

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

#### POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

OPERE PRINCIPALI - CAVALCAFERROVIA

IV01 - Nuovo cavalcaferrovia SP40 km 12+373,85

Relazione di calcolo pile

SCALA:

-

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

N M 0 Z    2 0    D    2 6    C L    I V 0 1 0 5    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRATA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran 	Novembre 2018	S. Borelli 	Novembre 2018	F. Borelli Novembre 2018 	

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Borelli  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 25172 Sez. A

File: NM0Z20D26CLIV0105001A

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	11
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	12
3.1	CALCESTRUZZO .....	12
3.2	ACCIAIO.....	12
3.2.1	<i>Acciaio per cemento armato.....</i>	<i>12</i>
3.2.2	<i>Acciaio tubolare micropali.....</i>	<i>13</i>
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	14
5	CARATTERISTICHE DELLA PILA .....	15
5.1	GEOMETRIA DELLA PILA SU PALI DI GRANDE DIAMETRO .....	15
5.2	GEOMETRIA DELLA PILA SU MICROPALI .....	15
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO .....	16
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1).....	16
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2).....	16
6.3	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO.....	16
6.3.1	<i>Schema di Carico 1 .....</i>	<i>17</i>
6.3.2	<i>Schema di Carico 5 .....</i>	<i>17</i>
6.3.3	<i>Schemi di carico adottati.....</i>	<i>18</i>
6.3.4	<i>Effetti dinamici e aerodinamici .....</i>	<i>19</i>
6.4	AZIONI LONGITUDINALI DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE Q <sub>3</sub> .....	19
6.5	AZIONE DEL VENTO.....	19
6.6	AZIONE SISMICA .....	23
6.6.1	<i>Vita nominale .....</i>	<i>23</i>
6.6.2	<i>Classe d'uso .....</i>	<i>23</i>
6.6.3	<i>Periodo di riferimento .....</i>	<i>24</i>

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	3 di 90

6.6.4	Valutazione dei parametri di pericolosità sismica .....	24
6.6.5	Caratterizzazione sismica del terreno .....	25
6.6.5.1	Categorie di Sottosuolo.....	25
6.6.5.2	Condizioni topografiche.....	26
6.6.5.3	Amplificazione Stratigrafica e Topografica .....	26
6.6.6	Parametri sismici di calcolo.....	27
6.6.1	Definizione delle azioni sismiche derivanti dall'impalcato.....	31
6.6.1.1	PILA SU PALI DI GRANDE DIAMETRO: .....	31
6.6.1.2	PILA SU MICROPALI: .....	32
6.7	RIEPILOGO DELLE AZIONI DEL TRAFFICO DELL'IMPALCATO.....	33
6.8	FORZE DI INERZIA DOVUTE AL SISMA .....	34
7	PILA SU PALI DI GRANDE DIAMETRO.....	35
7.1	PESI PROPRI PILA .....	35
7.2	PESI PILA .....	35
7.3	INERZIE .....	35
7.4	RIEPILOGO DELLE AZIONI DERIVANTI DALL'IMPALCATO.....	35
7.4.1	Azioni ad intradosso baggiolo.....	35
7.4.2	Azioni a baricentro intradosso plinto .....	36
7.5	RIEPILOGO COMPLESSIVO DELLE AZIONI A BARICENTRO INTRADOSO PLINTO.....	37
7.6	COMBINAZIONI DI CARICO .....	39
7.7	COMBINAZIONI SLU .....	41
7.7.1	Combinazioni SLU STR.....	41
7.7.2	Combinazioni SLU GEO .....	41
7.8	COMBINAZIONI SLE.....	42
7.8.1	Combinazioni SLE RARA .....	42
7.8.2	Combinazioni SLE FREQUENTE .....	42
7.8.3	Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE.....	43
7.9	COMBINAZIONI SISMICHE .....	43
7.9.1	Combinazioni SLV STR .....	43

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	4 di 90

7.9.2	<i>Combinazioni SLV GEO</i> .....	44
7.10	SOLLECITAZIONI COMBinate.....	44
7.11	CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE.....	47
8	PILA SU MICROPALI.....	51
8.1	PESI PROPRI PILA.....	51
8.2	PESI PILA.....	51
8.3	INERZIE.....	51
8.4	RIEPILOGO DELLE AZIONI DERIVANTI DALL'IMPALCATO.....	51
8.4.1	<i>Azioni ad intradosso baggiolo</i> .....	51
8.4.2	<i>Azioni a baricentro intradosso plinto</i> .....	52
8.5	RIEPILOGO COMPLESSIVO DELLE AZIONI A BARICENTRO INTRADOSO PLINTO.....	53
8.6	COMBINAZIONI DI CARICO.....	55
8.7	COMBINAZIONI SLU.....	57
8.7.1	<i>Combinazioni SLU STR</i> .....	57
8.7.2	<i>Combinazioni SLU GEO</i> .....	57
8.8	COMBINAZIONI SLE.....	58
8.8.1	<i>Combinazioni SLE RARA</i> .....	58
8.8.2	<i>Combinazioni SLE FREQUENTE</i> .....	58
8.8.3	<i>Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE</i> .....	59
8.9	COMBINAZIONI SISMICHE.....	59
8.9.1	<i>Combinazioni SLV STR</i> .....	59
8.9.2	<i>Combinazioni SLV GEO</i> .....	60
8.10	SOLLECITAZIONI COMBinate.....	60
8.11	CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI MICROPALI DI FONDAZIONE.....	63
9	VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI DI FONDAZIONE.....	69
10	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE.....	70

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	5 di 90

10.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLU.....	70
10.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLE.....	72
10.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure.....</i>	75
10.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio.....</i>	75
10.3	VERIFICA A TAGLIO.....	76
11	VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE.....	78
11.1	SOLLECITAZIONI.....	78
11.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE.....	79
11.2.1	<i>SLU.....</i>	80
11.2.2	<i>SLE.....</i>	81
11.2.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure.....</i>	81
11.2.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio.....</i>	81
11.3	VERIFICA A TAGLIO.....	82
12	VERIFICA DEL FUSTO.....	83
12.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL FUSTO.....	83
12.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL FUSTO COMBinate.....	85
12.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE.....	86
12.3.1	<i>SLU.....</i>	86
12.3.2	<i>SLE.....</i>	88
12.3.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure.....</i>	89
12.3.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio.....</i>	89
12.4	VERIFICA A TAGLIO.....	90

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla WBS IV01 (IV01 - Nuovo cavalcaferrovia nella SP 40 al km 12+373,85).

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle pile dell'opera.

Le verifiche dell'elevazione vengono riferite alla pila di altezza maggiore.

Il viadotto, di 1<sup>a</sup> Categoria, è costituito da n.8 impalcati in c.a.p., ciascuno dei quali è composto da n.8 travi longitudinali, da n.2 trasversi di campata e da n.2 trasversi di testata, sostenuti da n.2 spalle e n.7 pile.

Ciascuna campata del viadotto è in semplice appoggio.

La luce delle campate in asse pila è pari a 22.00m, mentre la luce degli impalcati misurata tra gli appoggi è pari a 19.80m.

La lunghezza complessiva di ciascun impalcato è pari a 21.20m.

Le fondazioni sono costituite da:

pile n.1, 2, 3, 5, 6, 7: plinto su n.12 pali di diametro 1.2m e lunghezza 18m

pila n.4: plinto su n.56 micropali di diametro 0.3m e lunghezza 15m

I plinti di fondazione presentano le seguenti dimensioni:

spalle: 13.58m x 13m (in obliquo) x 2.2m

pile n.1, 2, 3, 5, 6, 7: 13m x 9.40m x 2.0m

pila n.4: 12m x 3.5m x 2.0m

Le dimensioni delle strutture in elevazione delle spalle sono le seguenti:

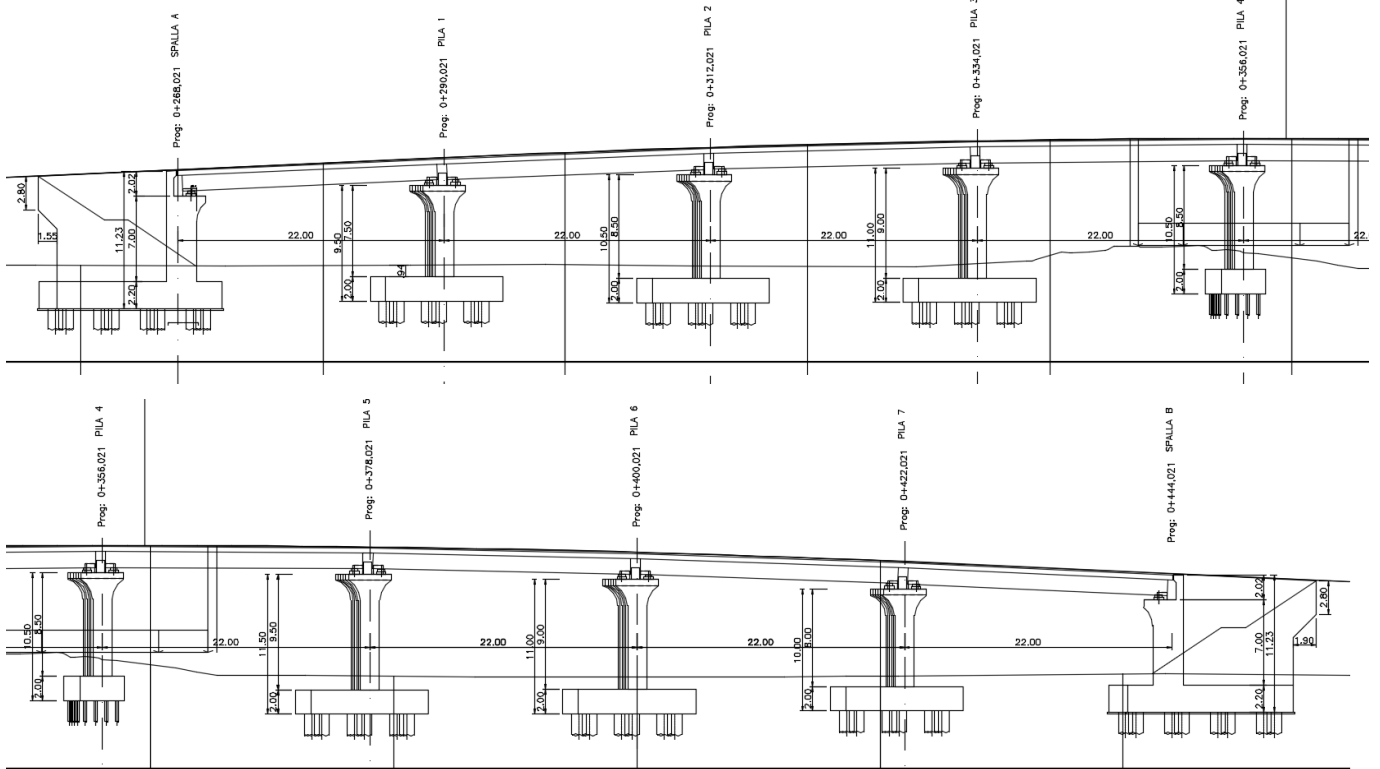
corpo pila di maggiore altezza: spessore: 1.50m      altezza: 7.35m      lunghezza: 11.00m

pulvino: spessore inf: 1.50m      altezza: 2.15m circa      lunghezza: 12.90m

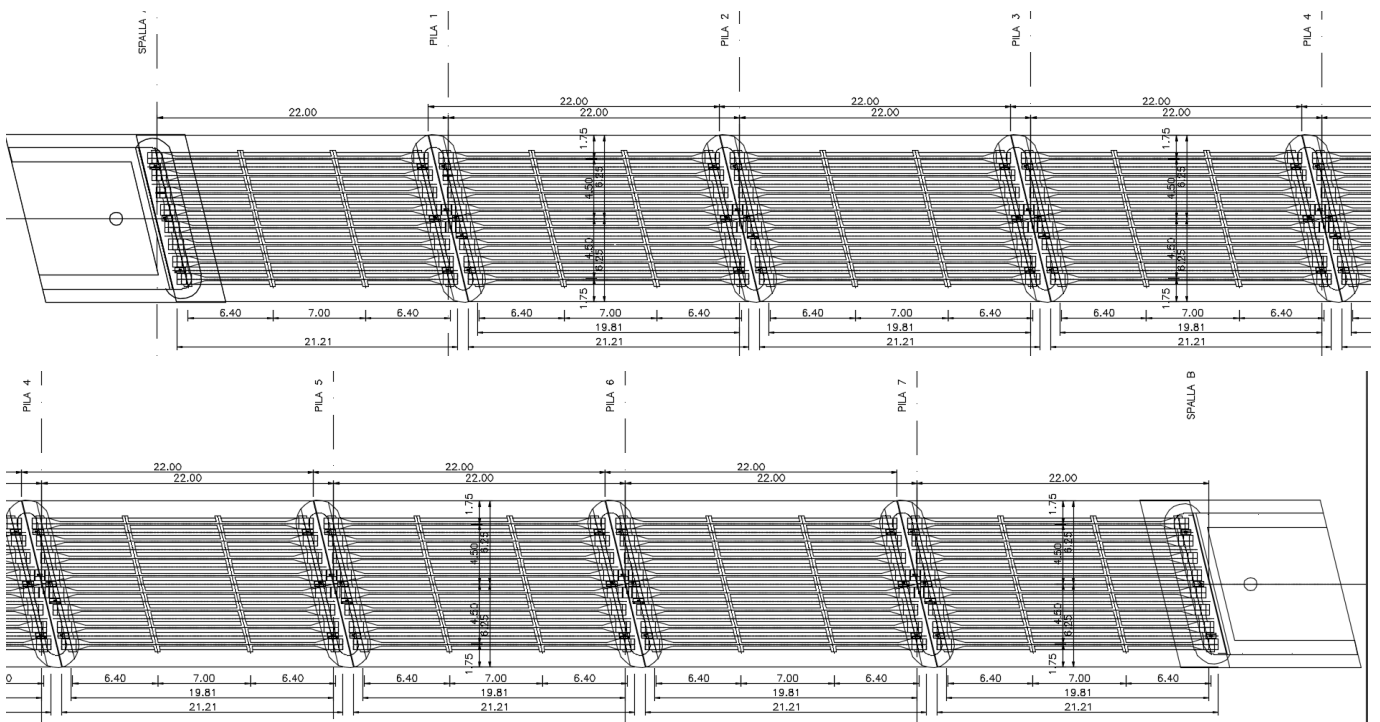
spessore sup: 3.40m      raggio di raccordo: 1.86m

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	7 di 90



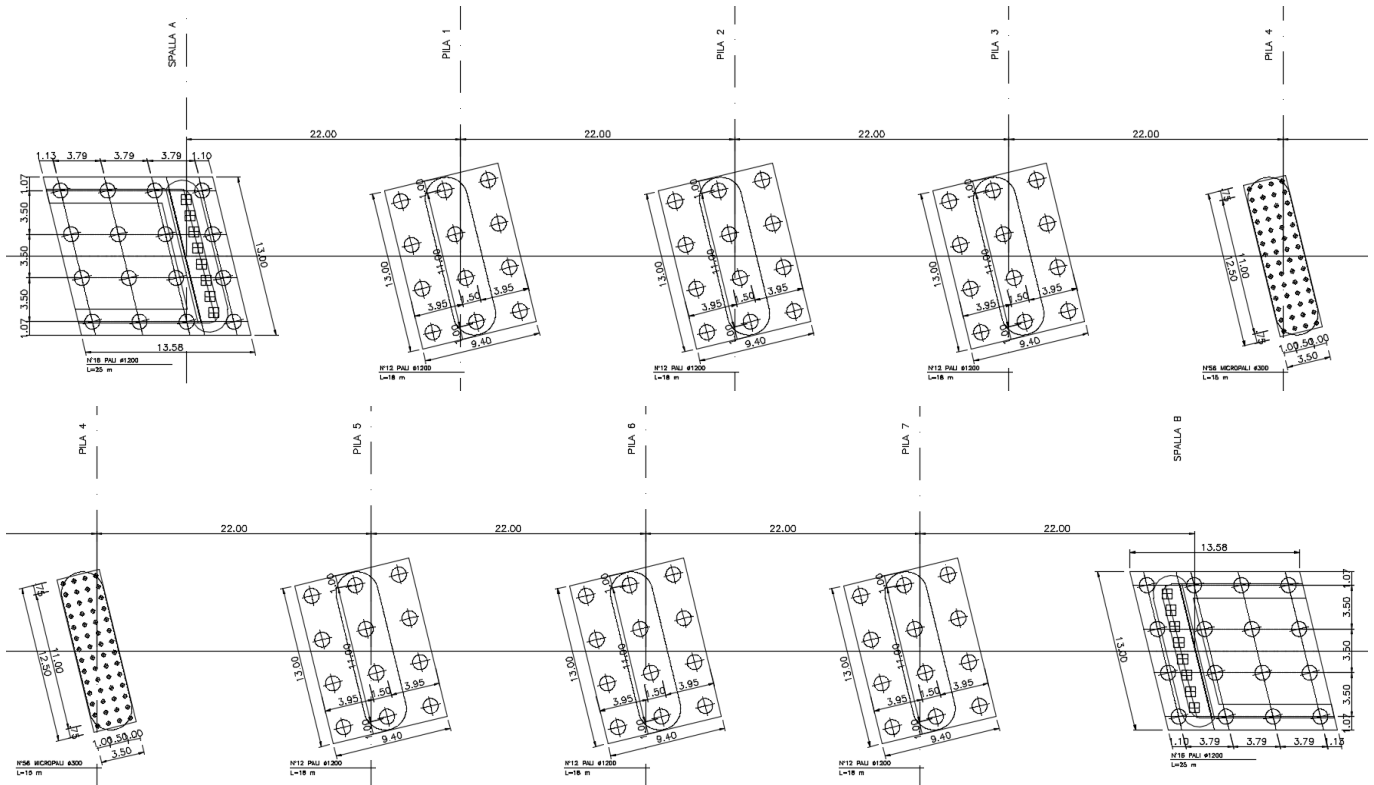
*Sezione longitudinale viadotto*



*Pianta impalcati del viadotto*

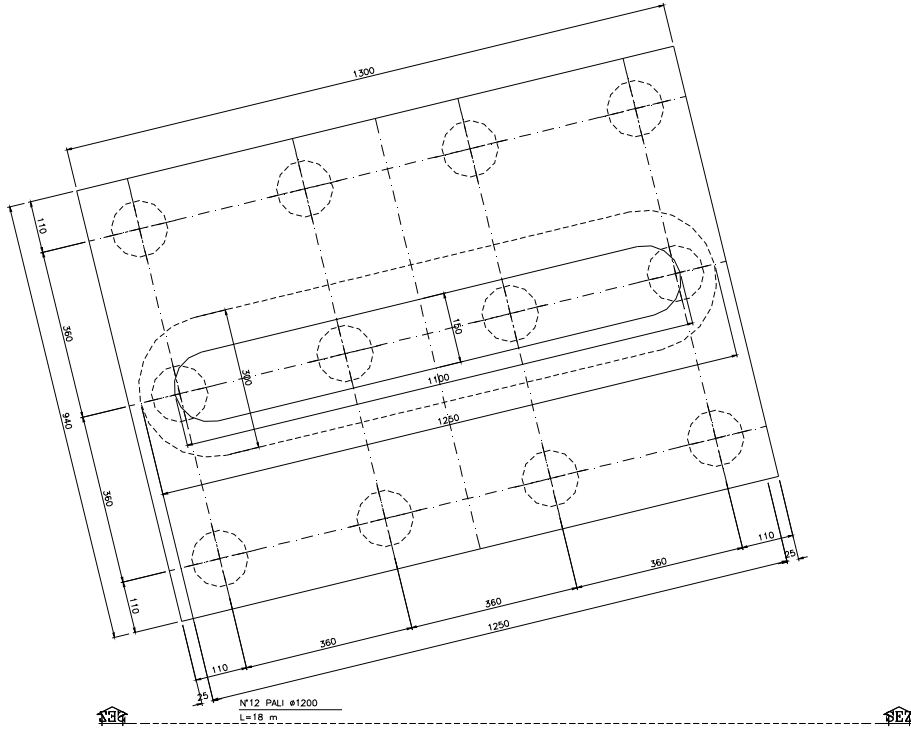
**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	8 di 90

