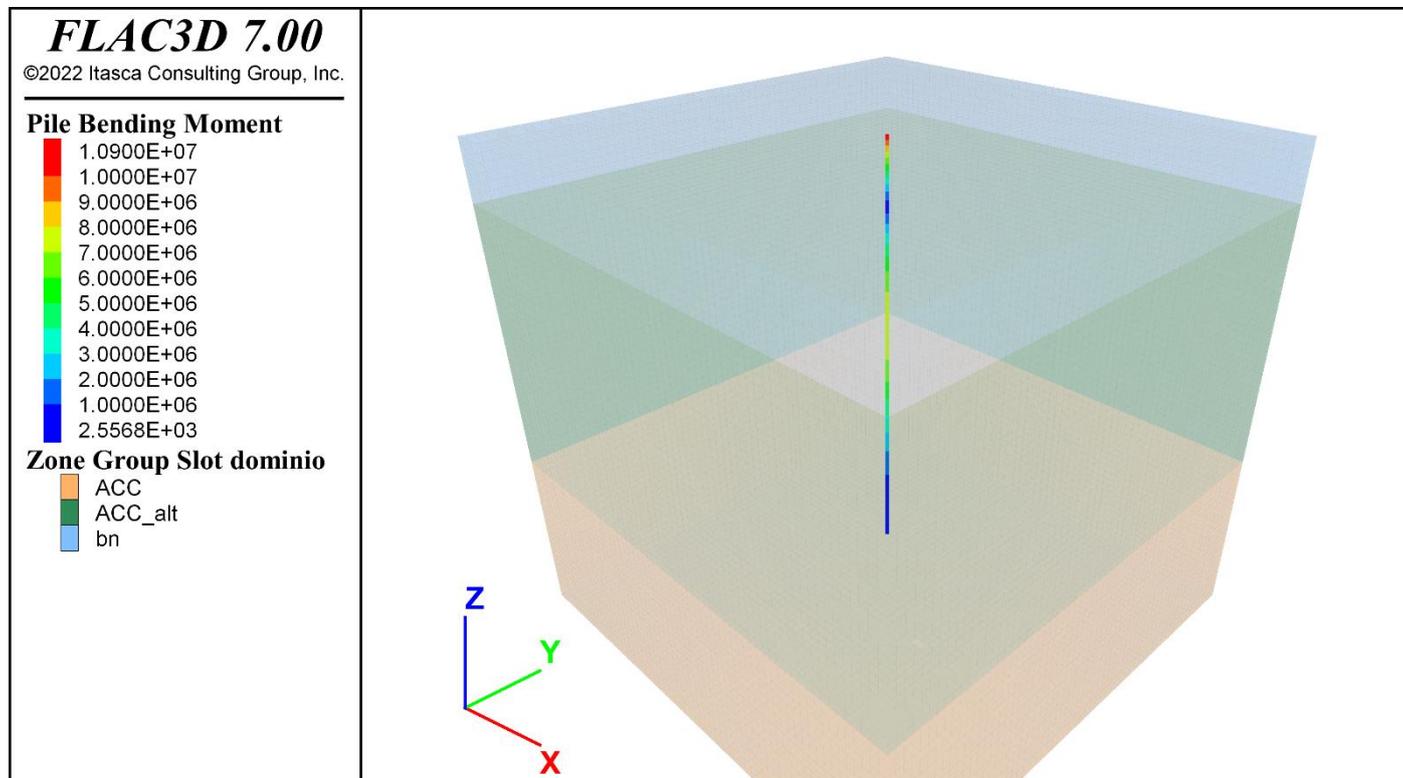
**Momento flettente nel palo – Configurazione 2**



**Azione di taglio nel palo – Configurazione 2**



### Momento flettente nel palo – Configurazione 3



#### 10.7.3 Definizione dei carichi verticali in testa ai pali

Seguendo la procedura di calcolo descritta al Paragrafo 9.6.1 e considerando il valore del momento flettente massimo in testa al palo ( $M = 2762 \text{ kNm}$ ) fornito dall'analisi in configurazione 1, è possibile valutare l'incremento di azione assiale da utilizzare per ottenere i carichi verticali in testa ai pali.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Spalle 1 e 2				Combinazione:							56
PALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al palo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	-4.5	7.7	8.9	-737.1	23.3	737.5	2664.0	98.0	3094.1	594.2	3688.2
2	0.0	7.7	7.7	-737.1	25.0	737.6	2664.0	98.0	3466.4	626.8	4093.2
3	4.5	7.7	8.9	-737.1	26.7	737.6	2664.0	98.0	3838.7	659.5	4498.2
4	-4.5	2.6	5.2	-735.2	23.3	735.6	2664.0	98.0	3199.1	176.3	3375.4
5	0.0	2.6	2.6	-735.2	25.0	735.6	2664.0	98.0	3571.4	208.9	3780.4
6	4.5	2.6	5.2	-735.2	26.7	735.7	2664.0	98.0	3943.7	241.6	4185.3
7	-4.5	-2.6	5.2	-733.3	23.3	733.6	2664.0	98.0	3304.1	-241.6	3062.5
8	0.0	-2.6	2.6	-733.3	25.0	733.7	2664.0	98.0	3676.4	-208.9	3467.5
9	4.5	-2.6	5.2	-733.3	26.7	733.8	2664.0	98.0	4048.7	-176.3	3872.5
10	-4.5	-7.7	8.9	-731.3	23.3	731.7	2664.0	98.0	3409.1	-659.5	2749.6
11	0.0	-7.7	7.7	-731.3	25.0	731.8	2664.0	98.0	3781.5	-626.8	3154.6
12	4.5	-7.7	8.9	-731.3	26.7	731.8	2664.0	98.0	4153.8	-594.2	3559.6