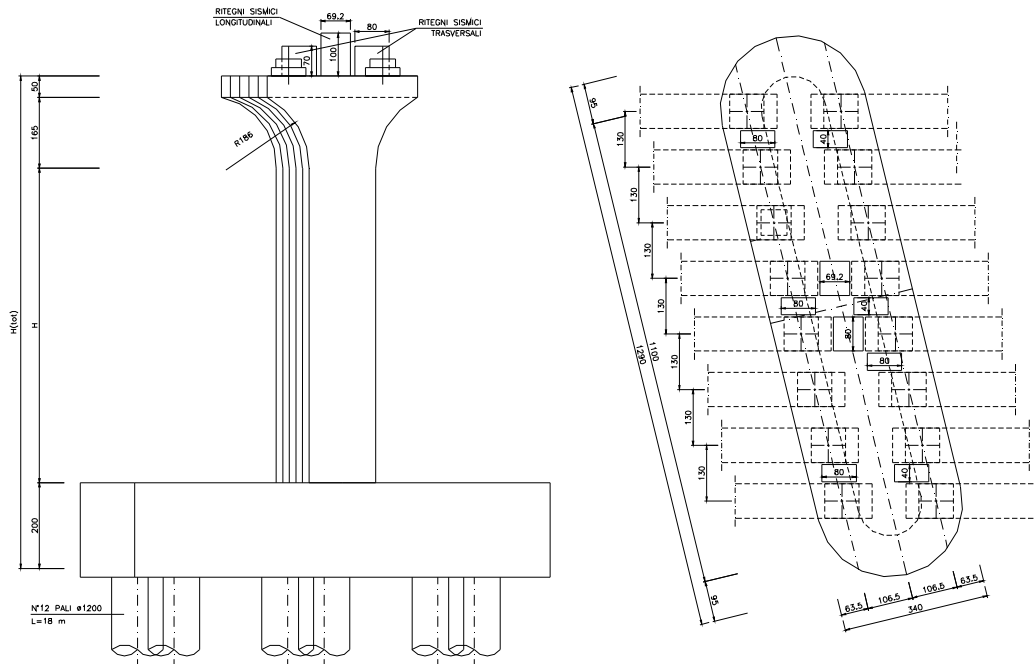


*Pianta fondazioni del viadotto*

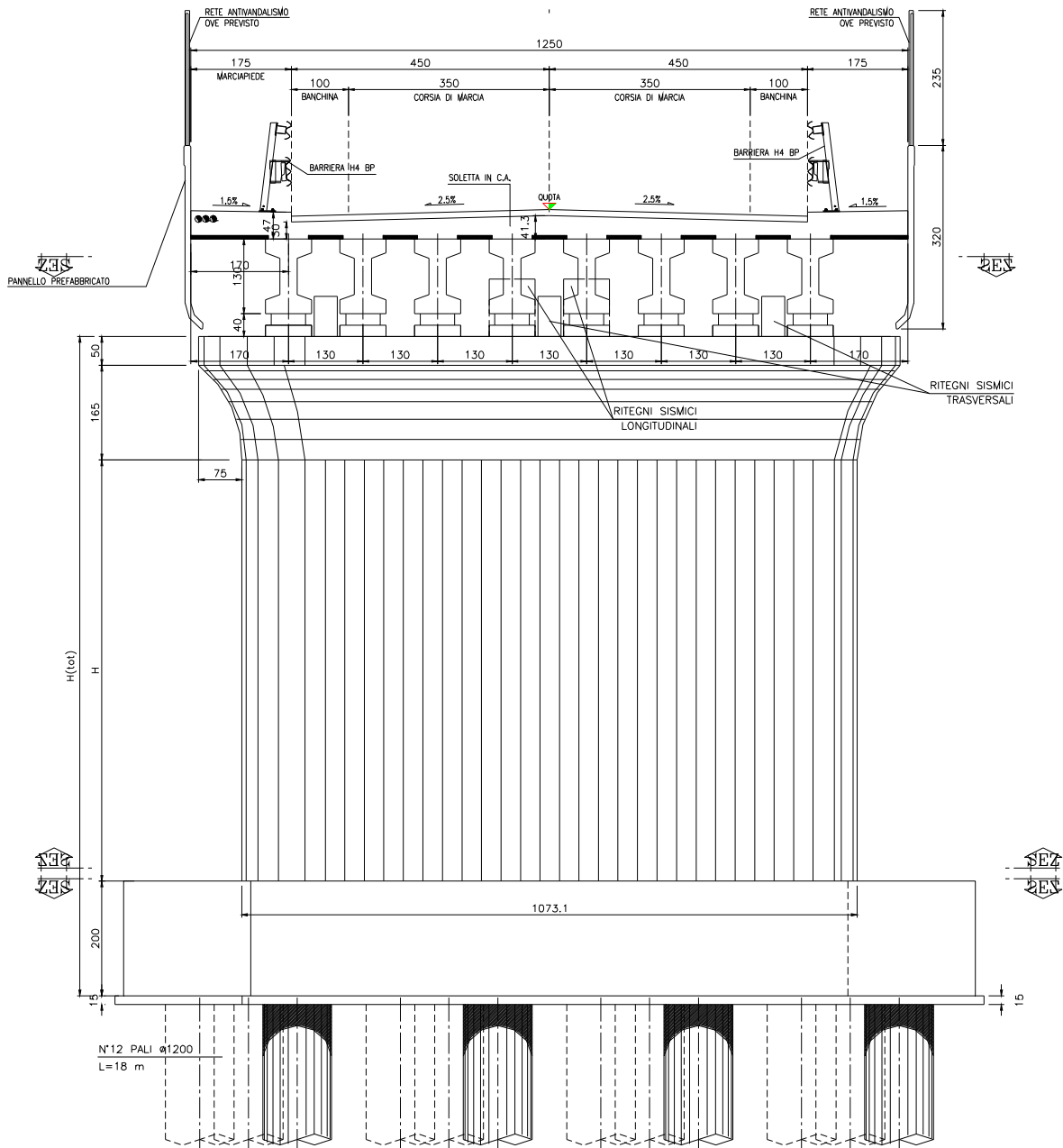





*Pianta delle fondazioni della pila*



*Sezione della pila e pianta testa-pila*



*Prospetto frontale della pila*

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0105001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti ferroviari.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2008 (NTC-2008);*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;*
- *RFI DTC SI PS MA IFS 001 A "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI. PARTE II – SEZIONE 2. PONTI E STRUTTURE"*
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;*
- *Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “energia” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

#### 3.1 Calcestruzzo

**Classe C32/40** (Elevazione pila)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$$

**Classe C25/30** (pali di fondazione; zattera di fondazione)

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,9 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,11 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

#### 3.2 Acciaio

##### 3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	<b>B450C</b>
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$ .

### 3.2.2 Acciaio tubolare micropali

S355:

Tensione di snervamento	$f_{yk} \leq 355 \text{ N/mm}^2$ ;
Tensione di rottura	$f_{tk} \leq 510 \text{ N/mm}^2$ ;
Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ ;
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$ ;
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)] = 80769.23 \text{ N/m}^2$ ;
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C-1}$ (per T fino a 100 °C);
Densità	$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Per l'opera in esame si ha quanto segue:

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]		$\phi'$ [°]	$\phi'$ [°]
						max	min		
8	PNMP21004	da 0 a 6m	Sg	20	17	25	25		25
		da 6m a 28m	S	20	17	30	22	30	30
		da 28m a 30m	Sg	20	17	30	30		30

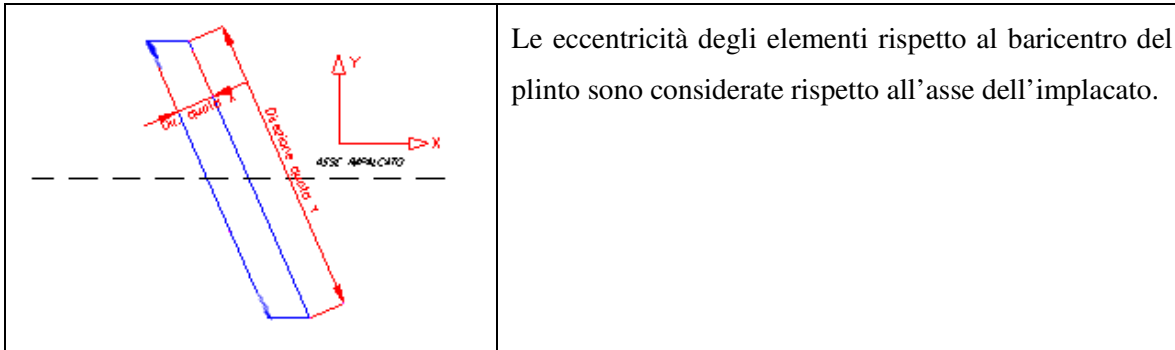
PROFONDITA'	$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria	$G_0$ [MPa]	
	max	min	max	min	terreno	max	min
da 0 a 6m	6	6	113	113	C	26	26
da 6m a 28m	46	3	331	163		227	55
da 28m a 30m	47	47	254	254		133	133

Nspt:

PROFONDITA'	Nspt
da 0 a 6m	7
da 6m a 28m	23
da 28m a 30m	44

## 5 CARATTERISTICHE DELLA PILA

Schema per la definizione della geometria:



### 5.1 Geometria della pila su pali di grande diametro

Inclinazione pila rispetto all'asse dell'impalcato: 14°.

	b [x] [m]	L [y] [m]	H [z] [m]	Eccentricità rispetto a baricentro plinto/palificata		
				e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	e <sub>z</sub> [m]
Pulvino Sup	3,00	12,50	0,5	0	0,0	11,45
Pulvino inf	2,25	12,50	1,65	0	0,0	10,65
Corpo Pila	1,5	11,00	7,35	0	0,0	5,875
Plinto	9,4	12,75	2,2	0	0,0	1,10
Rinterro posteriore	3,5	12,75	1	-2,725	0,0	2,70
Rinterro laterale	1,50	0,875	1	0	0,0	2,70
Rinterro anteriore	3,50	12,75	1	2,725	0,0	2,70

### 5.2 Geometria della pila su micropali

Inclinazione pila rispetto all'asse dell'impalcato: 14°.

	b [x] [m]	L [y] [m]	H [z] [m]	Eccentricità rispetto a baricentro plinto/palificata		
				e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	e <sub>z</sub> [m]
Pulvino Sup	3.00	12.50	0.5	0	0.0	10.25
Pulvino inf	2.25	12.50	1.65	0	0.0	9.45
Corpo Pila	1.5	11.00	6.35	0	0.0	5.175
Plinto	3.5	12.50	2	0	0.0	1.00
Rinterro posteriore	3.5	12.50	1	-2.725	0.0	2.50
Rinterro laterale	1.50	0.750	1	0	0.0	2.50
Rinterro anteriore	3.50	12.50	1	2.725	0.0	2.50

## 6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Per la definizione dei carichi gravanti sulla pila sono state considerate le luci delle due campate:

Luce campata SX: 19.80m

Luce campata DX: 19.80m

Extra appoggio di ciascuna campata: 1.1m

Lunghezza impalcato relativo alla pila:  $19.80\text{m}/2 + 19.80\text{m}/2 + 1.1\text{m} \times 2 = 22.0\text{m}$ .

### 6.1 Carichi permanenti strutturali (g1)

Questa categoria di carichi comprende il peso proprio degli elementi strutturali, sia della pila (calcolato considerando un peso specifico del calcestruzzo di 25kN/mc) che i carichi trasmessi dall'impalcato.

Il peso a metro lineare del singolo impalcato è pari a: 257.5 kN/m.

### 6.2 Carichi permanenti non strutturali (g2)

Questa categoria di carichi comprende il peso proprio degli elementi non strutturali:

- carico dei permanenti non strutturali dell'impalcato (nero, barriere, velette, rete).

Il peso a metro lineare del permanente non strutturale del singolo impalcato è pari a: 45.00 kN/m.

### 6.3 Azioni variabili da traffico

Il viadotto è classificato di 1<sup>a</sup> categoria, ossia per il transito dei carichi mobili in seguito descritti con il loro intero valore..

I carichi verticali sono definiti per mezzo di schemi di carico. Sono previsti due schemi di carico distinti:

Schema di Carico 1 - è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti;

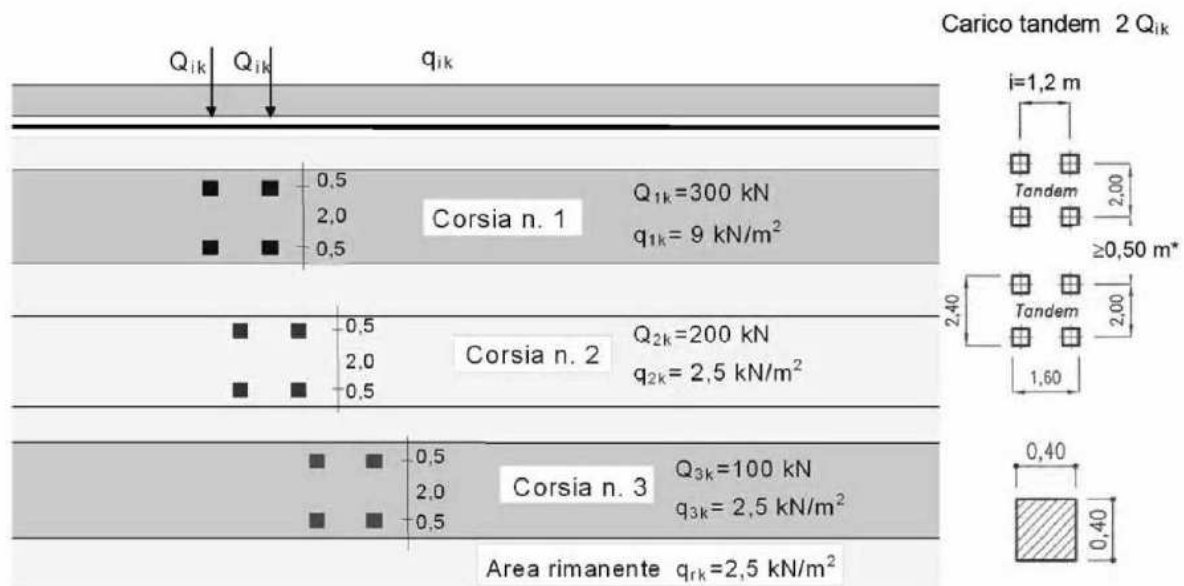
Schema di Carico 5 - è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m<sup>2</sup>. Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m<sup>2</sup>;



### 6.3.1 Schema di Carico 1

Lo schema di carico 1 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico stradale e risulta costituito da:

- due assi in tandem  $Q_{ik}$  ciascuno da 300 kN disposti ad interasse longitudinale pari a 1,20m ed interasse trasversale pari a 2.0m;
- carico distribuito di  $9.0 \text{ kN/m}^2$  in entrambe le direzioni e per una lunghezza illimitata.



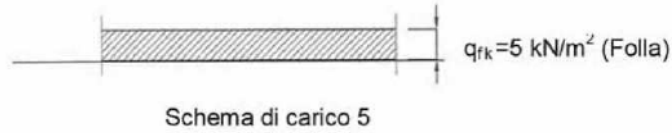
Schemi di carico 1

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1a Categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.

Nell'impalcato in esame sono state considerate n.3 colonne di carico.

### 6.3.2 Schema di Carico 5

Lo schema di carico 5 schematizza gli effetti della folla compatta:



Nell'impalcato in esame è stato applicato nei marciapiedi.

### 6.3.3 Schemi di carico adottati

Gli schemi di carico 1 e 5 sono stati disposti sull'impalcato al fine di massimizzare le azioni sulla pila.

In particolare con la disposizione di n.3 colonne dello Schema di Carico 1 (vedi la figura al precedente paragrafo 6.3.1) e della disposizione dello Schema di Carico 5 in corrispondenza dei marciapiedi è stata effettuata la massimizzazione dell'azione verticale, mentre con la disposizione di n.1 colonna dello Schema di Carico 1 adiacente il marciapiede e la disposizione dello Schema di Carico 5 sullo stesso marciapiede è stata effettuata la massimizzazione del momento trasversale.

Le suindicate n.2 disposizioni sono state applicate sia in entrambi gli impalcati afferenti la pila in esame, sia soltanto su uno di essi al fine di massimizzare il momento longitudinale

Il segno dei momenti trasversali è stato assunto concorde a quello delle altre azioni al fine di avere le condizioni più gravose.

Gli scarichi sulla spalla dovuti ai singoli schemi di carico applicati sono i seguenti:

Le azioni di carico verticale, momento trasversale e momento longitudinale derivanti dagli impalcati sono i seguenti:

	Max N sulla spalla	Max Mx sulla spalla	Max My sulla spalla	
	Traffico	Traffico	Traffico	
$Q_{1k}$	1200	600	1230	kN
$q_{1k}$	924	594	462	kN
$q_{fk}$	193	96	96	kN
N	2317	1290	1788	kN
Mx	-2487	-4099	-1874	kNm
My	0	0	1967	kNm

in cui nel caso di Schemi di carico su una campata:

Schema di carico 1  $Q_{1k}$        $(615(1)+410(2)+205(3))= 1230$  kN      (n) numero colonna di carico: 1,2,3  
 Schema di carico 1  $q_{1k}$        $(297(1)+83(2)+83(3))= 462$  kN

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	19 di 90

Schema di carico 5  $q_{fk}$  (48(1)+48(2))=96 kN (n) numero marciapiede: 1,2  
mentre nel caso di Schemi di carico su due campate:

Schema di carico 1  $Q_{1k}$  (600(1)+400(2)+200(3))= 1200 kN (n) numero colonna di carico: 1,2,3

Schema di carico 1  $q_{1k}$  (594(1)+165(2)+165(3))= 924 kN

Schema di carico 5  $q_{fk}$  (96(1)+96(2))=193 kN (n) numero marciapiede: 1,2

### 6.3.4 Effetti dinamici e aerodinamici

I carichi mobili includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità.