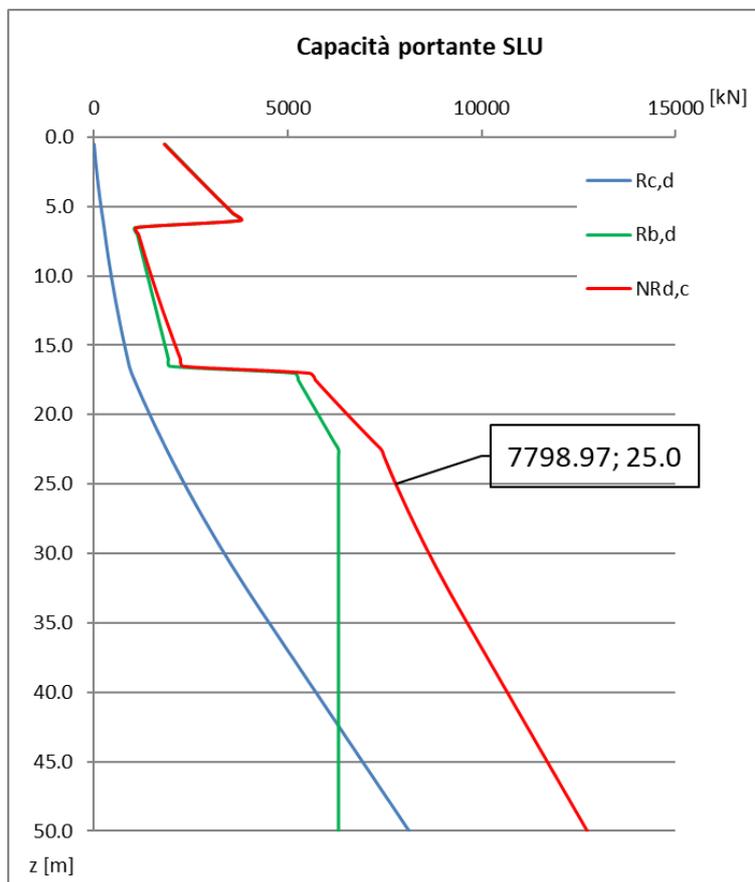
#### 10.7.4 Verifiche del palo

##### 10.7.4.1 Verifiche di capacità portante verticale

Considerando i risultati di cui al Paragrafo 9.7.3, il massimo carico verticale  $N_{Ed}$  risulta essere pari a 4498.2 kN.

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 147 di 165
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STZMA</b> SISTEMI TERRITORIALE S.p.A.	Data Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

La capacità portante verticale, valutata secondo la formulazione descritta al Paragrafo 9.5.1, può essere ricavata dal seguente grafico (che mostra il valore della capacità portante del palo in funzione della lunghezza), considerando una lunghezza del palo di 25 m.



La capacità portante verticale per un palo di lunghezza 25 m risulta essere pari a 7799 kN.

La verifica a capacità portante verticale risulta soddisfatta in quanto:

$$N_{Rd,c} = 7799.8 \text{ kN} \geq 4498.2 \text{ kN} = |N_{Ed}|$$

#### 10.7.4.2 Verifica di capacità portante orizzontale

La verifica a capacità portante orizzontale può essere considerata soddisfatta in quanto l'analisi numerica nella configurazione 3, che tiene conto del carico orizzontale massimo in testa al palo, amplificato per i coefficienti di normativa di riduzione delle resistenze, risulta raggiungere l'equilibrio senza che si verifichi nessuno dei cinematismi di collasso di cui al Paragrafo 9.5.2; in caso contrario, l'analisi numerica non riuscirebbe a convergere.

#### 10.7.4.3 Verifiche strutturali del palo

Di seguito si riporta il calcolo del momento e del taglio resistente del palo, realizzato con calcestruzzo con classe C32/40, il quale risulta armato mediante 105  $\phi$  26 longitudinali (tre gabbie rispettivamente da 40, 35 e 30  $\phi$  26) e una spirale  $\phi$  14 con passo 20 cm.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** \_\_\_\_\_

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 58  
 Diametro barre: 2.6 [cm]  
 Coprifero (baric.): 10 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C C30/37

$\epsilon_{cu}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  $\sigma_c$ : -17 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  $\sigma_s$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$ : 200'000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 17 ‰  $\epsilon_{cs}$ : 3.5 ‰  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  $\epsilon_s$ : 6.841 ‰  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $C_{s,adm}$ : 11.5  $d$ : 110 cm  
 $C_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{c0}$ : 0.6933  $x$ : 37.23  $x/d$ : 0.3385  
 $\tau_{c1}$ : 2.029  $\delta$ : 0.8631

**Metodo di calcolo**

S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett: 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

**VERIFICHE A TAGLIO SECONDO D.M. 17/01/2018**

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$ = 40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$ = 33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$ = 18.81 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$ = 391.30 N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$ = 1576.00 kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$ = 2304.00 kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$ = 0.00 kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$ = 1104 mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$ = 1350 mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$ = 26 mm
Numero toncini longitudinali utilizzati	$n$ = 105 --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$ = 55755 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$ = 0.0200 --

**VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO**

**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	$\alpha$ = 79 °
Diametro ferri a taglio	$\varnothing_{sw}$ = 14 mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	$n_{sw}$ = 2 --
Passo in direzione asse elemento	$s$ = 200 mm
Area totale di armatura a taglio	$A_{sw}$ = 308 mm <sup>2</sup>

**Fattori di resistenza a compressione:**

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.45 < 10.37 SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	$\theta$ = 22.00 °
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	$f'_{cd}$ = 9.41 N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$ = 1.55 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	$\alpha_c$ = 1.08 --

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura  $V_{Rsd}$  = 1568.70 kN  
 Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls  $V_{Rcd}$  = 5114.22 kN  
**Resistenza ultima a taglio**  $V_{Rd}$  = 1568.70 kN

**VERIFICA NON SODDISFATTA.**

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto i valori resistenti di progetto di momento e taglio superano i valori sollecitanti.

## 11 APPENDICE – Scarichi all'intradosso delle platee di fondazione

### Pila 1

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			960	10	27600	760	-10280	-20
2	1	SLU_2			-510	-430	57520	530	5460	-160
3	1	SLU_3			1460	430	52200	-15300	-15720	250
4	1	SLU_4			-1400	10	32310	-2790	15070	-40
5	1	SLU_5			450	720	53410	-29160	-4850	370
6	1	SLU_6			30	-720	32360	17080	-300	-330
7	1	SLU_7			-530	720	35800	-25500	5710	410
8	1	SLU_8			430	-720	51140	12820	-4610	-380
9	1	SLU_9			410	-720	30640	17900	-4400	-340
10	1	SLU_10			-520	720	55500	-29340	5550	370
11	1	SLU_11			-1400	10	32310	-2790	15070	-40
12	1	SLU_12			1460	430	52200	-15300	-15720	250
13	1	SLE_RARA_1			570	10	28350	560	-6140	-20
14	1	SLE_RARA_2			-340	-290	41920	-370	3600	-110
15	1	SLE_RARA_3			980	290	38130	-10570	-10540	170
16	1	SLE_RARA_4			-1000	10	31660	-2070	10780	-30
17	1	SLE_RARA_5			230	480	38860	-20340	-2480	250
18	1	SLE_RARA_6			30	-480	31660	11390	-280	-220
19	1	SLE_RARA_7			-350	480	34150	-17620	3710	280
20	1	SLE_RARA_8			220	-480	37180	8230	-2300	-260
21	1	SLE_RARA_9			210	-480	30370	11990	-2220	-230
22	1	SLE_RARA_10			-340	480	40360	-20470	3660	250
23	1	SLE_RARA_11			-1000	10	31660	-2070	10780	-30
24	1	SLE_RARA_12			980	290	38130	-10570	-10540	170
25	1	SLE_FREQ_1			110	10	28690	740	-1170	-20
26	1	SLE_FREQ_2			-280	10	40870	-7230	2930	30
27	1	SLE_FREQ_3			530	10	38470	-4950	-5650	60
28	1	SLE_FREQ_4			-690	10	31780	-2750	7380	-40
29	1	SLE_FREQ_5			130	100	34890	-2290	-1400	50
30	1	SLE_FREQ_6			30	-100	30350	2290	-250	-50
31	1	SLE_FREQ_7			-280	10	33080	-8250	3000	90
32	1	SLE_FREQ_8			120	10	35980	-4280	-1240	-60
33	1	SLE_FREQ_9			120	-100	29530	2300	-1250	-50
34	1	SLE_FREQ_10			-280	10	39580	-12050	2980	50
35	1	SLE_FREQ_11			-690	10	31780	-2750	7380	-40
36	1	SLE_FREQ_12			530	10	38470	-4950	-5650	60

**SOLLECITAZIONI DA SAP2000**

	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
37	1	SLE_QP_1			120	10	29200	10	-1250	-10
38	1	SLE_QP_2			-290	10	35850	-10	3090	-10
39	1	SLE_QP_3			500	10	35060	10	-5320	-10
40	1	SLE_QP_4			-670	10	29990	-10	7170	-10
41	1	SLE_QP_5			130	10	34560	10	-1390	-10
42	1	SLE_QP_6			30	10	30020	10	-240	-10
43	1	SLE_QP_7			-300	10	30490	-10	3230	-10
44	1	SLE_QP_8			130	10	34560	10	-1390	-10
45	1	SLE_QP_9			120	10	29200	10	-1250	-10
46	1	SLE_QP_10			-290	10	35850	-10	3090	-10
47	1	SLE_QP_11			-670	10	29990	-10	7170	-10
48	1	SLE_QP_12			500	10	35060	10	-5320	-10
49	1	SLV_1			1270	1020	26450	5870	6390	230
50	1	SLV_2			-1440	-1020	38600	-5870	-4540	-230
51	1	SLV_3			4170	990	34080	5710	19600	230
52	1	SLV_4			-4340	-990	30980	-5710	-17760	-230
53	1	SLV_5			1310	3020	33420	18370	6280	760
54	1	SLV_6			-1160	-3020	31160	-18360	-7900	-770
55	1	SLV_7			880	3020	29340	18360	10890	770
56	1	SLV_8			-1050	-3020	35710	-18360	-9050	-770
57	1	SLV_9			1290	3020	28050	18370	6430	760
58	1	SLV_10			-1460	-3020	37000	-18370	-4580	-770
59	1	SLV_11			3010	990	29010	5710	32080	230
60	1	SLV_12			-3180	-990	36040	-5710	-30240	-230

**Pila 2**

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			-360	-10	31640	830	4020	-20
2	1	SLU_2			220	600	62200	-24030	-2390	100
3	1	SLU_3			850	10	35500	-4490	-9510	70
4	1	SLU_4			-890	600	57190	-17260	9950	40
5	1	SLU_5			210	1000	59990	-35720	-2360	170
6	1	SLU_6			-340	-1000	36330	17670	3780	-120
7	1	SLU_7			-330	1000	37960	-29500	3640	280
8	1	SLU_8			190	-1000	57300	15640	-2060	-280
9	1	SLU_9			-360	-1000	34640	22700	4000	-180
10	1	SLU_10			210	1000	59990	-35720	-2360	170
11	1	SLU_11			-890	600	57190	-17260	9950	40
12	1	SLU_12			850	10	35500	-4490	-9510	70
13	1	SLE_RARA_1			-240	-10	31850	620	2710	-20
14	1	SLE_RARA_2			100	400	45340	-16820	-1090	70
15	1	SLE_RARA_3			570	10	34690	-3330	-6350	50
16	1	SLE_RARA_4			-640	400	41640	-11800	7180	20
17	1	SLE_RARA_5			100	670	43620	-24830	-1070	120
18	1	SLE_RARA_6			-230	-670	35110	11460	2530	-70
19	1	SLE_RARA_7			-220	670	36370	-20220	2430	190
20	1	SLE_RARA_8			80	-670	41570	9950	-850	-200
21	1	SLE_RARA_9			-240	-670	33860	15180	2700	-130
22	1	SLE_RARA_10			100	670	43620	-24830	-1070	120
23	1	SLE_RARA_11			-640	400	41640	-11800	7180	20
24	1	SLE_RARA_12			570	10	34690	-3330	-6350	50
25	1	SLE_FREQ_1			-210	-10	31860	620	2280	-20
26	1	SLE_FREQ_2			50	10	44180	-7990	-480	10
27	1	SLE_FREQ_3			300	10	35400	-4430	-3390	70
28	1	SLE_FREQ_4			-460	10	41190	-3960	5140	-70
29	1	SLE_FREQ_5			40	140	38990	-2950	-460	30
30	1	SLE_FREQ_6			-200	-140	32660	2950	2190	-30
31	1	SLE_FREQ_7			-170	10	35050	-7330	1920	110
32	1	SLE_FREQ_8			20	10	40160	-6360	-180	-120
33	1	SLE_FREQ_9			-200	-140	32660	2950	2190	-30
34	1	SLE_FREQ_10			50	10	42730	-13480	-480	10
35	1	SLE_FREQ_11			-460	10	41190	-3960	5140	-70
36	1	SLE_FREQ_12			300	10	35400	-4430	-3390	70
37	1	SLE_QP_1			-200	10	32280	-10	2190	-10
38	1	SLE_QP_2			50	10	38610	-10	-460	-10