L'effetto aerodinamico sulla pila del passaggio dei convogli ferroviari non è dimensionante e pertanto non è stato considerato.

### 6.4 Azioni longitudinali di frenamento o di accelerazione $q_3$ .

La forza di frenamento o di accelerazione  $q_3$  è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 \cdot (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \cdot w_l \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

per i ponti di 1a categoria, essendo  $w_l$  la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata.

La forza pari a 420 kN, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

	Fx (kN)	My (kNm)	Mt (kNm)
Frenatura	420.0	927	1259

Le azioni sono state calcolate considerando una lunghezza di impalcato pari a  $L=22.00\text{m}$ .

### 6.5 Azione del vento

Per la determinazione dell'azione dovuta al vento si fa riferimento al DM 14.1.2008 e relativa circolare. In particolare le istruzioni prevedono che la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni e sui loro elementi proceda secondo lo schema seguente:

1. definite le caratteristiche del sito ove sorge la costruzione, si valuta la velocità di progetto e la pressione cinetica di picco del vento;

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	20 di 90

2. definita la forma, le dimensioni e l'orientamento della costruzione, si valutano le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento sulla costruzione e sui suoi elementi;
3. definite le proprietà meccaniche della costruzione e dei suoi elementi si valutano le azioni statiche equivalenti.

Le analisi sono svolte considerando due condizioni di carico:

- 1) ponte scarico;
- 2) ponte carico.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Usualmente tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni  $p$  (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- $q_b$  = pressione cinetica di riferimento;
- $c_e$  = coefficiente di esposizione;
- $c_p$  = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- $c_d$  = coefficiente dinamico.

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare			500m	750m	
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

*Definizione della categoria di esposizione*

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	21 di 90

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Schema per la definizione della categoria di esposizione – cfr. NTC18

Il valore di  $c_e$  può essere ricavato mediante la relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z > z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			100
$T_R$ (Tempo di ritorno)			75
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			25.000
$\alpha_R$ ( $T_R$ )			1.02346
$v_b$ ( $T_R$ ) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			25.586



$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ $q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq]) $c_e$ (coefficiente di esposizione) $c_p$ (coefficiente di forma) $c_d$ (coefficiente dinamico)
---

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$$q_b = 409.17 \text{ N/mq}$$

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

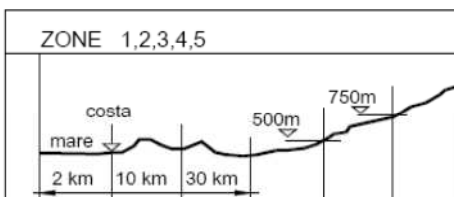
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	22 di 90

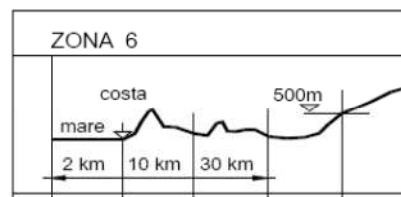
Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno


D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

	ZONE 1,2,3,4,5					
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

	ZONA 6				
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

	ZONE 7,8		
			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

	ZONA 9	
		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]
1	D	100

$$C_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$


Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>
II	0.19	0.05	4	1

q <sub>b</sub>	0.41	kN/mq	
C <sub>e</sub>	2.265		Coefficiente di esposizione
C <sub>p</sub>	1.2		Coefficiente di forma
C <sub>d</sub>	1		Coefficiente dinamico
P	1.11	kN/mq	Pressione del vento

In tal modo le azioni del vento e relativi momenti di trasporto al baricentro dell'impalcato sono i seguenti:

	Ponte scarico	Ponte carico
H vento	5.55	5.55 m
Ry vento/m	6.2	6.2 kN/m
Ry vento tot	135.8	135.8 kN
Mx tot	-431.1	-431.1 kNm

$$M_x = R \cdot (H_{\text{vento}}/2 + H_{\text{baggioli}} + H_{\text{apparecchiAppoggio}})$$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0105001	REV. A

## 6.6 Azione Sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2008), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2008, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 del D.M. 2008.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell’azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### 6.6.1 Vita nominale


La vita nominale di un’opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Per l’opera in esame viene assunta una vita nominale  $V_N = 75$ .

### 6.6.2 Classe d’uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d’uso così definite:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0105001	REV. A

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe 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 D.M. 5 novembre 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.

Nel presente progetto si considera una **classe d'uso tipo III** con coefficiente d'uso  $C_U=1,5$ .

### 6.6.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$  :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1,5 = 112,5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

### 6.6.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

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



	STATO LIMITE	P <sub>VR</sub> : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

*Probabilità di superamento P<sub>VR</sub> al variare dello stato limite considerato*

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{V_R})} \text{ da cui si ottiene la seguente tabella:}$$

Stati limite		Valori in anni del periodo di ritorno T <sub>R</sub> al variare del periodo di riferimento V <sub>R</sub> (anni)
SLE	SLO	68
	SLD	113
SLU	SLV	1068
	SLC	2193

*Valori in anni del periodo di ritorno T<sub>R</sub> al variare del periodo di riferimento V<sub>R</sub>*

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo T<sub>R</sub> in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a T<sub>R</sub> = 1068 anni.

## 6.6.5 Caratterizzazione sismica del terreno

### 6.6.5.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria C**.

### 6.6.5.2 Condizioni topografiche

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

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

*Classificazione topografie superfici*

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

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

### 6.6.5.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

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

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

*Tabella delle espressioni per  $S_S$  e  $C_C$*

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 1: Tabella valori massimi del coeff. di amplificazione topografica  $S_T$

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a  $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a  $S_S = 1,50$  e  $C_C = 1,571$

### 6.6.6 Parametri sismici di calcolo

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Individuazione della pericolosità del sito (Fase 1)

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

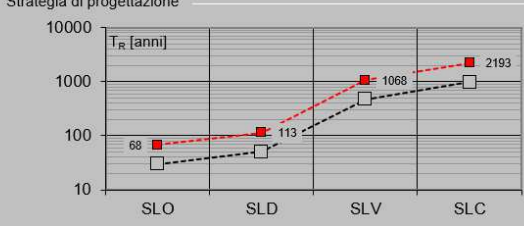
Stati limite ultimi - SLU {

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

Scelta della strategia di progettazione (Fase 2)

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info       $S_S = 1.500$        $C_C = 1.571$  info

Categoria topografica  info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%)        $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$        Regol. in altezza  info

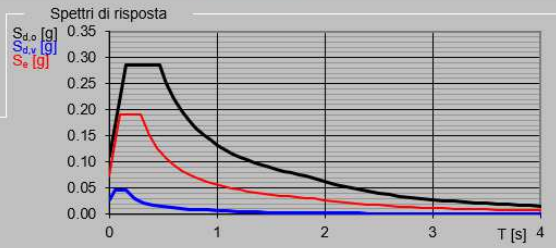
Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta = 0.667$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

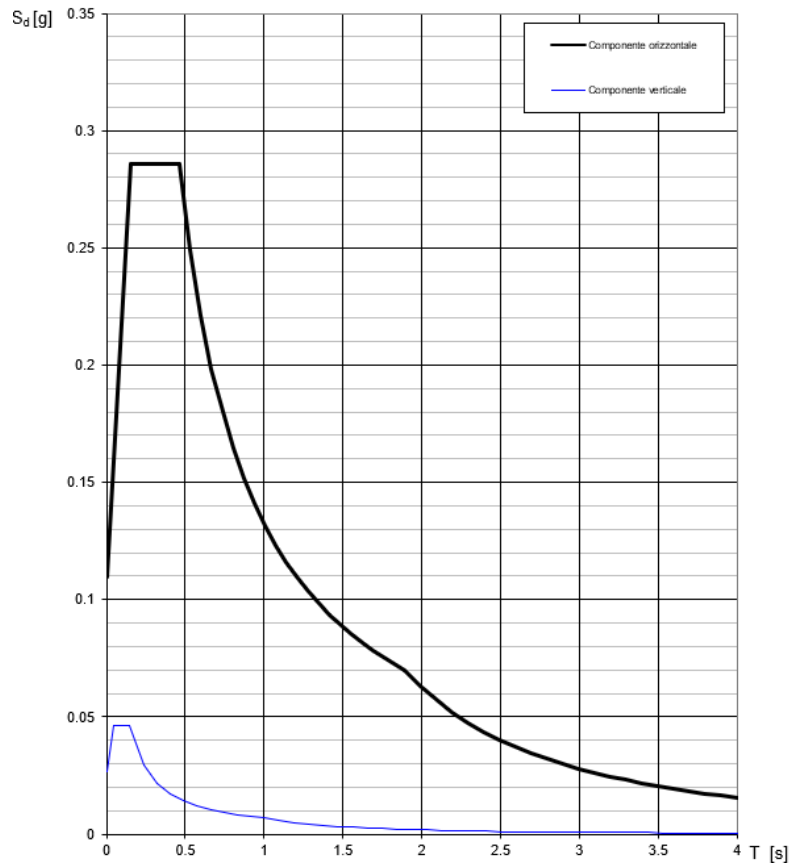
— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

Determinazione dell'azione di progetto (Fase 3)

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



*Spettro di progetto: grafico*

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.073 g
$F_0$	2.606
$T_C$	0.295 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.571
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.154 s
$T_C$	0.463 s
$T_D$	1.893 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.110
$T_B$	0.154	0.286
$T_C$	0.463	0.286
	0.531	0.249
	0.599	0.221
	0.667	0.198
	0.736	0.180
	0.804	0.165
	0.872	0.152
	0.940	0.141
	1.008	0.131
	1.076	0.123
	1.144	0.116
	1.212	0.109
	1.280	0.103
	1.348	0.098
	1.416	0.094
	1.484	0.089
	1.552	0.085
	1.620	0.082
	1.688	0.078
	1.757	0.075
	1.825	0.073
$T_D$	1.893	0.070
	1.993	0.063
	2.093	0.057
	2.194	0.052
	2.294	0.048
	2.394	0.044
	2.495	0.040
	2.595	0.037
	2.695	0.035
	2.796	0.032
	2.896	0.030
	2.996	0.028
	3.097	0.026
	3.197	0.025
	3.298	0.023
	3.398	0.022
	3.498	0.020
	3.599	0.019
	3.699	0.018
	3.799	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.016

*Spettro di progetto: valori*

### 6.6.1 Definizione delle azioni sismiche derivanti dall'impalcato

Vengono definiti i periodi propri della pila in direzione trasversale e longitudinale tramite lo schema di oscillatore elementare:  $T = 2\pi (M/K)^{0.5}$ .

La rigidezza K è stata assunta pari a:  $K = 3EJ/H^3$ , con:

E: modulo elastico del calcestruzzo

J:  $1/12 b h^3$  (b: larghezza pila in dir. Long.; spessore pila in dir. Trasv.)

(h: spessore pila in dir. Long.; larghezza pila in dir. Trasv.)

H: altezza della pila

La massa M è stata assunta pari a: massa impalcato + massa pulvino + 1/2 massa fusto pila.

A partire dai periodi propri in direzione longitudinale e trasversale attraverso lo spettro di progetto definito in precedenza è possibile definire le accelerazioni sismiche nelle due direzioni.

#### 6.6.1.1 PILA SU PALI DI GRANDE DIAMETRO:

Hfusto	7.35 m
Hpulvino	2.15 m
H oscillatore	9.5 m

	peso	massa
Fusto pila	3032 kN	309 kN/9.81
Pulvino	1629 kN	166 kN/9.81
Impalcato	6562.0 kN	669 kN/9.81

Massa oscillatore = Impalcato + Pulvino + Fusto pila/2

Massa 989 kN/9.81

	LONG	TRASV	
$k=3EJ/L^3$	32868325.7	1767585513	kN/m
E	33643000	33643000	kN/mq
J	3.09	166.4	m <sup>4</sup>
T	0.0345	0.00470	sec
$S_e$	<b>0.149</b>	<b>0.115</b>	g

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	32 di 90

La modellazione dell'azione sismica è stata effettuata mediante un'analisi lineare statica.

Peso intero impalcato	6546.9 kN
Braccio	1.455 m

	%sisma sulla spalla	$S_e$ (g)	F sisma	M
Sisma long X	1	0.149	978	1422 Fx My
Sisma trasv Y	1	0.115	754	-1097 Fy Mx

**6.6.1.2 PILA SU MICROPALI:**

Hfusto	6.35 m
Hpulvino	2.15 m
H oscillatore	8.5 m

	peso	massa
Fusto pila	2619 kN	267 kN/9.81
Pulvino	1629 kN	166 kN/9.81
Impalcato	6562.0 kN	669 kN/9.81

Massa oscillatore = Impalcato + Pulvino + Fusto pila/2  
 Massa 968 kN/9.81

	LONG	TRASV		
$k=3EJ/L^3$	36735187.5	1975536750	kN/m	
E	33643000	33643000	kN/mq	
J	3.09	166.4	m <sup>4</sup>	
T	0.0322	0.00440	sec	
$S_e$	<b>0.146</b>	<b>0.115</b>	g	
Peso intero impalcato			6546.9 kN	
Braccio			1.455 m	
	%sisma sulla spalla	$S_e$ (g)	F sisma	M
Sisma long X	1	0.146	961	1398 Fx My
Sisma trasv Y	1	0.115	752	-1093 Fy Mx



## 6.7 Riepilogo delle azioni del traffico dell'impalcato

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza del traffico stradale vanno sempre combinati con le altre azioni, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella.

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

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura $q_3$	Forza centrifuga $q_4$	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 <sup>(*)</sup>						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 <sup>(**)</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 <sup>(***)</sup>	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

<sup>(\*)</sup> Ponti di 3<sup>a</sup> categoria  
<sup>(\*\*)</sup> Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
<sup>(\*\*\*)</sup> Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Disposizione di carico 1a (Nmax):

Schema di Carico 1 (n.3 colonne di carico)

Schema di Carico 5 (su n.2 marciapiedi)

Disposizione di carico 1b (Nmin/ $M_{\text{trasv}}$  max):

Schema di Carico 1 (n.1 colonne di carico)

Schema di Carico 5 (su n.1 marciapiede)

Ai fini delle analisi da condurre gli effetti di frenatura e avviamento sono stati considerati agenti in un unico verso.

## 6.8 Forze di inerzia dovute al sisma

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla pila dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo.

Le risultanti orizzontali in direzione longitudinale e trasversale sono state assunte pari rispettivamente a:

$$F_{h,long} = S_e \cdot (T_{long}) W$$

$$F_{h,trasv} = S_e \cdot (T_{trasv}) W$$

con  $S_e \cdot (T_{long})$  ed  $S_e \cdot (T_{trasv})$  come definite al § 6.6.1.

## 7 PILA SU PALI DI GRANDE DIAMETRO

### 7.1 Pesì propri pila

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Pulvino Sup	469	0	0	0	0
Pulvino inf	1160	0	0	0	0
Corpo Pila	3032	0	0	0	0
Plinto	5993	0	0	0,0	0
Rinterro posteriore	893	0	0	-2432,1	0
Rinterro laterale	53	0	0	0,0	0
Rinterro anteriore	893	0	0	2432,1	0

### 7.2 Pesì pila

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Peso pila	10653	0	0	0	0
Rinterro posteriore	893	0	0	-2432	0
Rinterro anteriore+laterale	945	0	0	2432	0

### 7.3 Inerzie

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Inerzia pila dir longitudinale	0	1587		6048	
Inerzia pila dir trasversale			1224		-4664

## 7.4 Riepilogo delle azioni derivanti dall'impalcato

### 7.4.1 Azioni ad intradosso baggio

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>	M <sub>TORC</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
Peso proprio impalcato	5569,8					
Sovraccarichi permanenti impalcato	992,3					
Q <sub>ik</sub> (massimo carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	1230,1			0,0	-1230,1	
q <sub>ik</sub> (massimo carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	463,1			0,0	-645,0	
Folla (massimo carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	96,5			0,0	0,0	

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	36 di 90

Frenatura		419,5		927,2		1258,6
Qik (massimo carico su due campate: Max N)	1200,0			0,0		-1200,0
qik (massimo carico su due campate: Max N)	926,1			0,0		-1289,9
folla (massimo carico su due campate: Max N)	192,9			0,0		0,0
Qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	600,0			0,0		-1800,0
qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	595,4			0,0		-1786,1
folla (minimo carico su due campate: Max Mx)	96,5			0,0		-518,5
Vento a ponte scarico su due campate			136,1			-432,1
Vento a ponte carico su due campate			136,1			-432,1
Attrito Qik (max carico su una campata. Max My)		49,2				
Attrito qik (max carico su una campata. Max My)		18,5				
Attrito Folla (max carico su una campata. Max My)		3,9				
Attrito dei vincoli (ponte scarico)		262,5				
Attrito Qik (max carico su due campate: Max N)		48,0				
Attrito qik (max carico su due campate: Max N)		37,0				
Attrito folla (max carico su due campate: Max N)		7,7				
Attrito Qik (min carico su due campate: Max Mx)		24,0				
Attrito qik (min carico su due campate: Max Mx)		23,8				
Attrito folla (min carico su due campate: Max Mx)		3,9				
Spettro X		977.7		1422.1		
Spettro Y			753.9			-1096.6

**7.4.2 Azioni a baricentro intradosso plinto**

	N [kN]	F <sub>L</sub> =F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>T</sub> =F <sub>y</sub> [kN]	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>TORC</sub> [kNm]
Peso proprio impalcato	5570	0	0	0	0	0
Sovraccarichi permanenti impalcato	992	0	0	0	0	0
Qik (massimo carico su una campata. Max My)	1230	0	0	1353	-1230	0
qik (massimo carico su una campata. Max My)	463	0	0	509	-645	0
Folla (massimo carico su una campata. Max My)	96	0	0	106	0	0
Frenatura	0	420	0	5752	0	1259
Qik (massimo carico su due campate: Max N)	1200	0	0	0	-1200	0
qik (massimo carico su due campate: Max N)	926	0	0	0	-1290	0
folla (massimo carico su due campate: Max N)	193	0	0	0	0	0
Qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	600	0	0	0	-1800	0
qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	595	0	0	0	-1786	0
folla (minimo carico su due campate: Max Mx)	96	0	0	0	-519	0
Vento a ponte scarico su due campate	0	0	136	0	-1997	0