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
39	1	SLE_QP_3			270	10	32360	-10	-3000	-10
40	1	SLE_QP_4			-420	10	38520	-10	4740	-10
41	1	SLE_QP_5			50	10	38610	-10	-460	-10
42	1	SLE_QP_6			-200	10	32280	-10	2190	-10
43	1	SLE_QP_7			-200	10	32740	-10	2210	-10
44	1	SLE_QP_8			50	10	38150	-10	-480	-10
45	1	SLE_QP_9			-200	10	32280	-10	2190	-10
46	1	SLE_QP_10			50	10	38610	-10	-460	-10
47	1	SLE_QP_11			-420	10	38520	-10	4740	-10
48	1	SLE_QP_12			270	10	32360	-10	-3000	-10
49	1	SLV_1			1070	1140	29470	8030	10730	200
50	1	SLV_2			-1220	-1140	41410	-8030	-9000	-200
51	1	SLV_3			4250	1110	31370	7730	24970	200
52	1	SLV_4			-4400	-1110	39510	-7730	-23230	-200
53	1	SLV_5			1320	3410	37460	24920	8150	670
54	1	SLV_6			-1480	-3400	33420	-24920	-6420	-670
55	1	SLV_7			1090	3400	31590	24920	10810	670
56	1	SLV_8			-1240	-3400	39290	-24920	-9080	-670
57	1	SLV_9			1090	3400	31130	24920	10790	670
58	1	SLV_10			-1240	-3400	39750	-24930	-9050	-670
59	1	SLV_11			3570	1110	37540	7730	32700	200
60	1	SLV_12			-3720	-1110	33340	-7730	-30960	-200

**Pila 3**

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			80	-10	29570	1250	-720	-10
2	1	SLU_2			-120	-670	59450	1990	1090	-40
3	1	SLU_3			380	680	54640	-17040	-3640	110
4	1	SLU_4			-410	-10	33280	-4090	3960	-80
5	1	SLU_5			-120	1130	38070	-35210	1100	60
6	1	SLU_6			70	-1130	53440	17510	-630	-130
7	1	SLU_7			-80	680	35070	-22030	740	190
8	1	SLU_8			50	-680	54620	3930	-420	-190
9	1	SLU_9			80	-1130	51660	22360	-750	-70
10	1	SLU_10			-120	1130	38070	-35210	1100	60
11	1	SLU_11			-410	-10	33280	-4090	3960	-80
12	1	SLU_12			380	680	54640	-17040	-3640	110
13	1	SLE_RARA_1			40	-10	29860	920	-340	-10
14	1	SLE_RARA_2			-80	-450	43320	520	730	-30
15	1	SLE_RARA_3			270	450	39770	-11670	-2580	80
16	1	SLE_RARA_4			-300	-10	32600	-3030	2930	-60
17	1	SLE_RARA_5			-80	750	36000	-24500	730	40
18	1	SLE_RARA_6			30	-750	38740	11380	-270	-90
19	1	SLE_RARA_7			-50	450	33810	-15370	470	140
20	1	SLE_RARA_8			20	-450	39750	1960	-120	-140
21	1	SLE_RARA_9			40	-750	37420	14980	-360	-50
22	1	SLE_RARA_10			-80	750	36000	-24500	730	40
23	1	SLE_RARA_11			-300	-10	32600	-3030	2930	-60
24	1	SLE_RARA_12			270	450	39770	-11670	-2580	80
25	1	SLE_FREQ_1			20	-10	29860	920	-160	-10
26	1	SLE_FREQ_2			-70	10	42210	-8060	610	-10
27	1	SLE_FREQ_3			140	10	39360	-4130	-1310	80
28	1	SLE_FREQ_4			-180	-10	33280	-4040	1720	-70
29	1	SLE_FREQ_5			-70	150	31390	-2860	600	10
30	1	SLE_FREQ_6			20	-150	36430	2860	-190	-10
31	1	SLE_FREQ_7			-40	10	32700	-6800	340	120
32	1	SLE_FREQ_8			-10	-10	38640	-6620	70	-120
33	1	SLE_FREQ_9			20	-150	36430	2860	-190	-10
34	1	SLE_FREQ_10			-70	10	35190	-13620	610	-10
35	1	SLE_FREQ_11			-180	-10	33280	-4040	1720	-70
36	1	SLE_FREQ_12			140	10	39360	-4130	-1310	80
37	1	SLE_QP_1			20	-10	30510	10	-180	-10
38	1	SLE_QP_2			-60	-10	36570	-10	590	-10
39	1	SLE_QP_3			100	-10	36550	10	-930	-10