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	37 di 90

Vento a ponte carico su due campate	0	0	136	0	-1997	0
Attrito Q <sub>ik</sub> (max carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	0	49	0	566	0	0
Attrito q <sub>ik</sub> (max carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	0	19	0	213	0	0
Attrito Folla (max carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	0	4	0	44	0	0
Attrito dei vincoli (ponte scarico)	0	262	0	3019	0	0
Attrito Q <sub>ik</sub> (max carico su due campate: Max N)	0	48	0	552	0	0
Attrito q <sub>ik</sub> (max carico su due campate: Max N)	0	37	0	426	0	0
Attrito folla (max carico su due campate: Max N)	0	8	0	89	0	0
Attrito Q <sub>ik</sub> (min carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	0	24	0	276	0	0
Attrito q <sub>ik</sub> (min carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	0	24	0	274	0	0
Attrito folla (min carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	0	4	0	44	0	0
Spettro X	0	978	0	12666	0	0
Spettro Y	0	0	754	0	-9766	0

**7.5 Riepilogo complessivo delle azioni a baricentro intradosso plinto**

		N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>	M <sub>Tor</sub> =M <sub>Z</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
<b>Sollecitazioni statiche impalcato</b>	Peso proprio impalcato	5570	0	0	0	0	0
	Sovraccarichi permanenti impalcato	992	0	0	0	0	0
	Q <sub>ik</sub> (massimo carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	1230	0	0	1353	-1230	0
	q <sub>ik</sub> (massimo carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	463	0	0	509	-645	0
	Folla (massimo carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	96	0	0	106	0	0
	Frenatura	0	420	0	5752	0	1259
	Q <sub>ik</sub> (massimo carico su due campate: Max N)	1200	0	0	0	-1200	0
	q <sub>ik</sub> (massimo carico su due campate: Max N)	926	0	0	0	-1290	0
	folla (massimo carico su due campate: Max N)	193	0	0	0	0	0
	Q <sub>ik</sub> (minimo carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	600	0	0	0	-1800	0
	q <sub>ik</sub> (minimo carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	595	0	0	0	-1786	0
	folla (minimo carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	96	0	0	0	-519	0
	Vento a ponte scarico su due campate	0	0	136	0	-1997	0
	Vento a ponte carico su due campate	0	0	136	0	-1997	0
	Attrito Q <sub>ik</sub> (max carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	0	49	0	566	0	0
	Attrito q <sub>ik</sub> (max carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	0	19	0	213	0	0
	Attrito Folla (max carico su una campata. Max M <sub>y</sub> )	0	4	0	44	0	0
	Attrito dei vincoli (ponte scarico)	0	262	0	3019	0	0
	Attrito Q <sub>ik</sub> (max carico su due campate: Max N)	0	48	0	552	0	0
	Attrito q <sub>ik</sub> (max carico su due campate: Max N)	0	37	0	426	0	0
Attrito folla (max carico su due campate: Max N)	0	8	0	89	0	0	
Attrito Q <sub>ik</sub> (min carico su due campate: Max M <sub>x</sub> )	0	24	0	276	0	0	

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	38 di 90

	Attrito qik (min carico su due campate: Max Mx)	0	24	0	274	0	0
	Attrito folla (min carico su due campate: Max Mx)	0	4	0	44	0	0
Sisma impalcato	Spettro X	0	978	0	12666	0	0
	Spettro Y	0	0	754	0	-9766	0
Sollecitazioni statiche pila	Peso pila	10653	0	0	0	0	0
	Rinterro posteriore	893	0	0	-2432	0	0
	Rinterro anteriore+laterale	945	0	0	2432	0	0
Sisma Pila	Inerzia pila dir longitudinale	0	1587	0	6048	0	0
	Inerzia pila dir trasversale	0	0	1224	0	-4664	0

## 7.6 Combinazioni di carico

Sulla base delle condizioni di carico elementare illustrate al §6 sono state definite le combinazioni di carico.

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

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

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

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

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

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

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

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

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, 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 di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 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
Vento $q_5$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_5$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5



## 7.7 Combinazioni SLU

In riferimento allo SLU le azioni da traffico sono state combinate con i carichi permanenti, i carichi permanenti non strutturali e le altre azioni variabili.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'approccio 1.

Pertanto sono stati definiti due serie di combinazioni allo SLU secondo i coefficienti delle sue colonne A1 STR e A2 STR della tabella 5.2.V delle NTC08.

### 7.7.1 Combinazioni SLU STR

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.6 combinazioni allo SLU di cui n.3 in cui, al fine considerare anche la condizione di minimo carico sulla fondazione, per i carichi permanenti è stato assunto un coefficiente di combinazione unitario.

Sono state definite n.3 combinazioni a ponte scarico di cui n.2 con l'azione del vento.

Pertanto complessivamente sono state definite 21 combinazioni SLU STR.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLU STR	1.35	1.35	1.35	1.35/1.0125/0.54	0.9/1.5	0.72
	1	1	1	0 (PS)	1.5 (PS)	

\*PS: ponte scarico

### 7.7.2 Combinazioni SLU GEO

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.3 combinazioni allo SLU.

Sono state definite n.2 combinazioni a ponte scarico di cui n.1 con l'azione del vento.

Pertanto complessivamente sono state definite 11 combinazioni SLU GEO

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	42 di 90

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLU GEO	1 1	1 1	1	1.15/0.863/0.46 0 (PS)	0.78/1.3 1.3 (PS)	0.6

\*PS: ponte scarico

## 7.8 Combinazioni SLE

Analogamente a quanto fatto per gli SLU sono state definite le combinazioni di carico agli SLE.

### 7.8.1 Combinazioni SLE RARA

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.3 combinazioni allo SLE.

Sono state definite n.2 combinazioni a ponte scarico di cui n.1 con l'azione del vento.

Pertanto complessivamente sono state definite 11 combinazioni SLE RARA

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLE RARA	1	1	1	1/0.75/0.40 0 (PS)	0.6/1 1 (PS)	0.6

\*PS: ponte scarico

### 7.8.2 Combinazioni SLE FREQUENTE

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.1 combinazioni allo SLE.

Ancora è stata definita una combinazione di carico a ponte scarico.

Pertanto complessivamente sono state definite 4 combinazioni SLE FREQUENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	43 di 90

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLE FREQUENTE	1	1	1	0.75/0.4 0 (PS)	0 0.2 (PS)	0.5

\*PS: ponte scarico

### 7.8.3 Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE

È stata definita 1 combinazione SLE PERMANENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLE QUASI PERMANENTE	1	1	1	0	0	0

### 7.9 Combinazioni SISMICHE

Sono state definite le combinazioni sismiche sia per gli stati limite ultimi strutturali (SLV STR) che geotecnici (SLV GEO).

#### 7.9.1 Combinazioni SLV STR

Per ogni gruppo di carico di tipo 1 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLV STR, per un totale pertanto di 12 combinazioni per ogni direzione del sisma.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

SISMA X

g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli	Effetti Sisma in X	Effetti Sisma in Y
1	1	0	0	0	0	1	0.3

SISMA Y

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	44 di 90

g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli	Effetti Sisma in X	Effetti Sisma in Y
1	1	0	0	0	0	0.3	1

### 7.9.2 Combinazioni SLV GEO

Per ogni gruppo di carico di tipo 1 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLV GEO, per un totale pertanto di 12 combinazioni per ogni direzione del sisma.

I coefficienti di combinazione utilizzati sono gli stessi definiti per le combinazioni SLV STR.

### 7.10 Sollecitazioni combinate

Si riportano di seguito le sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico ad intradosso plinto baricentro palificata.

Combo	N [kN]	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub> [kN]	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub> [kNm]	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub> [kNm]	M <sub>Tor</sub> =M <sub>Z</sub> [kNm]
SLU_STR_01	25721	189	0	2173	0	0
SLU_STR_02	21469	241	122	5424	-4329	0
SLU_STR_03	22184	256	122	2941	-5159	0
SLU_STR_04	20797	226	122	2601	-7339	0
SLU_STR_05	28137	241	122	5424	-4329	0
SLU_STR_06	28852	256	122	2941	-5159	0
SLU_STR_07	27465	226	122	2601	-7339	0
SLU_STR_08	20548	804	122	12144	-3391	1699
SLU_STR_09	20768	817	122	10642	-3709	1699
SLU_STR_010	19982	790	122	10334	-4584	1699
SLU_STR_011	27217	804	122	12144	-3391	1699
SLU_STR_012	27436	817	122	10642	-3709	1699
SLU_STR_013	26650	790	122	10334	-4584	1699
SLU_STR_014	20548	238	204	4379	-4590	0
SLU_STR_015	20768	250	204	2878	-4907	0
SLU_STR_016	19982	223	204	2569	-5783	0
SLU_STR_017	27217	238	204	4379	-4590	0
SLU_STR_018	27436	250	204	2878	-4907	0
SLU_STR_019	26650	223	204	2569	-5783	0

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	45 di 90

SLU_STR_020	20548	238	204	4379	-4590	0
SLU_STR_021	20768	250	204	2878	-4907	0
SLU_STR_022	19982	223	204	2569	-5783	0
SLU_STR_023	27217	238	204	4379	-4590	0
SLU_STR_024	27436	250	204	2878	-4907	0
SLU_STR_025	26650	223	204	2569	-5783	0
SLU_STR_026	19053	189	204	2173	-2996	0
SLU_STR_027	25721	189	204	2173	-2996	0
SLV_STR_01	19053	2754	593	20887	-4329	0
SLV_STR_02	19053	958	1978	7788	-14430	0
SLE_rara_01	19053	157	0	1811	0	0
SLE_rara_02	20842	200	82	4274	-3073	0
SLE_rara_03	21372	213	82	2451	-3688	0
SLE_rara_04	20345	188	82	2168	-5303	0
SLE_rara_05	20161	618	82	9249	-2379	1259
SLE_rara_06	20323	628	82	8150	-2614	1259
SLE_rara_07	19741	606	82	7893	-3263	1259
SLE_rara_08	20161	198	136	3497	-3178	0
SLE_rara_09	20323	209	136	2398	-3413	0
SLE_rara_010	19741	186	136	2141	-4062	0
SLE_rara_011	19053	157	136	1811	-1997	0
SLE_rara_012	20323	209	136	2398	-3413	0
SLE_rara_013	19741	186	136	2141	-4062	0
SLE_rara_014	19053	157	136	1811	-1997	0
SLE_fre_01	20199	167	0	3182	-1181	0
SLE_fre_02	20400	178	0	2043	-1416	0
SLE_fre_03	19780	157	0	1806	-2272	0
SLE_fre_04	19053	131	27	1509	-399	0
SLE_QP_01	19053	0	0	0	0	0
SLU_GEO_01	19053	157	0	1811	0	0
SLU_GEO_02	21111	200	106	4569	-3714	0
SLU_GEO_03	21720	213	106	2451	-4421	0
SLU_GEO_04	20538	188	106	2168	-6278	0
SLU_GEO_05	20327	681	106	10294	-2915	1447
SLU_GEO_06	20514	691	106	9013	-3186	1447
SLU_GEO_07	19844	669	106	8756	-3932	1447
SLU_GEO_08	20327	198	177	3680	-3954	0
SLU_GEO_09	20514	209	177	2398	-4225	0
SLU_GEO_010	19844	186	177	2141	-4970	0

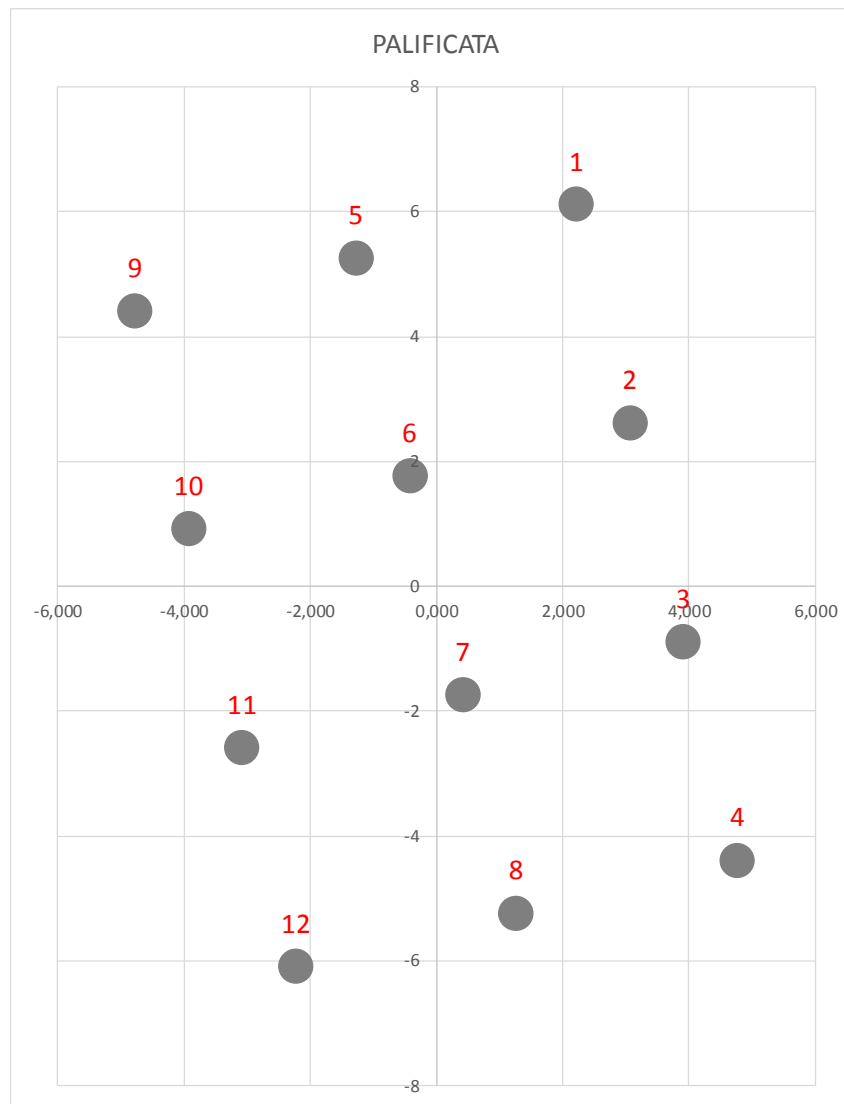
**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	46 di 90

SLU_GEO_011	20327	198	177	3680	-3954	0
SLU_GEO_012	20514	209	177	2398	-4225	0
SLU_GEO_013	19844	186	177	2141	-4970	0
SLV_GEO_01	19053	2565	593	18714	-4329	0
SLV_GEO_02	19053	769	1978	5614	-14430	0

### 7.11 CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE

A partire dalle sollecitazioni riportate al §7.10 sono state definite le azioni agenti sui singoli pali della fondazione.



Coordinate pali:

Palo	X (m)	Y (m)
1	2,220	6,1
2	3,070	2,6
3	3,920	-0,9
4	4,770	-4,4

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	48 di 90

5	-1,270	5,25
6	-0,420	1,75
7	0,420	-1,750
8	1,270	-5,250
9	-4,770	4,400
10	-3,920	0,9
11	-3,070	-2,6
12	-2,220	-6,100

Sforzo normale:  $N_{palo,i} = N/n.pali + M_y/\Sigma x^2 x_i + M_x/\Sigma y^2 y_i$

Taglio:  $T_{palo,i} = (F_x/n.pali + F_y/n.pali)^{0.5}$

Momento  $M_{palo,i} = T_{palo,i} \times \lambda \times C_M$

Con:  $\lambda = (E_p J/k_h)^{1/5}$

$C_M$  da calcolarsi in base a  $\lambda$ , tabella pag.476 "Viggiani":

L/l	$C_M$
2	1.06
3	0.97
4	0.93
$\geq 5$	0.93

$k_h$	1.5	kg/cm <sup>3</sup>
$\lambda$	2.92	m
L	15	m
L/ $\lambda$	5.14	-
$C_M$	0.93	-

Si riportano di seguito le azioni sui pali maggiormente sollecitati (pali di angolo) per tutte le combinazioni di carico esaminate:

	N P.1 [kN]	N P.4 [kN]	N P.9 [kN]	N P.12 [kN]	T P.1 [kN]	T P.4 [kN]	T P.9 [kN]	T P.12 [kN]	M P.1 [kN]	M P.4 [kN]	M P.9 [kN]	M P.12 [kN]
SLU_STR_01	2188	2239	2048	2099	16	16	16	16	43	43	43	43
SLU_STR_02	1761	2128	1450	1817	22	22	22	22	61	61	61	61
SLU_STR_03	1743	2098	1600	1954	24	24	24	24	64	64	64	64
SLU_STR_04	1550	2018	1448	1916	21	21	21	21	58	58	58	58



**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	49 di 90

SLU_STR_05	2316	2684	2006	2373	22	22	22	22	61	61	61	61
SLU_STR_06	2298	2653	2155	2510	24	24	24	24	64	64	64	64
SLU_STR_07	2106	2573	2004	2472	21	21	21	21	58	58	58	58
SLU_STR_08	1852	2325	1100	1573	68	68	68	68	184	184	184	184
SLU_STR_09	1829	2285	1177	1632	69	69	69	69	187	187	187	187
SLU_STR_010	1729	2226	1104	1601	67	67	67	67	181	181	181	181
SLU_STR_011	2407	2881	1656	2129	68	68	68	68	184	184	184	184
SLU_STR_012	2385	2840	1732	2188	69	69	69	69	187	187	187	187
SLU_STR_013	2285	2782	1660	2157	67	67	67	67	181	181	181	181
SLU_STR_014	1693	1984	1441	1732	22	22	22	22	60	60	60	60
SLU_STR_015	1670	1943	1518	1791	23	23	23	23	63	63	63	63
SLU_STR_016	1570	1885	1446	1760	21	21	21	21	58	58	58	58
SLU_STR_017	2249	2539	1997	2288	22	22	22	22	60	60	60	60
SLU_STR_018	2226	2499	2074	2347	23	23	23	23	63	63	63	63
SLU_STR_019	2126	2440	2002	2316	21	21	21	21	58	58	58	58
SLU_STR_020	1654	2011	1413	1770	26	26	26	26	71	71	71	71
SLU_STR_021	1632	1971	1490	1830	27	27	27	27	73	73	73	73
SLU_STR_022	1532	1912	1418	1799	25	25	25	25	68	68	68	68
SLU_STR_023	2210	2567	1969	2326	26	26	26	26	71	71	71	71
SLU_STR_024	2187	2527	2046	2385	27	27	27	27	73	73	73	73
SLU_STR_025	2087	2468	1974	2354	25	25	25	25	68	68	68	68
SLU_STR_026	1536	1753	1423	1640	23	23	23	23	63	63	63	63
SLU_STR_027	2091	2309	1978	2195	23	23	23	23	63	63	63	63
SLV_STR_01	1876	2606	569	1300	235	235	235	235	637	637	637	637
SLV_STR_02	1283	2265	910	1893	183	183	183	183	497	497	497	497
SLE_rara_01	1625	1667	1588	1588	13	13	13	13	36	36	36	36
SLE_rara_02	1725	1996	1737	1737	18	18	18	18	49	49	49	49
SLE_rara_03	1712	1974	1781	1781	19	19	19	19	52	52	52	52
SLE_rara_04	1569	1914	1695	1695	17	17	17	17	46	46	46	46
SLE_rara_05	1793	2142	1680	1680	52	52	52	52	141	141	141	141
SLE_rara_06	1776	2113	1694	1694	53	53	53	53	143	143	143	143
SLE_rara_07	1702	2068	1645	1645	51	51	51	51	138	138	138	138
SLE_rara_08	1675	1889	1680	1680	18	18	18	18	48	48	48	48
SLE_rara_09	1659	1860	1694	1694	19	19	19	19	51	51	51	51
SLE_rara_010	1584	1815	1645	1645	17	17	17	17	46	46	46	46
SLE_rara_011	1649	1908	1680	1680	20	20	20	20	54	54	54	54
SLE_rara_012	1633	1878	1694	1694	21	21	21	21	56	56	56	56
SLE_rara_013	1558	1833	1645	1645	19	19	19	19	52	52	52	52
SLE_rara_014	1561	1714	1588	1588	17	17	17	17	47	47	47	47

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	50 di 90

SLE_fre_01	1710	1851	1683	1683	14	14	14	14	38	38	38	38
SLE_fre_02	1696	1823	1700	1700	15	15	15	15	40	40	40	40
SLE_fre_03	1612	1780	1648	1648	13	13	13	13	36	36	36	36
SLE_fre_0	31	66	0	0	11	11	11	11	30	30	30	30
SLE_fre_04	1606	1663	1588	1588	11	11	11	11	30	30	30	30
SLE_QP_01	1588	1588	1588	1588	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU_GEO_01	1625	1667	1588	1588	13	13	13	13	36	36	36	36
SLU_GEO_02	1733	2046	1759	1759	19	19	19	19	51	51	51	51
SLU_GEO_03	1718	2020	1810	1810	20	20	20	20	54	54	54	54
SLU_GEO_04	1554	1953	1712	1712	18	18	18	18	49	49	49	49
SLU_GEO_05	1811	2214	1694	1694	57	57	57	57	156	156	156	156
SLU_GEO_06	1791	2180	1709	1709	58	58	58	58	158	158	158	158
SLU_GEO_07	1706	2130	1654	1654	56	56	56	56	153	153	153	153
SLU_GEO_08	1675	1923	1694	1694	19	19	19	19	51	51	51	51
SLU_GEO_09	1656	1889	1709	1709	19	19	19	19	53	53	53	53
SLU_GEO_010	1571	1839	1654	1654	18	18	18	18	48	48	48	48
SLU_GEO_011	1642	1947	1694	1694	22	22	22	22	60	60	60	60
SLU_GEO_012	1623	1913	1709	1709	23	23	23	23	62	62	62	62
SLU_GEO_013	1538	1863	1654	1654	21	21	21	21	58	58	58	58
SLU_GEO_014	1541	1728	1588	1588	20	20	20	20	54	54	54	54
SLV_GEO_01	1831	2511	1588	1588	219	219	219	219	595	595	595	595
SLV_GEO_02	1238	2169	1588	1588	177	177	177	177	480	480	480	480

Le azioni minime e massime sui pali sono le seguenti:

con i valori non unitari dei coefficienti A1 STR e A2 GEO dei carichi permanenti

		N P.1	N P.4	N P.9	N P.12	T P.1	T P.4	T P.9	T P.12	M P.1	M P.4	M P.9	M P.12
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLU STR	MIN	1532	1753	1100	1573	16	16	16	16	43	43	43	43
SLU STR	MAX	2407	2881	2155	2510	69	69	69	69	187	187	187	187
SLV STR	MIN	1283	2265	569	1300	183	183	183	183	497	497	497	497
SLV STR	MAX	1876	2606	910	1893	235	235	235	235	637	637	637	637
SLE RARA	MIN	1558	1667	1588	1588	13	13	13	13	36	36	36	36
SLE RARA	MAX	1793	2142	1781	1781	53	53	53	53	143	143	143	143
SLE FREQ	MIN	1606	1663	1588	1588	11	11	11	11	30	30	30	30
SLE FREQ	MAX	1710	1851	1700	1700	15	15	15	15	40	40	40	40
SLE QP	MIN	1588	1588	1588	1588	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE QP	MAX	1588	1588	1588	1588	0	0	0	0	0	0	0	0

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	51 di 90

SLU GEO	MIN	1538	1667	1588	1588	13	13	13	13	36	36	36	36
SLU GEO	MAX	1811	2214	1810	1810	58	58	58	58	158	158	158	158
SLV GEO	MIN	1238	2169	1588	1588	177	177	177	177	480	480	480	480
SLV GEO	MAX	1831	2511	1588	1588	219	219	219	219	595	595	595	595

## 8 PILA SU MICROPALI

### 8.1 Pesì propri pila

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>x</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Pulvino Sup	469	0	0	0	0
Pulvino inf	1160	0	0	0	0
Corpo Pila	2619	0	0	0	0
Plinto	2188	0	0	0,0	0
Rinterro posteriore	875	0	0	-2384,4	0
Rinterro laterale	45	0	0	0,0	0
Rinterro anteriore	875	0	0	2384,4	0

### 8.2 Pesì pila

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>x</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Peso pila	6436	0	0	0	0
Rinterro posteriore	875	0	0	-2384	0
Rinterro anteriore+laterale	920	0	0	2384	0

### 8.3 Inerzie

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>x</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Inerzia pila dir longitudinale	0	943		4615	
Inerzia pila dir trasversale			737		-3609

### 8.4 Riepilogo delle azioni derivanti dall'impalcato

#### 8.4.1 Azioni ad intradosso baggiolo

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
NMOZ 20 D 26 CLIV0105001 A 52 di 90

	N [kN]	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub> [kN]	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub> [kNm]	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub> [kNm]	M <sub>TORC</sub> [kNm]
Peso proprio impalcato	5569,8					
Sovraccarichi permanenti impalcato	992,3					
Qik (massimo carico su una campata. Max My)	1230,1			0,0	-1230,1	
qik (massimo carico su una campata. Max My)	462,0			0,0	-643,5	
Folla (massimo carico su una campata. Max My)	96,3			0,0	0,0	
Frenatura		419,4		926,9		1258,2
Qik (massimo carico su due campate: Max N)	1200,0			0,0	-1200,0	
qik (massimo carico su due campate: Max N)	924,0			0,0	-1287,0	
folla (massimo carico su due campate: Max N)	192,5			0,0	0,0	
Qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	600,0			0,0	-1800,0	
qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	594,0			0,0	-1782,0	
folla (minimo carico su due campate: Max Mx)	96,3			0,0	-517,3	
Vento a ponte scarico su due campate			135,8		-431,1	
Vento a ponte carico su due campate			135,8		-431,1	
Attrito Qik (max carico su una campata. Max My)		49,2				
Attrito qik (max carico su una campata. Max My)		18,5				
Attrito Folla (max carico su una campata. Max My)		3,9				
Attrito dei vincoli (ponte scarico)		262,5				
Attrito Qik (max carico su due campate: Max N)		48,0				
Attrito qik (max carico su due campate: Max N)		37,0				
Attrito folla (max carico su due campate: Max N)		7,7				
Attrito Qik (min carico su due campate: Max Mx)		24,0				
Attrito qik (min carico su due campate: Max Mx)		23,8				
Attrito folla (min carico su due campate: Max Mx)		3,9				
Spettro X		961,1		1397,9		
Spettro Y			751,6		-1093,3	

**8.4.2 Azioni a baricentro intradosso plinto**

	N [kN]	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub> [kN]	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub> [kNm]	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub> [kNm]	M <sub>TORC</sub> [kNm]
Peso proprio impalcato	5570	0	0	0	0	0
Sovraccarichi permanenti impalcato	992	0	0	0	0	0
Qik (massimo carico su una campata. Max My)	1230	0	0	1353	-1230	0
qik (massimo carico su una campata. Max My)	462	0	0	508	-644	0
Folla (massimo carico su una campata. Max My)	96	0	0	106	0	0
Frenatura	0	419	0	5498	0	1258

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	53 di 90

Qik (massimo carico su due campate: Max N)	1200	0	0	0	-1200	0
qik (massimo carico su due campate: Max N)	924	0	0	0	-1287	0
folla (massimo carico su due campate: Max N)	193	0	0	0	0	0
Qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	600	0	0	0	-1800	0
qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	594	0	0	0	-1782	0
folla (minimo carico su due campate: Max Mx)	96	0	0	0	-517	0
Vento a ponte scarico su due campate	0	0	136	0	-1911	0
Vento a ponte carico su due campate	0	0	136	0	-1911	0
Attrito Qik (max carico su una campata. Max My)	0	49	0	536	0	0
Attrito qik (max carico su una campata. Max My)	0	19	0	202	0	0
Attrito Folla (max carico su una campata. Max My)	0	4	0	42	0	0
Attrito dei vincoli (ponte scarico)	0	262	0	2861	0	0
Attrito Qik (max carico su due campate: Max N)	0	48	0	523	0	0
Attrito qik (max carico su due campate: Max N)	0	37	0	404	0	0
Attrito folla (max carico su due campate: Max N)	0	8	0	84	0	0
Attrito Qik (min carico su due campate: Max Mx)	0	24	0	262	0	0
Attrito qik (min carico su due campate: Max Mx)	0	24	0	260	0	0
Attrito folla (min carico su due campate: Max Mx)	0	4	0	42	0	0
Spettro X	0	961	0	11873	0	0
Spettro Y	0	0	752	0	-9286	0

### 8.5 Riepilogo complessivo delle azioni a baricentro intradosso plinto

		N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>x</sub>	M <sub>Tor</sub> =M <sub>z</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
Sollecitazioni statiche impalcato	Peso proprio impalcato	5570	0	0	0	0	0
	Sovraccarichi permanenti impalcato	992	0	0	0	0	0
	Qik (massimo carico su una campata. Max My)	1230	0	0	1353	-1230	0
	qik (massimo carico su una campata. Max My)	462	0	0	508	-644	0
	Folla (massimo carico su una campata. Max My)	96	0	0	106	0	0
	Frenatura	0	419	0	5498	0	1258
	Qik (massimo carico su due campate: Max N)	1200	0	0	0	-1200	0
	qik (massimo carico su due campate: Max N)	924	0	0	0	-1287	0
	folla (massimo carico su due campate: Max N)	193	0	0	0	0	0
	Qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	600	0	0	0	-1800	0
	qik (minimo carico su due campate: Max Mx)	594	0	0	0	-1782	0
	folla (minimo carico su due campate: Max Mx)	96	0	0	0	-517	0
	Vento a ponte scarico su due campate	0	0	136	0	-1911	0
	Vento a ponte carico su due campate	0	0	136	0	-1911	0
	Attrito Qik (max carico su una campata. Max My)	0	49	0	536	0	0
	Attrito qik (max carico su una campata. Max My)	0	19	0	202	0	0
	Attrito Folla (max carico su una campata. Max My)	0	4	0	42	0	0

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	54 di 90

	Attrito dei vincoli (ponte scarico)	0	262	0	2861	0	0
	Attrito Qik (max carico su due campate: Max N)	0	48	0	523	0	0
	Attrito qik (max carico su due campate: Max N)	0	37	0	404	0	0
	Attrito folla (max carico su due campate: Max N)	0	8	0	84	0	0
	Attrito Qik (min carico su due campate: Max Mx)	0	24	0	262	0	0
	Attrito qik (min carico su due campate: Max Mx)	0	24	0	260	0	0
	Attrito folla (min carico su due campate: Max Mx)	0	4	0	42	0	0
Sisma impalcato	Spettro X	0	961	0	11873	0	0
	Spettro Y	0	0	752	0	-9286	0
Sollecitazioni statiche pila	Peso pila	6436	0	0	0	0	6436
	Rinterro posteriore	875	0	0	-2384	0	875
	Rinterro anteriore+laterale	920	0	0	2384	0	920
Sisma Pila	Inerzia pila dir longitudinale	0	943	0	4615	0	0
	Inerzia pila dir trasversale	0	0	737	0	-3609	0

## 8.6 Combinazioni di carico

Sulla base delle condizioni di carico elementare illustrate al §6 sono state definite le combinazioni di carico.

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

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

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

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

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

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

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

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

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, 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 di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 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
Vento $q_5$	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
Esecuzione		0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_5$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5



## 8.7 Combinazioni SLU

In riferimento allo SLU le azioni da traffico sono state combinate con i carichi permanenti, i carichi permanenti non strutturali e le altre azioni variabili.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'approccio 1.

Pertanto sono stati definiti due serie di combinazioni allo SLU secondo i coefficienti delle sue colonne A1 STR e A2 STR della tabella 5.2.V delle NTC08.

### 8.7.1 Combinazioni SLU STR

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.6 combinazioni allo SLU di cui n.3 in cui, al fine considerare anche la condizione di minimo carico sulla fondazione, per i carichi permanenti è stato assunto un coefficiente di combinazione unitario.

Sono state definite n.3 combinazioni a ponte scarico di cui n.2 con l'azione del vento.

Pertanto complessivamente sono state definite 21 combinazioni SLU STR.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLU STR	1.35	1.35	1.35	1.35/1.0125/0.54	0.9/1.5	0.72
	1	1	1	0 (PS)	1.5 (PS)	

\*PS: ponte scarico

### 8.7.2 Combinazioni SLU GEO

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.3 combinazioni allo SLU.

Sono state definite n.2 combinazioni a ponte scarico di cui n.1 con l'azione del vento.

Pertanto complessivamente sono state definite 11 combinazioni SLU GEO

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	58 di 90

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLU GEO	1 1	1 1	1	1.15/0.863/0.46 0 (PS)	0.78/1.3 1.3 (PS)	0.6

\*PS: ponte scarico

## 8.8 Combinazioni SLE

Analogamente a quanto fatto per gli SLU sono state definite le combinazioni di carico agli SLE.

### 8.8.1 Combinazioni SLE RARA

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.3 combinazioni allo SLE.

Sono state definite n.2 combinazioni a ponte scarico di cui n.1 con l'azione del vento.

Pertanto complessivamente sono state definite 11 combinazioni SLE RARA

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLE RARA	1	1	1	1/0.75/0.40 0 (PS)	0.6/1 1 (PS)	0.6

\*PS: ponte scarico

### 8.8.2 Combinazioni SLE FREQUENTE

Per ciascuna delle tre disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite n.1 combinazioni allo SLE.

Ancora è stata definita una combinazione di carico a ponte scarico.

Pertanto complessivamente sono state definite 4 combinazioni SLE FREQUENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	59 di 90

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLE FREQUENTE	1	1	1	0.75/0.4 0 (PS)	0 0.2 (PS)	0.5

\*PS: ponte scarico

### 8.8.3 Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE

È stata definita 1 combinazione SLE PERMANENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli
SLE QUASI PERMANENTE	1	1	1	0	0	0

### 8.9 Combinazioni SISMICHE

Sono state definite le combinazioni sismiche sia per gli stati limite ultimi strutturali (SLV STR) che geotecnici (SLV GEO).

#### 8.9.1 Combinazioni SLV STR

Per ogni gruppo di carico di tipo 1 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLV STR, per un totale pertanto di 12 combinazioni per ogni direzione del sisma.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

SISMA X

g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli	Effetti Sisma in X	Effetti Sisma in Y
1	1	0	0	0	0	1	0.3

SISMA Y

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	60 di 90

g1	g2 impalcato	Rinterro	Schemi di carico 1 e 5	Vento	Attrito vincoli	Effetti Sisma in X	Effetti Sisma in Y
1	1	0	0	0	0	0.3	1

### 8.9.2 Combinazioni SLV GEO

Per ogni gruppo di carico di tipo 1 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLV GEO, per un totale pertanto di 12 combinazioni per ogni direzione del sisma.

I coefficienti di combinazione utilizzati sono gli stessi definiti per le combinazioni SLV STR.

### 8.10 Sollecitazioni combinate

Si riportano di seguito le sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico ad intradosso plinto baricentro palificata.