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
40	1	SLE_QP_4			-140	-10	30530	10	1340	-10
41	1	SLE_QP_5			-70	-10	31020	-10	600	-10
42	1	SLE_QP_6			20	-10	36060	10	-190	-10
43	1	SLE_QP_7			-70	-10	30540	10	620	-10
44	1	SLE_QP_8			30	-10	36540	10	-220	-10
45	1	SLE_QP_9			20	-10	36060	10	-190	-10
46	1	SLE_QP_10			-70	-10	31020	-10	600	-10
47	1	SLE_QP_11			-140	-10	30530	10	1340	-10
48	1	SLE_QP_12			100	-10	36550	10	-930	-10
49	1	SLV_1			1010	1100	27590	7390	5930	90
50	1	SLV_2			-1050	-1100	39500	-7390	-5520	-90
51	1	SLV_3			3240	1060	35520	7090	19080	90
52	1	SLV_4			-3290	-1060	31560	-7090	-18670	-90
53	1	SLV_5			950	3260	29800	22870	6750	280
54	1	SLV_6			-990	-3260	37280	-22870	-6340	-280
55	1	SLV_7			950	3260	29320	22870	6770	280
56	1	SLV_8			-990	-3260	37760	-22870	-6360	-280
57	1	SLV_9			1030	3260	34840	22870	5970	280
58	1	SLV_10			-1070	-3260	32240	-22870	-5560	-280
59	1	SLV_11			3010	1060	29510	7090	21340	90
60	1	SLV_12			-3050	-1060	37580	-7090	-20930	-90

**Pila 4**

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	
1	1	SLU_1			360	-10	29710	930	-3310	20
2	1	SLU_2			-220	600	59690	-22830	1990	-110
3	1	SLU_3			890	600	54680	-16060	-8200	-40
4	1	SLU_4			-850	10	33630	-4480	7840	-70
5	1	SLU_5			-220	1000	57480	-33730	1960	-180
6	1	SLU_6			370	-1000	34390	15910	-3390	250
7	1	SLU_7			-190	-1000	54800	13640	1700	280
8	1	SLU_8			330	1000	36100	-27500	-3000	-280
9	1	SLU_9			360	-1000	32730	20780	-3300	180
10	1	SLU_10			-220	1000	57480	-33730	1960	-180
11	1	SLU_11			-850	10	33630	-4480	7840	-70
12	1	SLU_12			890	600	54680	-16060	-8200	-40
13	1	SLE_RARA_1			240	-10	29940	690	-2230	20
14	1	SLE_RARA_2			-100	400	43480	-16020	910	-80
15	1	SLE_RARA_3			640	400	39780	-11010	-5910	-20
16	1	SLE_RARA_4			-570	10	32830	-3320	5240	-50
17	1	SLE_RARA_5			-100	670	41760	-23500	890	-120
18	1	SLE_RARA_6			250	-670	33200	10300	-2290	170
19	1	SLE_RARA_7			-80	-670	39720	8620	700	200
20	1	SLE_RARA_8			220	670	34510	-18880	-2000	-190
21	1	SLE_RARA_9			240	-670	31960	13910	-2220	130
22	1	SLE_RARA_10			-100	670	41760	-23500	890	-120
23	1	SLE_RARA_11			-570	10	32830	-3320	5240	-50
24	1	SLE_RARA_12			640	400	39780	-11010	-5910	-20
25	1	SLE_FREQ_1			210	-10	29940	690	-1880	20
26	1	SLE_FREQ_2			-50	10	42330	-7990	420	-10
27	1	SLE_FREQ_3			460	10	39340	-3970	-4240	70
28	1	SLE_FREQ_4			-310	10	33540	-4420	2800	-70
29	1	SLE_FREQ_5			-40	140	37130	-2690	380	-30
30	1	SLE_FREQ_6			200	-140	30800	2680	-1810	30
31	1	SLE_FREQ_7			-20	10	38300	-6360	140	120
32	1	SLE_FREQ_8			170	10	33190	-7330	-1580	-110
33	1	SLE_FREQ_9			200	-140	30800	2680	-1810	30
34	1	SLE_FREQ_10			-50	10	40870	-13480	410	-10
35	1	SLE_FREQ_11			-310	10	33540	-4420	2800	-70
36	1	SLE_FREQ_12			460	10	39340	-3970	-4240	70
37	1	SLE_QP_1			200	10	30420	-10	-1810	10
38	1	SLE_QP_2			-50	10	36750	-10	380	10
39	1	SLE_QP_3			420	10	36670	-10	-3900	10

**SOLLECITAZIONI DA SAP2000**

	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			-270	10	30500	-10	2480	10
41	1	SLE_QP_5			-50	10	36750	-10	380	10
42	1	SLE_QP_6			200	10	30420	-10	-1810	10
43	1	SLE_QP_7			-50	10	36290	-10	390	10
44	1	SLE_QP_8			200	10	30880	-10	-1820	10
45	1	SLE_QP_9			200	10	30420	-10	-1810	10
46	1	SLE_QP_10			-50	10	36750	-10	380	10
47	1	SLE_QP_11			-270	10	30500	-10	2480	10
48	1	SLE_QP_12			420	10	36670	-10	-3900	10
49	1	SLV_1			1110	1050	27630	6310	3680	200
50	1	SLV_2			-960	-1050	39540	-6320	-5110	-200
51	1	SLV_3			3350	1010	35680	5960	14040	210
52	1	SLV_4			-3200	-1010	31490	-5960	-15470	-200
53	1	SLV_5			900	3080	35560	19040	5900	670
54	1	SLV_6			-750	-3080	31610	-19040	-7330	-670
55	1	SLV_7			900	3080	35100	19040	5920	670
56	1	SLV_8			-750	-3080	32070	-19040	-7350	-670
57	1	SLV_9			1140	3080	29230	19040	3730	670
58	1	SLV_10			-980	-3080	37940	-19050	-5160	-670
59	1	SLV_11			2670	1010	29510	5960	20410	200
60	1	SLV_12			-2510	-1010	37650	-5960	-21840	-200

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 157 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	  D_VA D_VisionArchitecture		