Combo	N [kN]	F <sub>L</sub> =F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>T</sub> =F <sub>y</sub> [kN]	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>Long</sub> =M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>Tor</sub> =M <sub>z</sub> [kNm]
SLU_STR_01	19970	189	0	2060	0	0
SLU_STR_02	17209	241	122	5279	-4255	0
SLU_STR_03	17924	256	122	2788	-5085	0
SLU_STR_04	16537	226	122	2465	-7265	0
SLU_STR_05	22386	241	122	5279	-4255	0
SLU_STR_06	23101	256	122	2788	-5085	0
SLU_STR_07	21714	226	122	2465	-7265	0
SLU_STR_08	16288	804	122	11662	-3318	1699
SLU_STR_09	16508	817	122	10153	-3636	1699
SLU_STR_010	15722	790	122	9860	-4511	1699
SLU_STR_011	21466	804	122	11662	-3318	1699
SLU_STR_012	21685	817	122	10153	-3636	1699
SLU_STR_013	20899	790	122	9860	-4511	1699
SLU_STR_014	16288	238	122	4236	-3318	0
SLU_STR_015	16508	250	122	2727	-3636	0
SLU_STR_016	15722	223	122	2435	-4511	0
SLU_STR_017	21466	238	122	4236	-3318	0
SLU_STR_018	21685	250	122	2727	-3636	0
SLU_STR_019	20899	223	122	2435	-4511	0
SLU_STR_020	16288	238	204	4236	-4467	0
SLU_STR_021	16508	250	204	2727	-4785	0
SLU_STR_022	15722	223	204	2435	-5660	0

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	61 di 90

SLU_STR_023	21466	238	204	4236	-4467	0
SLU_STR_024	21685	250	204	2727	-4785	0
SLU_STR_025	20899	223	204	2435	-5660	0
SLU_STR_026	14793	189	204	2060	-2873	0
SLU_STR_027	19970	189	204	2060	-2873	0
SLV_STR_01	14793	2093	447	18548	-3869	0
SLV_STR_02	14793	760	1489	7006	-12895	0
SLE_rara_01	14793	157	0	1717	0	0
SLE_rara_02	16582	200	82	4153	-3024	0
SLE_rara_03	17112	213	82	2323	-3639	0
SLE_rara_04	16085	188	82	2055	-5254	0
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_05	15901	618	82	8878	-2330	1259
SLE_rara_06	16063	628	82	7773	-2565	1259
SLE_rara_07	15481	606	82	7529	-3214	1259
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_08	15901	198	82	3378	-2330	0
SLE_rara_09	16063	209	82	2273	-2565	0
SLE_rara_010	15481	186	82	2029	-3214	0
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_011	15901	198	136	3378	-3096	0
SLE_rara_012	16063	209	136	2273	-3332	0
SLE_rara_013	15481	186	136	2029	-3980	0
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_014	14793	157	136	1717	-1916	0
SLE_fre_01	15939	587	0	8582	-1181	1259
SLE_fre_02	16140	597	0	7436	-1416	1259
SLE_fre_03	15520	577	0	7212	-2272	1259
SLE_fre_0	0	131	0	1431	0	0
SLE_fre_04	14793	131	27	1431	-383	0
SLE_QP_01	14793	0	0	0	0	0
SLU_GEO_01	14793	157	0	1717	0	0
SLU_GEO_02	16851	200	106	4449	-3650	0
SLU_GEO_03	17460	213	106	2323	-4358	0
SLU_GEO_04	16278	188	106	2055	-6214	0
SLU_GEO_05	16067	681	106	9886	-2852	1447
SLU_GEO_06	16254	691	106	8598	-3123	1447
SLU_GEO_07	15584	669	106	8354	-3868	1447
SLU_GEO_08	16067	198	106	3561	-2852	0
SLU_GEO_09	16254	209	106	2273	-3123	0
SLU_GEO_010	15584	186	106	2029	-3868	0
SLU_GEO_011	16067	198	177	3561	-3848	0
SLU_GEO_012	16254	209	177	2273	-4119	0
SLU_GEO_013	15584	186	177	2029	-4864	0
SLU_GEO_01	14793	157	0	1717	0	0
SLV_GEO_01	14793	1904	447	16488	-3869	0



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA**  
**FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA**

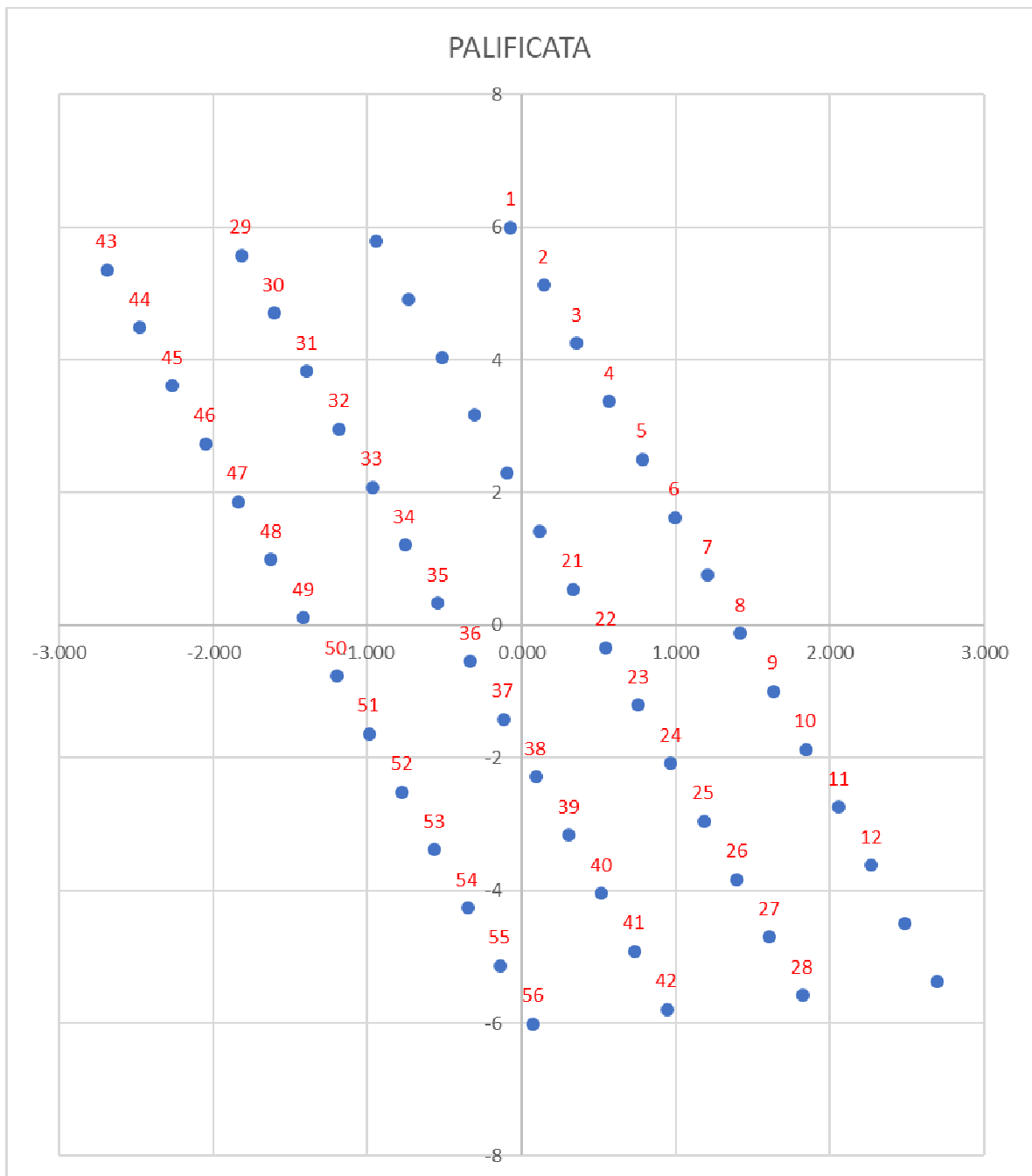
**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	62 di 90

SLV_GEO_02	14793	571	1489	4947	-12895	0
------------	-------	-----	------	------	--------	---

### 8.11 CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI MICROPALI DI FONDAZIONE

A partire dalle sollecitazioni riportate al §8.10 sono state definite le azioni agenti sui singoli pali della fondazione.



**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	64 di 90

Coordinate pali:

Palo	X (m)	Y (m)
1	<b>-0,070</b>	<b>6</b>
2	0,143	5,13
3	0,355	4,25
4	0,568	3,38
5	0,780	2,50
6	0,993	1,63
7	1,206	0,75
8	1,418	-0,12
9	1,631	-1,00
10	1,843	-1,87
11	2,056	-2,75
12	2,268	-3,62
13	2,481	-4,49
14	2,694	-5,37
15	<b>-0,944</b>	<b>5,79</b>
16	-0,731	4,92
17	-0,519	4,04
18	-0,306	3,17
19	-0,094	2,29
20	0,119	1,42
21	0,331	0,54
22	0,544	-0,33
23	0,757	-1,21
24	0,969	-2,08
25	1,182	-2,96
26	1,394	-3,83
27	1,607	-4,70
28	1,819	-5,58
29	<b>-1,820</b>	<b>5,58</b>
30	-1,607	4,71
31	-1,395	3,83
32	-1,182	2,96
33	-0,970	2,08
34	-0,757	1,21
35	-0,545	0,33
36	-0,332	-0,54



**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	65 di 90

37	-0,119	-1,42
38	0,093	-2,29
39	0,306	-3,17
40	0,518	-4,04
41	0,731	-4,91
42	0,943	-5,79
43	<b>-2,690</b>	<b>5,36</b>
44	-2,477	4,49
45	-2,265	3,61
46	-2,052	2,74
47	-1,840	1,86
48	-1,627	0,99
49	-1,415	0,11
50	-1,202	-0,76
51	-0,989	-1,64
52	-0,777	-2,51
53	-0,564	-3,39
54	-0,352	-4,26
55	-0,139	-5,13
56	0,073	-6,01

Sforzo normale:  $N_{palo,i} = N/n.pali + M_y/\Sigma x^2 x_i + M_x/\Sigma y^2 y_i$

Taglio:  $T_{palo,i} = (F_x/n.pali + F_y/n.pali)^{0.5}$

Momento  $M_{palo,i} = T_{palo,i} \times \lambda \times C_M$

Con:  $\lambda = (E_p J/k_h)^{1/5}$

$C_M$  da calcolarsi in base a  $\lambda$ , tabella pag.476 "Viggiani":

L/l	$C_M$
2	1.06
3	0.97
4	0.93
$\geq 5$	0.93

$k_h$	1.5	kg/cm <sup>3</sup>
$\lambda$	2.92	m
L	15	m

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	66 di 90

$L/\lambda$	5.14	-
$C_M$	0.93	-

Si riportano di seguito le azioni sui pali maggiormente sollecitati (pali di angolo) per tutte le combinazioni di carico esaminate:

	N P.1 [kN]	N P.14 [kN]	N P.43 [kN]	N P.56 [kN]	T P.1 [kN]	T P.14 [kN]	T P.43 [kN]	T P.56 [kN]	M P.1 [kN]	M P.14 [kN]	M P.43 [kN]	M P.56 [kN]
SLU_STR_01	355	415	298	358	3	3	3	3	2	2	2	2
SLU_STR_02	267	318	404	456	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_03	274	312	375	413	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_04	231	275	348	392	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_05	359	411	497	548	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_06	367	405	468	506	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_07	324	367	441	485	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_08	254	345	497	588	15	15	15	15	8	8	8	8
SLU_STR_09	256	338	475	557	15	15	15	15	8	8	8	8
SLU_STR_010	235	318	457	541	14	14	14	14	8	8	8	8
SLU_STR_011	346	437	589	680	15	15	15	15	8	8	8	8
SLU_STR_012	349	431	568	650	15	15	15	15	8	8	8	8
SLU_STR_013	327	411	550	633	14	14	14	14	8	8	8	8
SLU_STR_014	259	300	369	410	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_015	262	294	347	379	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_016	240	274	329	363	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_017	352	393	461	502	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_018	354	386	439	471	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_019	333	366	422	455	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_020	249	295	370	416	6	6	6	6	3	3	3	3
SLU_STR_021	252	288	349	385	6	6	6	6	3	3	3	3
SLU_STR_022	230	268	331	368	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_023	342	387	463	508	6	6	6	6	3	3	3	3
SLU_STR_024	344	381	441	477	6	6	6	6	3	3	3	3
SLU_STR_025	323	360	423	461	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_026	238	263	304	328	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_STR_027	330	355	396	421	5	5	5	5	3	3	3	3
SLV_STR_01	217	357	590	729	38	38	38	38	21	21	21	21
SLV_STR_02	148	244	403	499	30	30	30	30	17	17	17	17
SLE_rara_01	263	274	251	309	3	3	3	3	2	2	2	2
SLE_rara_02	267	306	243	425	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_03	273	302	262	390	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_04	241	274	234	375	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_05	257	326	199	532	11	11	11	11	6	6	6	6
SLE_rara_06	259	321	209	507	11	11	11	11	6	6	6	6
SLE_rara_07	243	306	196	495	11	11	11	11	6	6	6	6

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	67 di 90

SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_08	261	293	241	388	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_09	263	288	251	363	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_010	247	273	238	350	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_011	255	289	236	392	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_012	257	284	246	368	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_013	241	269	233	355	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_rara_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE_rara_014	246	265	237	322	4	4	4	4	2	2	2	2
SLE_fre_01	268	330	210	517	10	10	10	10	6	6	6	6
SLE_fre_02	271	326	221	492	11	11	11	11	6	6	6	6
SLE_fre_03	252	309	205	481	10	10	10	10	6	6	6	6
SLE_fre_0	-1	9	-11	38	2	2	2	2	1	1	1	1
SLE_fre_04	260	271	250	304	2	2	2	2	1	1	1	1
SLE_QP_01	264	264	264	264	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU_GEO_01	263	274	251	309	3	3	3	3	2	2	2	2
SLU_GEO_02	266	310	241	441	4	4	4	4	2	2	2	2
SLU_GEO_03	273	305	263	401	4	4	4	4	2	2	2	2
SLU_GEO_04	236	273	231	385	4	4	4	4	2	2	2	2
SLU_GEO_05	255	333	190	565	12	12	12	12	7	7	7	7
SLU_GEO_06	257	327	202	536	12	12	12	12	7	7	7	7
SLU_GEO_07	239	310	186	522	12	12	12	12	7	7	7	7
SLU_GEO_08	260	295	239	399	4	4	4	4	2	2	2	2
SLU_GEO_09	262	289	251	370	4	4	4	4	2	2	2	2
SLU_GEO_010	244	272	235	356	4	4	4	4	2	2	2	2
SLU_GEO_011	251	290	232	405	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_GEO_012	253	284	244	376	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_GEO_013	235	267	228	363	5	5	5	5	3	3	3	3
SLU_GEO_01	263	274	251	309	3	3	3	3	2	2	2	2
SLV_GEO_01	219	345	109	722	35	35	35	35	20	20	20	20
SLV_GEO_02	150	232	135	477	28	28	28	28	16	16	16	16

Le azioni minime e massime sui pali sono le seguenti:

		N P.1	N P.14	N P.43	N P.56	T P.1	T P.14	T P.43	T P.56	M P.1	M P.14	M P.43	M P.56
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLU STR	MIN	230	263	298	328	3	3	3	3	2	2	2	2
SLU STR	MAX	367	437	589	680	15	15	15	15	8	8	8	8
SLV STR	MIN	148	244	403	499	30	30	30	30	17	17	17	17
SLV STR	MAX	217	357	590	729	38	38	38	38	21	21	21	21
SLE RARA	MIN	241	265	196	309	3	3	3	3	2	2	2	2
SLE RARA	MAX	273	326	262	532	11	11	11	11	6	6	6	6

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	68 di 90

SLE FREQ	MIN	252	271	205	304	2	2	2	2	1	1	1	1
SLE FREQ	MAX	271	330	250	517	11	11	11	11	6	6	6	6
SLE QP	MIN	264	264	264	264	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE QP	MAX	264	264	264	264	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU GEO	MIN	235	267	186	309	3	3	3	3	2	2	2	2
SLU GEO	MAX	273	333	263	565	12	12	12	12	7	7	7	7
SLV GEO	MIN	150	232	109	477	28	28	28	28	16	16	16	16
SLV GEO	MAX	219	345	135	722	35	35	35	35	20	20	20	20

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI MICROPALI DI FONDAZIONE

Viene effettuata la verifica del tubo di armatura considerando le seguenti condizioni di sollecitazione:

massime azioni assiali di compressione ( $N_p+$ ) e trazione ( $N_p-$ ) e corrispondenti azioni taglianti;

Tubo in acciaio

$\phi$	<b>193.7</b> mm	Diametro tubo
s	<b>14.5</b> mm	Spessore tubo
$A_s$	8159 mm <sup>2</sup>	Area
$J_s$	32965210 mm <sup>4</sup>	Momento di inerzia
$W_s$	340374 mm <sup>3</sup>	Momento statico
$A_{s,t}$	3749 mm <sup>2</sup>	Area di taglio
$f_{yk}$	355.0 MPa	Tensione di snervamento caratteristica
$f_{yd}$	338.1 MPa	Tensione di snervamento di progetto
$E_s$	210000 MPa	Modulo elastico acciaio

Calcestruzzo

D	300 mm
$J_c$	397607820 mm <sup>4</sup>
$R_{ck}$	25 MPa
$E_c$	30200 MPa

$$k_h = 0.015 \text{ N/mm}^3$$

$$L_0 = 1807.5 \text{ mm}$$

$$L_0 = (4E_p J_p / K_h D)^{0.25}$$

Azioni di progetto - Verifiche

		$N_p$ [KN]	$V_p$ [KN]	$M_p = V_p \times L_0 / 2$ [kNm]	$\sigma = N/A + M/W$ [Mpa]	$\tau = V/A_t$ [Mpa]	$\sigma_{id}$ [Mpa]	$f_{yd}$ [Mpa]	
STR	Nmax	680.00	15.00	13.6	123.2	4.0	123.4	< 338.1	VERIFICATO
STR	Nmin	230.00	15.00	13.6	68.0	4.0	68.4	< 338.1	VERIFICATO
SLV	Nmax	729.00	38.00	34.3	190.2	10.1	191.1	< 338.1	VERIFICATO
SLV	Nmin	148.00	38.00	34.3	119.0	10.1	120.3	< 338.1	VERIFICATO

## 10 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

Diametro del palo: 1200mm  
 Copriferro: 60mm  
 Armatura longitudinale: 30 $\phi$ 26  
 Staffatura:  $\phi$ 14 passo 20cm

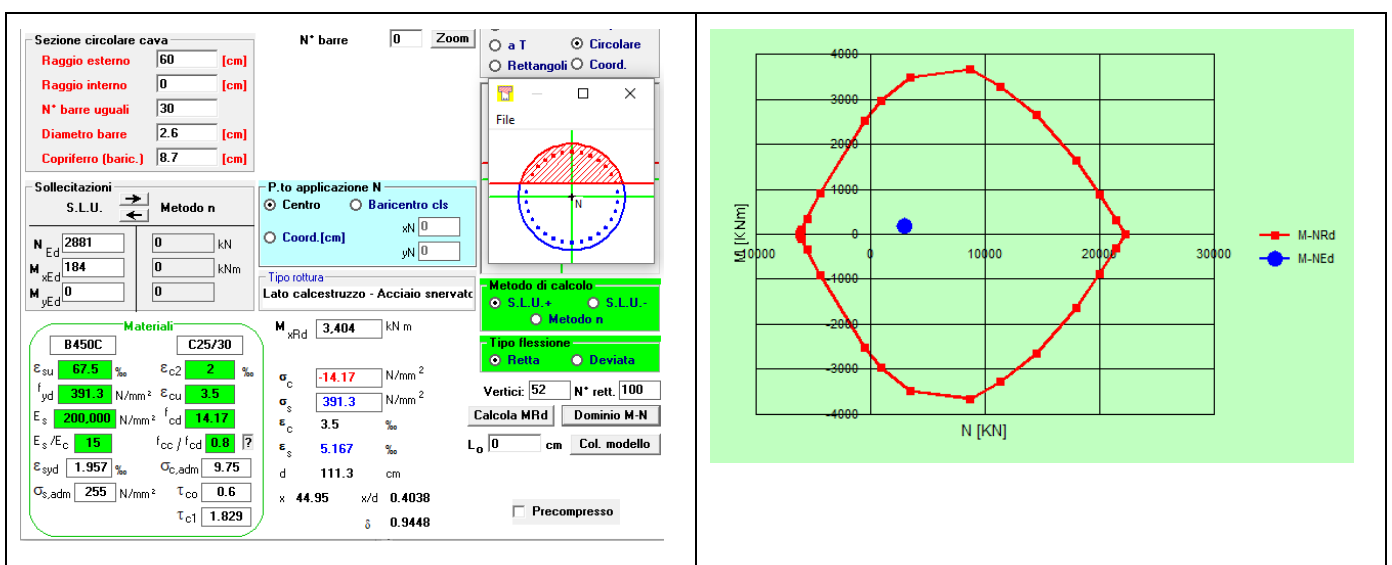
### 10.1 Verifica a pressoflessione allo SLU

Sono state verificate le condizioni di Nmin e Nmax per le combinazioni SLU STR e SLV STR.

Sollecitazioni di verifica:

	SLU STR	SLV STR
Nmax (kN)	2881	2606
M (kNm)	184	637
Nmin (kN)	1100	569
M (kNm)	184	637

Verifiche:



**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	71 di 90

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 30  
Diametro barre: 2.6 [cm]  
Coprifreno (baric.): 8.7 [cm]

N° barre: 0 Zoom

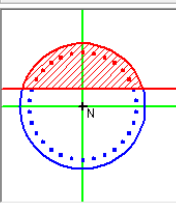
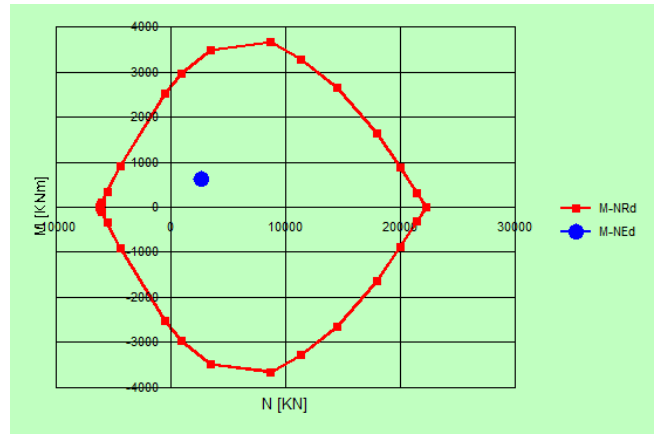
Metodo di calcolo:  S.L.U. +  S.L.U. -  
Tipo flessione:  Retta  Deviata

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

Precompresso

Materiali: B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200,000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14.17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9.75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0.6  
 $\tau_{c1}$ : 1.829

M<sub>xRd</sub>: 3.355 kN m  
 $\sigma_c$ : -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3.5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 5.426 ‰  
d: 111.3 cm  
x: 43.64 x/d: 0.3921  
 $\delta$ : 0.9301

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
Raggio interno: 0 [cm]  
N° barre uguali: 30  
Diametro barre: 2.6 [cm]  
Coprifreno (baric.): 8.7 [cm]

N° barre: 0 Zoom

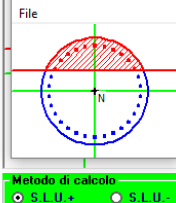
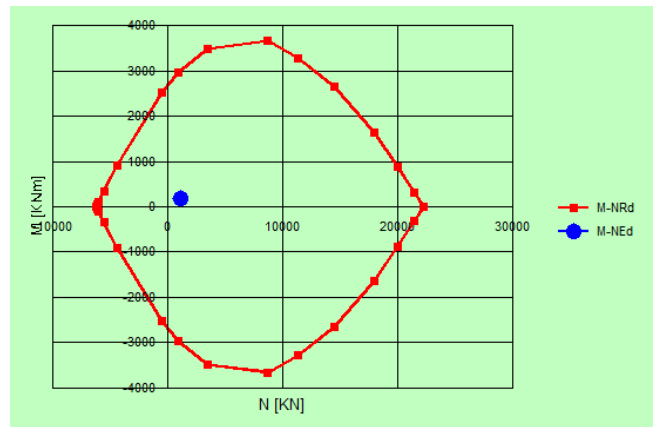
Metodo di calcolo:  S.L.U. +  S.L.U. -  
Tipo flessione:  Retta  Deviata

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

Precompresso

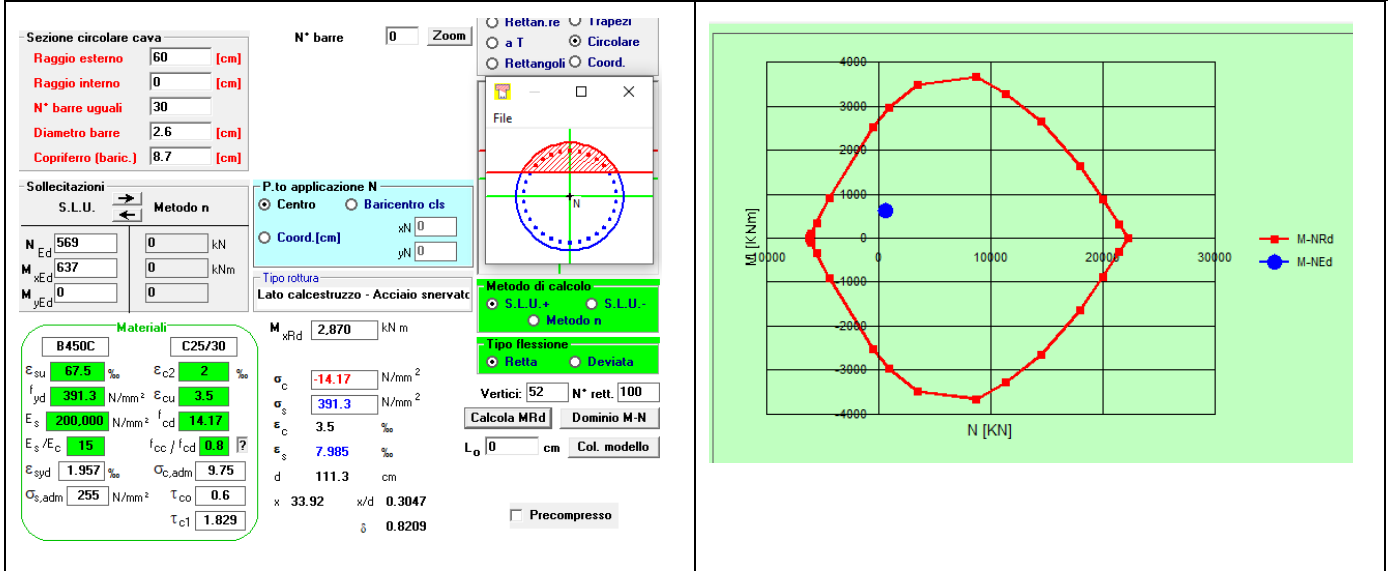
Materiali: B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200,000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14.17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9.75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0.6  
 $\tau_{c1}$ : 1.829

M<sub>xRd</sub>: 3.013 kN m  
 $\sigma_c$ : -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3.5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 7.184 ‰  
d: 111.3 cm  
x: 36.46 x/d: 0.3276  
 $\delta$ : 0.8495

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	72 di 90



**10.2 Verifica a pressoflessione allo SLE**

Sono state verificate le condizioni di Nmin e Nmax per le combinazioni SLE.

Sollecitazioni di verifica:

	SLE RARE	SLE FREQ	SLE QP
Nmax (kN)	2142	1851	1588
M (kNm)	141	38	0
Nmin (kN)	1667	1663	1588
M (kNm)	36	30	0

Al fine di assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture in c.a. è necessario non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni agenti ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Si distinguono i seguenti stati limite:

- Stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 \quad \text{con:} \quad f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)}$$


- Stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta il valore limite di apertura della fessura è pari ad uno dei seguenti valori:

$$W1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$W2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$W3 = 0.4 \text{ mm}$$



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0105001	REV. A

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione dalla corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise secondo quanto riportato nella tabella seguente, estratta dalle NTC 2008:

**Tabella 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

Nel caso di specie la condizione di riferimento è “ordinaria” propria di una classe di esposizione XC2.

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione frequente

Le armature sono classificate come “armature poco sensibili”.

Il valore di calcolo di apertura delle fessure  $W_K$  dovrà risultare:

- $w_K \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $w_K \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008;

con:  $w_1 = 0.2$  mm,  $w_2 = 0.3$  mm,  $w_3 = 0.4$  mm.

Il valore di calcolo è dato da:

$$W_K = 1.7 W_m$$

dove  $W_m$  rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura  $\epsilon_{sm}$  per la media fra le fessure  $\Delta_m$ .

Per il calcolo delle grandezze descritte vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

Secondo la simbologia dell’EC2 l’ampiezza  $W_K$  vale:

$$W_K = \beta S_{rm} \epsilon_{sm}$$

in cui:

$S_{rm}$ : interasse medio finale delle lesioni (fessurazione stabilizzata);

$\epsilon_{sm}$ : deformazione media delle barre di acciaio;

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	74 di 90

$\beta$ : coefficiente che trasforma l'ampiezza media delle lesioni nel valore di calcolo pari ad un valore compreso fra 1.30 ed 1.70 relativamente a spessori variabili fra 300 mm e 800 mm;

$\epsilon_{sm}$ : si calcola con la relazione:

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

con:

$\sigma_s$ : tensione nell'armatura tesa calcolata considerando la sezione fessurata (II stadio);

$\sigma_{ST}$ : tensione nell'armatura tesa calcolata considerando la sezione fessurata (II stadio) considerando la condizione di carico che causa la prima fessurazione;

$\beta_1 = 1$  per barre ad aderenza migliorata;

$\beta_2$  coefficiente dipendente dalla durata del carico;

L'espressione di  $S_{rm}$  accolta dalla normativa italiana è la seguente:

$$S_{rm} = 2(c+s/10) + K_1 K_2 \phi / \rho_r$$

c: copriferro

s: interasse delle barre

$K_1$ : 0.40 (barre ad aderenza migliorata)

$K_2$ : 0.125 (flessione pura) – 0.25 (trazione pura)

Il controllo dell'ampiezza delle lesioni consiste nell'accertare la validità della seguente disuguaglianza:

$$W_K < W_{lim}$$

in cui:

$W_K$ : è l'ampiezza di calcolo della lesione;

$W_{lim}$ : è il valore nominale limite dell'ampiezza dalla lesione che è specificato dalle norme in base alle condizioni ambientali.

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	75 di 90

**10.2.1 Stato limite di formazione delle fessure**

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 2.56 / 1,2 = - 2.13 \text{ MPa.}$$

	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{c\_REQ}$ (MPa)	0.945	1.08

In nessun caso si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

**10.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio**

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 * f_{ck} = 13.70 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 * f_{ck} = 9.96 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha che:

	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	2.2	1.4
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	1.2	1.2

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 * f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

Si ha:

	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	15.4	16.3

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_s < \sigma_{s,max}$ .

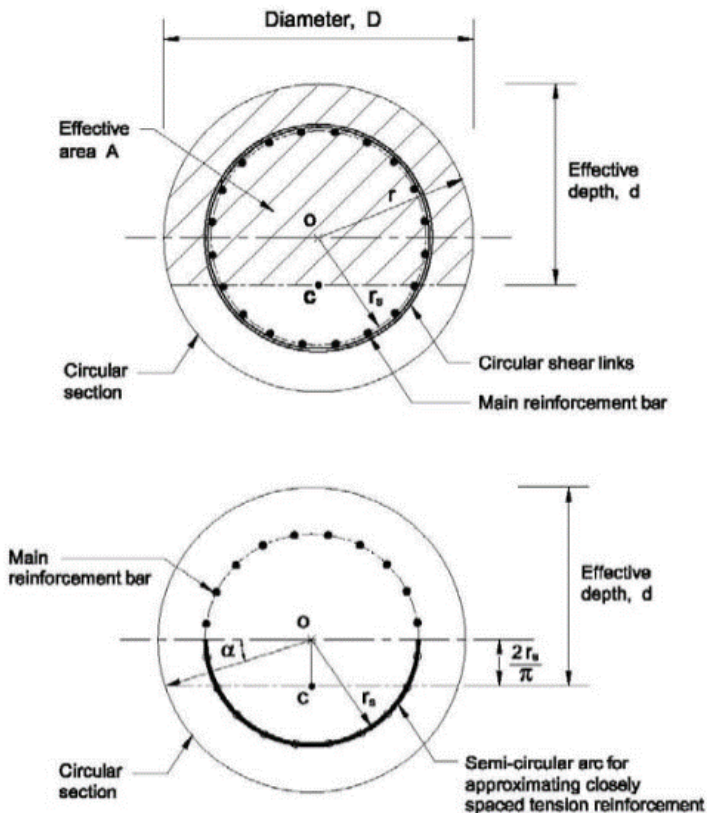
### 10.3 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata in testa.

Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.2 NTC08 (Elementi dotati di armature resistenti a taglio).

L'altezza utile "d" è stimata secondo il paragrafo 7.9.5.2.2 NTC08:

$d = r + 2 r_s/\pi$  con  $r_s$  raggio della circonferenza su cui è distribuita l'armatura



Armatura trasversale: staffatura passo 20 cm diametro  $\emptyset 14$ .

Massima azione tagliante: 235 kN

Con riferimento alla precedente figura si ha:

Diametro palo 1200 mm

$r$  600 mm

$r_s$  513 mm

Raggio della parte confinata dall'armatura trasversale.  $r_s = r - \text{copr.}$

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	77 di 90

sen $\alpha$	0.545	$\sin \alpha = (2 r_s) / (\pi r)$
$\alpha$	0.576 rad	
Atot	1130400 mm <sup>2</sup>	Area totale della sezione circolare: $Atot = \pi r^2$
A	936951 mm <sup>2</sup>	Area della sezione rettangolare equivalente: $A = r^2 (\pi/2 + \alpha + \sin \alpha \cos \alpha)$
d	926.8 mm	Altezza utile equivalente: $d = r (1 + \sin \alpha)$
b	1011.0 mm	Larghezza equivalente: $b = A/d$
h	1118.1 mm	Altezza equivalente: $h = Atot/b$

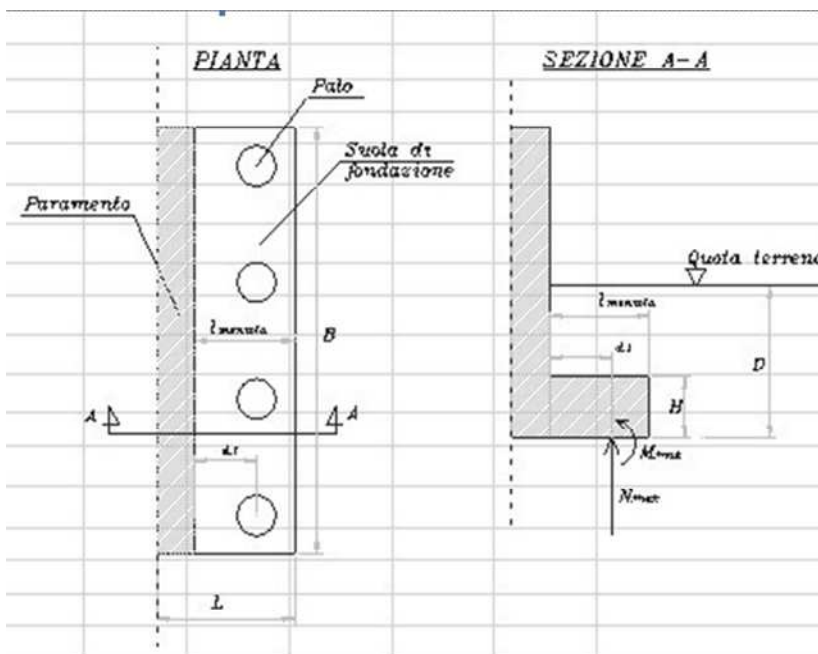
Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	927	mm
k	1.46	
$f_{ck}$	24.90	MPa
$A_{sl}$	159.7	cmq
$b_w$	1.01	m
$r_l$	0.01705	-
$S_{cp}$	0.0	MPa
$V_{min}$	0.310	MPa
V1	574.4	kN
V2	290.0	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>574.4</b>	kN
Taglio agente	235	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>2.44</b>

## 11 VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE

### 11.1 Sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni in direzione longitudinale è stato eseguito con il seguente schema di mensola incastrata.



Le azioni del palo sono riferite al palo maggiormente sollecitato.

Tali azioni sono state ottenute decurtando il carico verticale relativo al peso del plinto e del rinterro.

Sono state valutate le azioni relative al valore massimo e minimo del carico del palo.

Il carico minimo è stato ottenuto ponendo pari a 1 i valori dei coefficienti di combinazioni A1 STR dei carichi permanenti.

$L_{\text{mensola}}$	3.95 m	
$d_1$	2.85 m	distanza pali dal setto
$i$	3.6 m	interasse pali

	$N_{\text{MAX,P}}$	$V_P$	$N_{\text{MIN,P}}$	$V_P$	$N_p = \text{azione assiale sul palo}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	$V_p = \text{azione orizzontale sul palo}$
SLU STR	2106	69	526	16	

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	79 di 90

SLV STR	2033	235	-5	183	2033
SLE RARA	1568	53	645	13	
SLE FREQ	1530	50	-66	11	
SLE Q.P.	1014	0	1014	11	

Sollecitazioni all'incastro della mensola:

	N <sub>MAX</sub>			N <sub>MIN</sub>		
	M	N (>0 traz)	V	M	N (>0 traz)	V
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	=N <sub>p</sub> x d <sub>1</sub>	=V <sub>p</sub>	=N <sub>p</sub>	=N <sub>p</sub> x d <sub>1</sub>	=V <sub>p</sub>	=N <sub>p</sub>
SLU STR	6002	69	2106	1499	16	526
SLV STR	5793	235	2033	-13	183	-5
SLE RARA	4469	53	1568	1837	13	645
SLE FREQ	4359	50	1530	-189	11	-66
SLE Q.P.	2890	0	1014	2890	11	1014

Sollecitazioni all'incastro della mensola a metro lineare:

Lunghezza di ripartizione 2.9 m

	N <sub>MAX</sub>			N <sub>MIN</sub>		
	M	N (>0 traz)	V	M	N (>0 traz)	V
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	=N <sub>p</sub> x d <sub>1</sub>	=V <sub>p</sub>	=N <sub>p</sub>	=N <sub>p</sub> x d <sub>1</sub>	=V <sub>p</sub>	=N <sub>p</sub>
SLU STR	2069.7	23.7	726.2	517.0	5.4	181.4
SLV STR	1997.5	81.0	700.9	-4.5	63.2	-1.6
SLE RARA	1541.0	18.2	540.7	633.4	4.5	222.3
SLE FREQ	1503.2	17.2	527.4	-65.2	3.8	-22.9
SLE Q.P.	996.5	0.0	349.7	996.5	3.8	349.7

## 11.2 Verifica a pressoflessione

Spessore:	200cm
Copriferro:	40mm
Armatura longitudinale estradosso:	φ26/10
Armatura longitudinale intradosso:	φ26/10 + φ26/10 + φ26/20
Armatura trasversale estradosso:	φ26/15
Armatura trasversale intradosso:	φ26/15 + φ26/20

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	80 di 90

A livello intermedio viene disposta una maglia  $\phi$  16/40x40

**11.2.1 SLU**

Si fa riferimento ad una sezione di larghezza unitaria: 100cm x 150cm.