Pila 5

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			360	-10	29710	930	-3310	20
2	1	SLU_2			-220	600	59690	-22830	1990	-110
3	1	SLU_3			890	600	54680	-16060	-8200	-40
4	1	SLU_4			-850	10	33630	-4480	7840	-70
5	1	SLU_5			-220	1000	57480	-33730	1960	-180
6	1	SLU_6			370	-1000	34390	15910	-3390	250
7	1	SLU_7			-190	-1000	54800	13640	1700	280
8	1	SLU_8			330	1000	36100	-27500	-3000	-280
9	1	SLU_9			360	-1000	32730	20780	-3300	180
10	1	SLU_10			-220	1000	57480	-33730	1960	-180
11	1	SLU_11			-850	10	33630	-4480	7840	-70
12	1	SLU_12			890	600	54680	-16060	-8200	-40
13	1	SLE_RARA_1			240	-10	29940	690	-2230	20
14	1	SLE_RARA_2			-100	400	43480	-16020	910	-80
15	1	SLE_RARA_3			640	400	39780	-11010	-5910	-20
16	1	SLE_RARA_4			-570	10	32830	-3320	5240	-50
17	1	SLE_RARA_5			-100	670	41760	-23500	890	-120
18	1	SLE_RARA_6			250	-670	33200	10300	-2290	170
19	1	SLE_RARA_7			-80	-670	39720	8620	700	200
20	1	SLE_RARA_8			220	670	34510	-18880	-2000	-190
21	1	SLE_RARA_9			240	-670	31960	13910	-2220	130
22	1	SLE_RARA_10			-100	670	41760	-23500	890	-120
23	1	SLE_RARA_11			-570	10	32830	-3320	5240	-50
24	1	SLE_RARA_12			640	400	39780	-11010	-5910	-20
25	1	SLE_FREQ_1			210	-10	29940	690	-1880	20
26	1	SLE_FREQ_2			-50	10	42330	-7990	420	-10
27	1	SLE_FREQ_3			460	10	39340	-3970	-4240	70
28	1	SLE_FREQ_4			-310	10	33540	-4420	2800	-70
29	1	SLE_FREQ_5			-40	140	37130	-2690	380	-30
30	1	SLE_FREQ_6			200	-140	30800	2680	-1810	30
31	1	SLE_FREQ_7			-20	10	38300	-6360	140	120
32	1	SLE_FREQ_8			170	10	33190	-7330	-1580	-110
33	1	SLE_FREQ_9			200	-140	30800	2680	-1810	30
34	1	SLE_FREQ_10			-50	10	40870	-13480	410	-10
35	1	SLE_FREQ_11			-310	10	33540	-4420	2800	-70
36	1	SLE_FREQ_12			460	10	39340	-3970	-4240	70
37	1	SLE_QP_1			200	10	30420	-10	-1810	10
38	1	SLE_QP_2			-50	10	36750	-10	380	10
39	1	SLE_QP_3			420	10	36670	-10	-3900	10

**SOLLECITAZIONI DA SAP2000**

	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			-270	10	30500	-10	2480	10
41	1	SLE_QP_5			-50	10	36750	-10	380	10
42	1	SLE_QP_6			200	10	30420	-10	-1810	10
43	1	SLE_QP_7			-50	10	36290	-10	390	10
44	1	SLE_QP_8			200	10	30880	-10	-1820	10
45	1	SLE_QP_9			200	10	30420	-10	-1810	10
46	1	SLE_QP_10			-50	10	36750	-10	380	10
47	1	SLE_QP_11			-270	10	30500	-10	2480	10
48	1	SLE_QP_12			420	10	36670	-10	-3900	10
49	1	SLV_1			1110	1050	27630	6310	3680	200
50	1	SLV_2			-960	-1050	39540	-6320	-5110	-200
51	1	SLV_3			3350	1010	35680	5960	14040	210
52	1	SLV_4			-3200	-1010	31490	-5960	-15470	-200
53	1	SLV_5			900	3080	35560	19040	5900	670
54	1	SLV_6			-750	-3080	31610	-19040	-7330	-670
55	1	SLV_7			900	3080	35100	19040	5920	670
56	1	SLV_8			-750	-3080	32070	-19040	-7350	-670
57	1	SLV_9			1140	3080	29230	19040	3730	670
58	1	SLV_10			-980	-3080	37940	-19050	-5160	-670
59	1	SLV_11			2670	1010	29510	5960	20410	200
60	1	SLV_12			-2510	-1010	37650	-5960	-21840	-200

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 159 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	 sinergo		 D_VA D_VisionArchitecture
					Data Ott '23

Pila 6

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			-960	10	24430	680	6990	20
2	1	SLU_2			510	-430	53120	-970	-3710	160
3	1	SLU_3			1410	10	29120	-2860	-10240	40
4	1	SLU_4			-1470	440	47800	-13790	10680	-250
5	1	SLU_5			-460	720	49070	-26810	3300	-370
6	1	SLU_6			-30	-720	29170	14470	200	330
7	1	SLU_7			-430	-720	46720	10380	3130	390
8	1	SLU_8			540	720	32570	-22990	-3880	-410
9	1	SLU_9			-410	-720	27460	15320	2990	340
10	1	SLU_10			520	720	51100	-26840	-3760	-380
11	1	SLU_11			-1470	440	47800	-13790	10680	-250
12	1	SLU_12			1410	10	29120	-2860	-10240	40
13	1	SLE_RARA_1			-580	10	25160	510	4170	20
14	1	SLE_RARA_2			340	-290	38660	-1370	-2450	110
15	1	SLE_RARA_3			1010	10	28450	-2120	-7320	30
16	1	SLE_RARA_4			-990	290	34870	-9560	7160	-170
17	1	SLE_RARA_5			-240	480	35640	-18770	1690	-250
18	1	SLE_RARA_6			-30	-480	28460	9630	190	220
19	1	SLE_RARA_7			-220	-480	33900	6610	1570	260
20	1	SLE_RARA_8			350	480	30910	-15950	-2520	-280
21	1	SLE_RARA_9			-210	-480	27180	10260	1510	230
22	1	SLE_RARA_10			340	480	37100	-18800	-2480	-260
23	1	SLE_RARA_11			-990	290	34870	-9560	7160	-170
24	1	SLE_RARA_12			1010	10	28450	-2120	-7320	30
25	1	SLE_FREQ_1			-110	10	25520	670	800	20
26	1	SLE_FREQ_2			280	10	37610	-7230	-1990	-30
27	1	SLE_FREQ_3			690	10	28580	-2820	-5020	40
28	1	SLE_FREQ_4			-530	10	35210	-4950	3840	-60
29	1	SLE_FREQ_5			-130	100	31640	-1950	950	-50
30	1	SLE_FREQ_6			-30	-100	27110	1960	170	50
31	1	SLE_FREQ_7			-120	10	32700	-4220	840	60
32	1	SLE_FREQ_8			280	10	29850	-8250	-2040	-90
33	1	SLE_FREQ_9			-120	-100	26290	1960	850	50
34	1	SLE_FREQ_10			280	10	36320	-12040	-2020	-50
35	1	SLE_FREQ_11			-530	10	35210	-4950	3840	-60
36	1	SLE_FREQ_12			690	10	28580	-2820	-5020	40
37	1	SLE_QP_1			-120	10	25960	10	850	10
38	1	SLE_QP_2			290	10	32600	-10	-2100	10
39	1	SLE_QP_3			670	10	26760	10	-4870	10