Verifiche:

**N° figure elementari** 1 **Zoom** **N° strati barre** 4 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	7.9
			2	53.09	192.1
			3	53.09	188.2
			4	26.55	184.3

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

N Ed: -23.7 kN  
M Ed: 2069.7 kNm  
M xEd: 0 kNm  
M yEd: 0 kNm

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

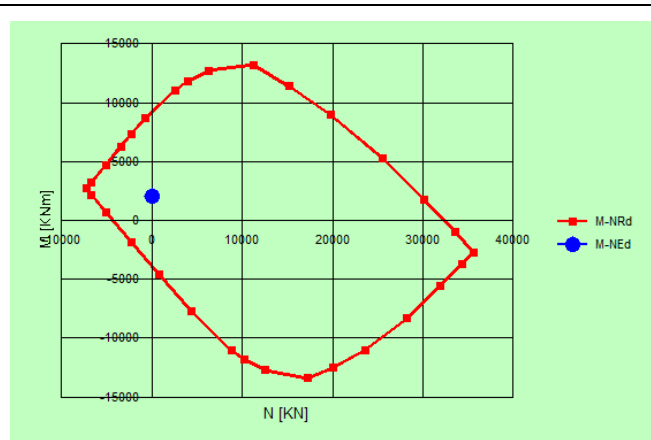
**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm²  $f_{cd}$ : 14.17 N/mm²  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm²  $\tau_{co}$ : 0.6  
 $\tau_{c1}$ : 1.829

M xRd: 9,280 kNm  
 $\sigma_c$ : -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$ : 3.5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 21.46 ‰  
d: 192.1 cm  
x: 26.94 x/d: 0.1402  
 $\delta$ : 0.7

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviate

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



**N° figure elementari** 1 **Zoom** **N° strati barre** 4 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	7.9
			2	53.09	192.1
			3	53.09	188.2
			4	26.55	184.3

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

N Ed: -81 kN  
M Ed: 1998 kNm  
M xEd: 0 kNm  
M yEd: 0 kNm

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

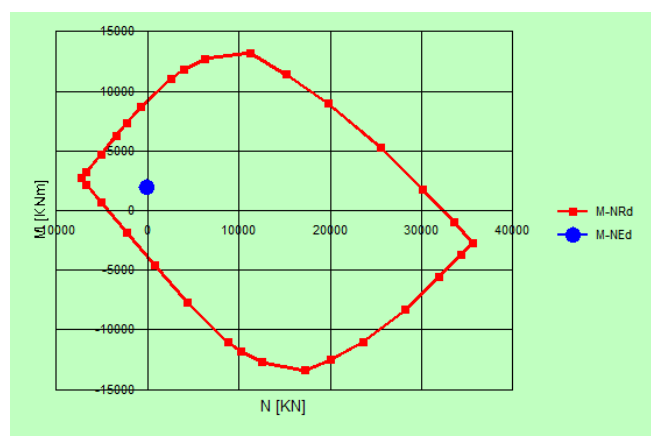
**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm²  $f_{cd}$ : 14.17 N/mm²  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm²  $\tau_{co}$ : 0.6  
 $\tau_{c1}$ : 1.829

M xRd: 9,236 kNm  
 $\sigma_c$ : -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$ : 3.5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 21.93 ‰  
d: 192.1 cm  
x: 26.44 x/d: 0.1376  
 $\delta$ : 0.7


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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviate

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





 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0105001	REV. A

### 11.2.2 SLE

Sono state verificate le condizioni di  $N_{min}$ ,  $N_{max}$  per le combinazioni SLE RARE, FREQUENTI E QUASI PERMANENTI per il tramite delle sollecitazioni riportate al § 11.1..

Per i criteri di verifica si rimanda a quanto descritto al §10.2.

#### 11.2.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 2.56 / 1.2 = - 2.13 \text{ MPa.}$$

	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$
$\sigma_{c\_FREQ}$ (MPa)	-1.62	-0.08

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure

#### 11.2.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 * f_{ck} = 13.70 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 * f_{ck} = 9.96 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha:

	$N_{max}$	$N_{min}$
$\sigma_{c\_Rara}$ (MPa)	2.32	0.95
$\sigma_{c\_QuasiPerm}$ (MPa)	1.50	1.50

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 * f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

	$N_{max}$	$N_{min}$
$\sigma_{s\_Rara}$ (MPa)	-70.54	-28.90

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_s < \sigma_{s,max}$ .

### 11.3 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata.

Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 NTC08 (Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti).

Massima azione di taglio: 726.2 kN/m (SLU STR)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	1947	mm
k	1.32	
$f_{ck}$	24.90	MPa
$A_{sl}$	133.1	cmq
$b_w$	1.00	m
$r_l$	0.00684	-
$s_{cp}$	0.0	MPa
$v_{min}$	0.265	MPa
V1	793.6	kN
V2	516.0	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>793.6</b>	kN
Taglio agente	726.2	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.09</b>

## 12 VERIFICA DEL FUSTO

### 12.1 Sollecitazioni al piede del fusto

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari agenti sul fusto della pila per le diverse condizioni di carico esaminate in precedenza.

		<b>N</b>	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>X</sub></b>	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>Y</sub></b>	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>Y'</sub></b>	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>X'</sub></b>
		<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>	<b>[kNm]</b>
<i>g1</i>	<i>Peso proprio impalcato</i>	5570	0	0	0	0
<i>g2</i>	<i>Sovraccarichi permanenti impalcato</i>	992	0	0	0	0
<i>Schema di carico 1</i>	<i>Qik (massimo carico su una campata. Max My)</i>	1230	0	0	1353	-1230
<i>Schema di carico 1</i>	<i>qik (massimo carico su una campata. Max My)</i>	463	0	0	509	-645
<i>Schema di carico 5</i>	<i>Folla (massimo carico su una campata. Max My)</i>	96	0	0	106	0
<i>q3</i>	<i>Frenatura</i>	0	420	0	4913	0
<i>Schema di carico 1</i>	<i>Qik (massimo carico verticale su due campate: Max N)</i>	1200	0	0	0	-1200
<i>Schema di carico 1</i>	<i>qik (massimo carico verticale su due campate: Max N)</i>	926	0	0	0	-1290
<i>Schema di carico 5</i>	<i>folla (massimo carico verticale su due campate: Max N)</i>	193	0	0	0	0
<i>Schema di carico 1</i>	<i>Qik (minimo carico verticale su due campate: Max Mx)</i>	600	0	0	0	-1800
<i>Schema di carico 1</i>	<i>qik (minimo carico verticale su due campate: Max Mx)</i>	595	0	0	0	-1786
<i>Schema di carico 5</i>	<i>folla (minimo carico verticale su due campate: Max Mx)</i>	96	0	0	0	-519
<i>q5,scarico</i>	<i>Vento a ponte scarico su due campate</i>	0	0	136	0	-1725
<i>q5,carico</i>	<i>Vento a ponte carico su due campate</i>	0	0	136	0	-1725
<i>Q4</i>	<i>Centrifuga</i>	0	0	0	0	0
<i>q7</i>	<i>Attrito dei vincoli:Qik (massimo carico su una campata. Max My)</i>	0	49	0	467	0
<i>q7</i>	<i>Attrito dei vincoli:qik (massimo carico su una campata. Max My)</i>	0	19	0	176	0
<i>q7</i>	<i>Attrito dei vincoli:Folla (massimo carico su una campata. Max My)</i>	0	4	0	37	0
<i>q7</i>	<i>Attrito dei vincoli (ponte scarico)</i>	0	262	0	2494	0
<i>q7</i>	<i>Attrito dei vincoli:Qik (massimo carico verticale su due campate: Max N)</i>	0	48	0	456	0
<i>q7</i>	<i>Attrito dei vincoli:qik (massimo carico verticale su due campate: Max N)</i>	0	37	0	352	0

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0105001	A	84 di 90

q7	Attrito dei vincoli:folia (massimo carico verticale su due campate: Max N)	0	8	0	73	0
q7	Attrito dei vincoli:Qik (minimo carico verticale su due campate: Max Mx)	0	24	0	228	0
q7	Attrito dei vincoli:qik (minimo carico verticale su due campate: Max Mx)	0	24	0	226	0
q7	Attrito dei vincoli:folia (minimo carico verticale su due campate: Max Mx)	0	4	0	37	0
q6,vert, z	Spettro Z	0	0	0	0	0
q6,orizz,x	Spettro X	0	978	0	10710	0
q6,orizz,y	Spettro Y	0	0	754	0	-1097
g1	Peso pila (PULVINO + FUSTO)	3501	0	0	0	0
q6	Inerzia pila dir longitudinale (PULVINO + FUSTO)	0	694	0	3234	0
q6	Inerzia pila dir trasversale (PULVINO + FUSTO)	0	0	694	0	-3234

## 12.2 Sollecitazioni al piede del fusto combinate

Si riportano di seguito le sollecitazioni delle diverse combinazioni di carico ottenute a partire dalle sollecitazioni indicate al § precedente.

Combo	N [kN]	$F_L=F_x$ [kN]	$F_T=F_y$ [kN]	$M_{Long}=M_y$ [kNm]	$M_{Trasv}=M_x$ [kNm]
SLU_STR_01	13585	189	0	1795	0
SLU_STR_02	12479	241	122	4943	-4084
SLU_STR_03	13193	256	122	2430	-4914
SLU_STR_04	16001	241	122	4943	-4084
SLU_STR_05	16715	256	122	2430	-4914
SLU_STR_06	11558	804	122	10536	-3146
SLU_STR_07	11778	817	122	9009	-3464
SLU_STR_08	15080	804	122	10536	-3146
SLU_STR_09	15300	817	122	9009	-3464
SLU_STR_010	11558	238	122	3904	-3146
SLU_STR_011	11778	250	122	2377	-3464
SLU_STR_012	15080	238	122	3904	-3146
SLU_STR_013	15300	250	122	2377	-3464
SLU_STR_014	11558	238	204	3904	-4181
SLU_STR_015	11778	250	204	2377	-4499
SLU_STR_016	15080	238	204	3904	-4181
SLU_STR_017	15300	250	204	2377	-4499
SLU_STR_018	10063	189	204	1795	-2588
SLU_STR_019	13585	189	204	1795	-2588
SLV_STR_01	10063	1861	434	15739	-1299
SLV_STR_02	10063	691	1448	5978	-4330
SLE_rara_01	10063	157	0	1496	0
SLE_rara_02	11852	200	82	3873	-2910
SLE_rara_03	12382	213	82	2025	-3525
SLE_rara_04	11170	618	82	8013	-2216
SLE_rara_05	11333	628	82	6894	-2451
SLE_rara_06	11170	198	82	3101	-2216
SLE_rara_07	11333	209	82	1981	-2451
SLE_rara_08	11170	198	136	3101	-2906
SLE_rara_09	11333	209	136	1981	-3141
SLE_rara_10	10063	157	136	1496	-1725
SLE_fre_01	11209	167	0	2848	-1181

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	86 di 90

SLE_fre_02	11410	178	0	1687	-1416
SLE_fre_03	10063	131	27	1247	-345
SLE_QP_01	10063	0	0	0	0

### 12.3 Verifica a pressoflessione

Spessore pila:	150cm
Copriferro:	50mm
Armatura verticale:	φ22/15 su entrambe le facce
Armatura orizzontale:	φ16/20 su entrambe le facce

A livello intermedio viene disposta una maglia φ 16/40x40

A partire dalle sollecitazioni riportate al §12.2 è possibile calcolare le sollecitazioni per unità di lunghezza del muro frontale con cui vengono svolte le verifiche riportate nel seguito.

#### 12.3.1 SLU

Sono state verificate le condizioni di  $N_{min}$ ,  $N_{max}$  e  $M_{max}$  per le combinazioni SLU e SLV.

Sollecitazioni di verifica:

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	1520	915	915
M (kNm/m)	322	215	1417

Verifiche:

**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	87 di 90

N° figure elementari  Zoom    N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	25.34	7.7
			2	25.34	142.3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 1520 kN  
M<sub>xEd</sub> 322 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

M<sub>xRd</sub> 2.406 kNm

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

Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett. 100

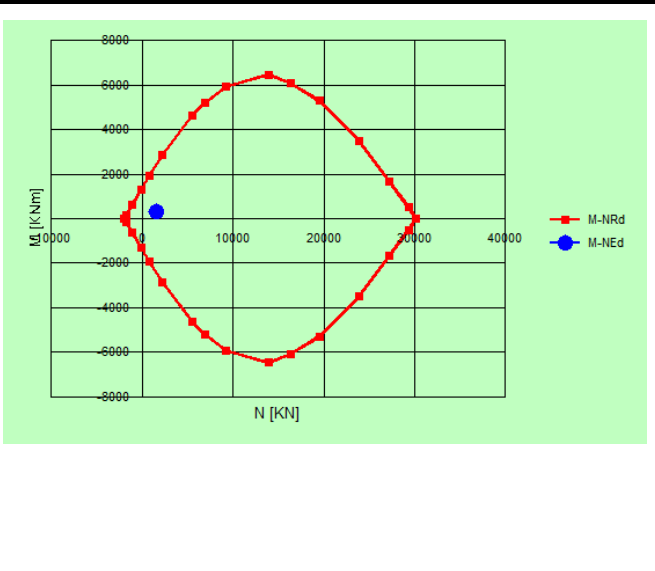
Calcola MRd  Col. modello

L<sub>0</sub> 0 cm  Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰    ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²    ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm²    f<sub>cd</sub> 18.81  
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> 12.25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²    τ<sub>co</sub> 0.7333  
τ<sub>c1</sub> 2.114

σ<sub>c</sub> -18.81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 37.4 ‰  
d 142.3 cm  
x 12.18    x/d 0.08558  
δ 0.7



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

N° figure elementari  Zoom    N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	25.34	7.7
			2	25.34	142.3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 915 kN  
M<sub>xEd</sub> 215 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

M<sub>xRd</sub> 2.004 kNm

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

Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett. 100

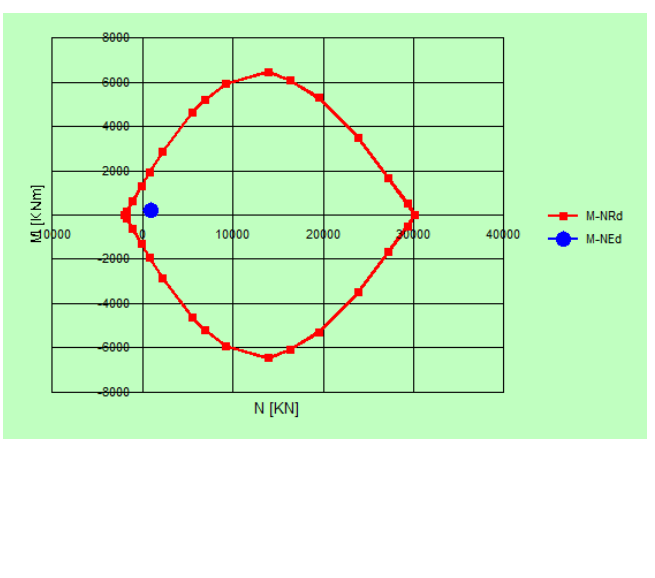
Calcola MRd  Col. modello

L<sub>0</sub> 0 cm  Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰    ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²    ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm²    f<sub>cd</sub> 18.81  
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> 12.25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²    τ<sub>co</sub> 0.7333  
τ<sub>c1</sub> 2.114

σ<sub>c</sub> -18.81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 46.82 ‰  
d 142.3 cm  
x 9.898    x/d 0.06956  
δ 0.7



**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	88 di 90

N° figure elementari  Zoom    N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	150

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25.34	7.7
2	25.34	142.3

Sollecitazioni  
S.L.U.    Metodo n

N<sub>Ed</sub> 915    0    kN  
M<sub>Ed</sub> 1417    0    kNm  
M<sub>jEd</sub> 0    0    kNm

Materiali  
B450C    C32/40  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰    ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²    ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm²    f<sub>cd</sub> 18.81  
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> 12.25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²    τ<sub>co</sub> 0.7333  
τ<sub>c1</sub> 2.114

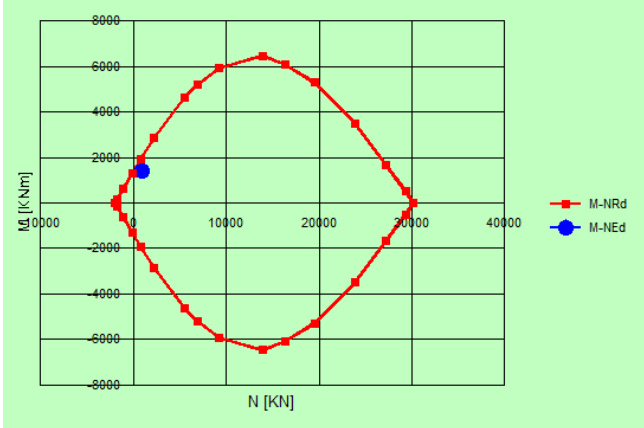
M<sub>xRd</sub> 2.004 kN m  
σ<sub>c</sub> -18.81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 46.82 ‰  
d 142.3 cm  
x 9.898    x/d 0.06956  
δ 0.7

Metodo di calcolo  
 S.L.U.     Metodo n

Tipo flessione  
 Retta     Deviato

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

Precompresso



### 12.3.2 SLE

Sono state verificate le condizioni di  $N_{min}$ ,  $N_{max}$  e  $M_{max}$  per le combinazioni SLE RARE, FREQUENTI E QUASI PERMANENTI.

Sollecitazioni di verifica:

#### SLE RARE

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	1126	915	1015
M (kNm/m)	256	132	756

#### SLE FREQUENTI

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	1037	915	1019
M (kNm/m)	180	118	277

#### SLE QUASI PERMANENTI (unica combinazione)

N (kN/m)	915
M (kNm/m)	0

Per i criteri di verifica si rimanda a quanto già descritto al §10.2.



**RELAZIONE DI CALCOLO PILE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0105001	A	89 di 90

*12.3.2.1 Stato limite di formazione delle fessure*

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 3.1 / 1.2 = - 2.58 \text{ MPa}$$

	Comb.	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
$\sigma_{c\_FREQUENTE}$ (MPa)	-0.80	0.30	-1.04

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure

*12.3.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio*

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 * f_{ck} = 18.26 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 * f_{ck} = 13.28 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha che:

	Comb.	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	1.32	0.89	3.36
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	0.58		

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 * f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

Si ha:

	Comb.	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	2.52	4.49	-62.89

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_s < \sigma_{s,max}$ .

## 12.4 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata.

Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 NTC08 (Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti).

Massima azione di taglio: 174 kN/m (SLV\_STR\_01)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	1423	mm
k	1.37	
$f_{ck}$	33.20	MPa
$A_{sl}$	25.4	cmq
$b_w$	1.00	m
$r_l$	0.00179	-
$S_{cp}$	0.0	MPa
$V_{min}$	0.325	MPa
V1	424.9	kN
V2	462.6	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>462.6</b>	kN
Taglio agente	174.0	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>2.66</b>