**SOLLECITAZIONI DA SAP2000**

	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			-500	10	31800	10	3620	10
41	1	SLE_QP_5			-130	10	31310	10	950	10
42	1	SLE_QP_6			-30	10	26780	10	170	10
43	1	SLE_QP_7			-130	10	31310	10	950	10
44	1	SLE_QP_8			310	10	27250	-10	-2200	10
45	1	SLE_QP_9			-120	10	25960	10	850	10
46	1	SLE_QP_10			290	10	32600	-10	-2100	10
47	1	SLE_QP_11			-500	10	31800	10	3620	10
48	1	SLE_QP_12			670	10	26760	10	-4870	10
49	1	SLV_1			660	980	23310	4530	4630	240
50	1	SLV_2			-490	-980	35250	-4530	-5880	-230
51	1	SLV_3			3120	940	25800	4240	7410	240
52	1	SLV_4			-2950	-940	32760	-4240	-8660	-230
53	1	SLV_5			690	2850	30120	13230	4810	770
54	1	SLV_6			-840	-2850	27970	-13230	-3710	-770
55	1	SLV_7			690	2850	30120	13230	4810	770
56	1	SLV_8			-510	-2850	28440	-13230	-6060	-770
57	1	SLV_9			700	2850	24780	13230	4710	770
58	1	SLV_10			-530	-2850	33780	-13230	-5960	-770
59	1	SLV_11			1960	940	30830	4240	15890	240
60	1	SLV_12			-1790	-940	27730	-4240	-17140	-230

**Spalla 1**

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1	1	SLU_1			-10521	-10	34617	999	12553	-15
2	1	SLU_2			-8811	300	43487	-8034	13403	-210
3	1	SLU_3			-7571	300	42247	-6024	2512	-200
4	1	SLU_4			-11081	-10	35147	999	17421	-15
5	1	SLU_5			-8821	500	39597	-9780	7637	-340
6	1	SLU_6			-10031	-500	38067	6950	14157	360
7	1	SLU_7			-8831	-500	40817	3970	9546	410
8	1	SLU_8			-10021	500	37317	-7950	12963	-400
9	1	SLU_9			-10041	-500	35647	6950	10606	360
10	1	SLU_10			-8811	300	42787	-10364	12353	-180
11	1	SLU_11			-11081	-10	35147	999	17421	-15
12	1	SLU_12			-7571	300	42247	-6024	2512	-200
13	1	SLE_RARA_1			-7133	-10	25225	759	9960	-5
14	1	SLE_RARA_2			-6083	200	30985	-5706	10946	-130
15	1	SLE_RARA_3			-5163	200	29975	-4226	2732	-130
16	1	SLE_RARA_4			-7603	-10	25665	759	14044	-5
17	1	SLE_RARA_5			-6083	330	28825	-6820	7706	-215
18	1	SLE_RARA_6			-6813	-330	26985	4720	10269	235
19	1	SLE_RARA_7			-6103	-330	28975	2510	8079	265
20	1	SLE_RARA_8			-6803	330	27185	-5460	10500	-255
21	1	SLE_RARA_9			-6813	-330	25925	4720	8679	235
22	1	SLE_RARA_10			-6083	200	30465	-7436	10166	-120
23	1	SLE_RARA_11			-7603	-10	25665	759	14044	-5
24	1	SLE_RARA_12			-5163	200	29975	-4226	2732	-130
25	1	SLE_FREQ_1			-6437	-10	25375	989	6062	-15
26	1	SLE_FREQ_2			-5887	10	30685	-3589	10023	15
27	1	SLE_FREQ_3			-5417	-10	29795	-2641	5264	55
28	1	SLE_FREQ_4			-6897	-10	25815	979	10077	-15
29	1	SLE_FREQ_5			-6417	70	26255	-752	7244	-55
30	1	SLE_FREQ_6			-5907	-70	28305	752	6601	55
31	1	SLE_FREQ_7			-5897	-10	28735	-4201	7167	85
32	1	SLE_FREQ_8			-6417	70	26255	-752	7244	-55
33	1	SLE_FREQ_9			-6437	-10	25525	1539	6287	-25
34	1	SLE_FREQ_10			-5897	10	30175	-5319	9327	35
35	1	SLE_FREQ_11			-6897	-10	25815	979	10077	-15
36	1	SLE_FREQ_12			-5417	-10	29795	-2641	5264	55
37	1	SLE_QP_1			-5511	-10	26005	79	3098	5
38	1	SLE_QP_2			-4991	-10	28425	59	2930	5

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
39	1	SLE_QP_3			-4521	-10	27975	59	-1158	5
40	1	SLE_QP_4			-5971	-10	26445	59	7103	5
41	1	SLE_QP_5			-5501	-10	26185	79	3299	5
42	1	SLE_QP_6			-4991	-10	28235	59	2655	5
43	1	SLE_QP_7			-4991	-10	27365	59	1350	5
44	1	SLE_QP_8			-5501	-10	27055	79	4604	5
45	1	SLE_QP_9			-5511	-10	26005	79	3098	5
46	1	SLE_QP_10			-4991	-10	28425	59	2930	5
47	1	SLE_QP_11			-4991	-10	27365	59	7103	5
48	1	SLE_QP_12			-5501	-10	27055	79	-1158	5
49	1	SLV_1			-13952	6680	26352	-24607	28435	4317
50	1	SLV_2			-14282	6080	29982	-20929	35601	4757
51	1	SLV_3			-12022	6680	28702	-24637	18672	4317
52	1	SLV_4			-16212	6080	27632	-20899	45364	4757
53	1	SLV_5			-13952	7370	26932	-28984	29295	3812
54	1	SLV_6			-14292	-7370	29402	28984	34799	-3812
55	1	SLV_7			-14292	5390	29402	-16542	34799	5262
56	1	SLV_8			-16212	-7370	29982	16532	18672	-5262
57	1	SLV_9			-14792	-7370	28222	28994	36669	-3812
58	1	SLV_10			-13452	7370	28112	-28994	27425	3812
59	1	SLV_11			-16212	6080	27632	-20899	45364	4757
60	1	SLV_12			-12022	6680	28702	-24637	18672	4317

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 163 di 165
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI 		 D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

## Spalla 2

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			6898	-10	27164	979	-4086	15
2	1	SLU_2			5178	300	36064	-7494	-8352	200
3	1	SLU_3			7458	-10	27694	979	-7834	15
4	1	SLU_4			3948	300	34754	-5364	115	200
5	1	SLU_5			6408	-500	30614	5950	-6670	-360
6	1	SLU_6			5198	500	32114	-8700	-2525	340
7	1	SLU_7			6398	500	29884	-7010	-5526	390
8	1	SLU_8			5208	-500	33364	2970	-4459	-410
9	1	SLU_9			6418	-500	28194	5950	-3098	-360
10	1	SLU_10			5188	300	35364	-9834	-7351	180
11	1	SLU_11			3948	300	34754	-5364	115	200
12	1	SLU_12			5178	300	36064	-7494	-8352	200
13	1	SLE_RARA_1			4689	-10	20006	739	-4078	5
14	1	SLE_RARA_2			3639	200	25786	-5356	-7194	130
15	1	SLE_RARA_3			5159	-10	20446	739	-7222	5
16	1	SLE_RARA_4			2719	200	24736	-3776	-770	130
17	1	SLE_RARA_5			3639	330	23576	-6100	-3879	215
18	1	SLE_RARA_6			4369	-330	21766	4060	-5027	-235
19	1	SLE_RARA_7			4359	330	21976	-4840	-5293	255
20	1	SLE_RARA_8			3659	-330	23756	1850	-4257	-265
21	1	SLE_RARA_9			4369	-330	20706	4060	-3437	-235
22	1	SLE_RARA_10			3639	200	25276	-7086	-6429	110
23	1	SLE_RARA_11			2719	200	24736	-3776	-770	130
24	1	SLE_RARA_12			5159	-10	20446	739	-7222	5
25	1	SLE_FREQ_1			4066	-10	20156	969	-1498	15
26	1	SLE_FREQ_2			3516	10	25496	-3619	-6604	-15
27	1	SLE_FREQ_3			4526	-10	20596	959	-4593	15
28	1	SLE_FREQ_4			3046	-10	24536	-2591	-2680	-55
29	1	SLE_FREQ_5			4046	70	21036	-612	-2720	55
30	1	SLE_FREQ_6			3536	-70	23086	612	-3097	-55
31	1	SLE_FREQ_7			4046	70	21036	-612	-2720	55
32	1	SLE_FREQ_8			3526	-10	23486	-4141	-3638	-85
33	1	SLE_FREQ_9			4066	-10	20306	1519	-1723	25
34	1	SLE_FREQ_10			3516	10	24976	-5349	-5824	-35
35	1	SLE_FREQ_11			4066	-10	20156	969	-1498	15
36	1	SLE_FREQ_12			3516	10	25496	-3619	-6604	-15
37	1	SLE_QP_1			3358	-10	20786	59	-168	-5
38	1	SLE_QP_2			2838	-10	23206	39	-1041	-5
39	1	SLE_QP_3			3818	-10	21226	39	-3253	-5

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			2368	-10	22756	39	2108	-5
41	1	SLE_QP_5			3348	-10	20966	59	-389	-5
42	1	SLE_QP_6			2838	-10	23016	39	-766	-5
43	1	SLE_QP_7			3348	-10	21836	59	-1694	-5
44	1	SLE_QP_8			2838	-10	22146	39	539	-5
45	1	SLE_QP_9			3358	-10	20786	59	-168	-5
46	1	SLE_QP_10			2838	-10	23206	39	-1041	-5
47	1	SLE_QP_11			3348	-10	21836	59	2108	-5
48	1	SLE_QP_12			2838	-10	22146	39	-3253	-5
49	1	SLV_1			10659	5292	20925	-14489	-17937	-2304
50	1	SLV_2			9299	4692	24555	-12001	-16885	-3664
51	1	SLV_3			12069	5292	21735	-14519	-25843	-2304
52	1	SLV_4			7879	4692	23745	-11971	-8940	-3664
53	1	SLV_5			10649	5982	21505	-17496	-18758	-739
54	1	SLV_6			9309	-5982	23975	17486	-16064	739
55	1	SLV_7			12069	-4002	20925	17486	-8940	5229
56	1	SLV_8			9309	4002	23975	-7024	-14984	-5229
57	1	SLV_9			9309	-5982	23095	17486	-14744	739
58	1	SLV_10			10649	5982	22385	-17496	-20078	-739
59	1	SLV_11			7879	4692	23745	-11971	-8940	-3664
60	1	SLV_12			12069	5292	21735	-14519	-25843	-2304

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	165 di 165
			Data Ott '23	

## 12 RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

Sottostruttura	Plinto (kg/m <sup>2</sup> )	Elevazione (kg/m <sup>2</sup> )	Paraghiaia (kg/m <sup>2</sup> )	Muri (kg/m <sup>2</sup> )
PILA P2	90	90	-	-
SPALLA SP1	100	80	140	90