



Regione Lombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità



CODICE  
COMMESSA

Q 0 3

LIVELLO  
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.  
207/10

f

PROGRESSIVO  
ELABORATO

5 4 2

CATEGORIA  
OPERA

0 A

NUMERO  
OPERA

0 0

REVISIONE

R 0

SCALA

-

AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DEL  
NODO DI BOVISA - COMUNE DI MILANO  
*Progetto definitivo*

CALCOLI DELLE STRUTTURE  
NUOVO SOTTOPASSO FERROVIARIO "PASSANTINO"  
Relazione di calcolo

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Ott. 2020	Prima emissione		

NORD\_ING

NORD\_ING S.r.l.  
IL DIRETTORE TECNICO  
Ing. Antonella Volta

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.  
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA  
IL DIRETTORE  
Ing. Marco Mariani

Progettista



Collaborazione

RTP:

Mandataria



Ing. Attilio Marra  
Ord. Ing. Torino Matr. 5826/J

Mandante



E&G Engineering & Graphics S.r.l.  
Ing. Giampaolo Martino  
Ord. Ing. Roma Matr. A23691

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

FILE:

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. MATERIALI.....</b>	<b>7</b>
4.1. Calcestruzzo.....	7
4.2. Acciaio per c.a.....	8
<b>5. PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....</b>	<b>9</b>
<b>6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....</b>	<b>13</b>
<b>7. CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>19</b>
7.1. Verifiche agli stati limite ultimi.....	19
7.2. Verifiche agli stati limite di esercizio .....	20
<b>8. SCATOLARE SEZIONE SINGOLA .....</b>	<b>22</b>
8.1. Geometria.....	23
8.2. Modello di calcolo .....	24
8.3. Analisi dei carichi .....	25
8.4. Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati .....	25
8.5. Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente .....	26
8.6. Spinta e sottospinta idraulica .....	28
8.7. Ritiro .....	28
8.8. Azioni indotte dalle variazioni termiche.....	30
8.9. Ripartizione dei carichi mobili ferroviari .....	30
8.10. Azione di serpeggio .....	33
8.11. Spinta del sovraccarico .....	34
8.12. Azione di avviamento e frenatura .....	36
8.13. Azione centrifuga.....	37
8.14. Sovraccarichi mobili variabili in fondazione .....	37
8.15. Azione sismica .....	38
8.16. Condizioni di carico.....	39

8.17. Combinazioni di carico .....	40
8.18. Estrapolazione sollecitazioni .....	50
8.19. Grafici di inviluppo delle sollecitazioni .....	52
8.20. Riepilogo armature .....	60
8.21. Verifiche di resistenza .....	60
8.21.1. Verifica soletta inferiore.....	60
8.21.2. Verifica soletta superiore .....	66
8.21.3. Verifica piedritti.....	71
8.22. Verifica SLE di deformazione .....	76
8.23. Verifica di capacita' portante fondazione .....	77
8.24. Verifica al ribaltamento .....	85
8.25. Verifica di scorrimento .....	85
8.26. Verifica dei cedimenti.....	86
<b>9. SCATOLARE DOPPIA CANNA.....</b>	<b>88</b>
9.1. Geometria.....	89
9.2. Modello di calcolo .....	90
9.3. Analisi dei carichi .....	91
9.4. Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati .....	91
9.5. Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente .....	92
9.6. Spinta e sottospinta idraulica .....	94
9.7. Ritiro .....	94
9.8. Azioni indotte dalle variazioni termiche.....	96
9.9. Ripartizione dei carichi mobili ferroviari .....	96
9.10. Azione di serpeggio .....	100
9.11. Spinta del sovraccarico .....	100
9.12. Azione di avviamento e frenatura .....	102
9.13. Azione centrifuga.....	103
9.14. Sovraccarichi mobili variabili in fondazione .....	103
9.15. Azione sismica .....	104
9.16. Condizioni di carico.....	105

---

9.17. Combinazioni di carico .....	107
9.18. Estrapolazione sollecitazioni .....	117
9.19. Grafici di involucro delle sollecitazioni .....	119
9.20. Riepilogo armature .....	127
9.21. Verifiche di resistenza .....	127
9.21.1. Verifica soletta inferiore.....	127
9.21.2. Verifica soletta superiore .....	133
9.21.3. Verifica piedritti.....	138
9.22. Verifica SLE di deformazione .....	143
9.23. Verifica di capacita' portante fondazione .....	144
9.24. Verifica dei cedimenti.....	151

## 1. PREMESSA

La presente relazione del fa parte del complesso degli interventi necessari per l'ammodernamento ed il potenziamento del "NODO DI BOVISA".

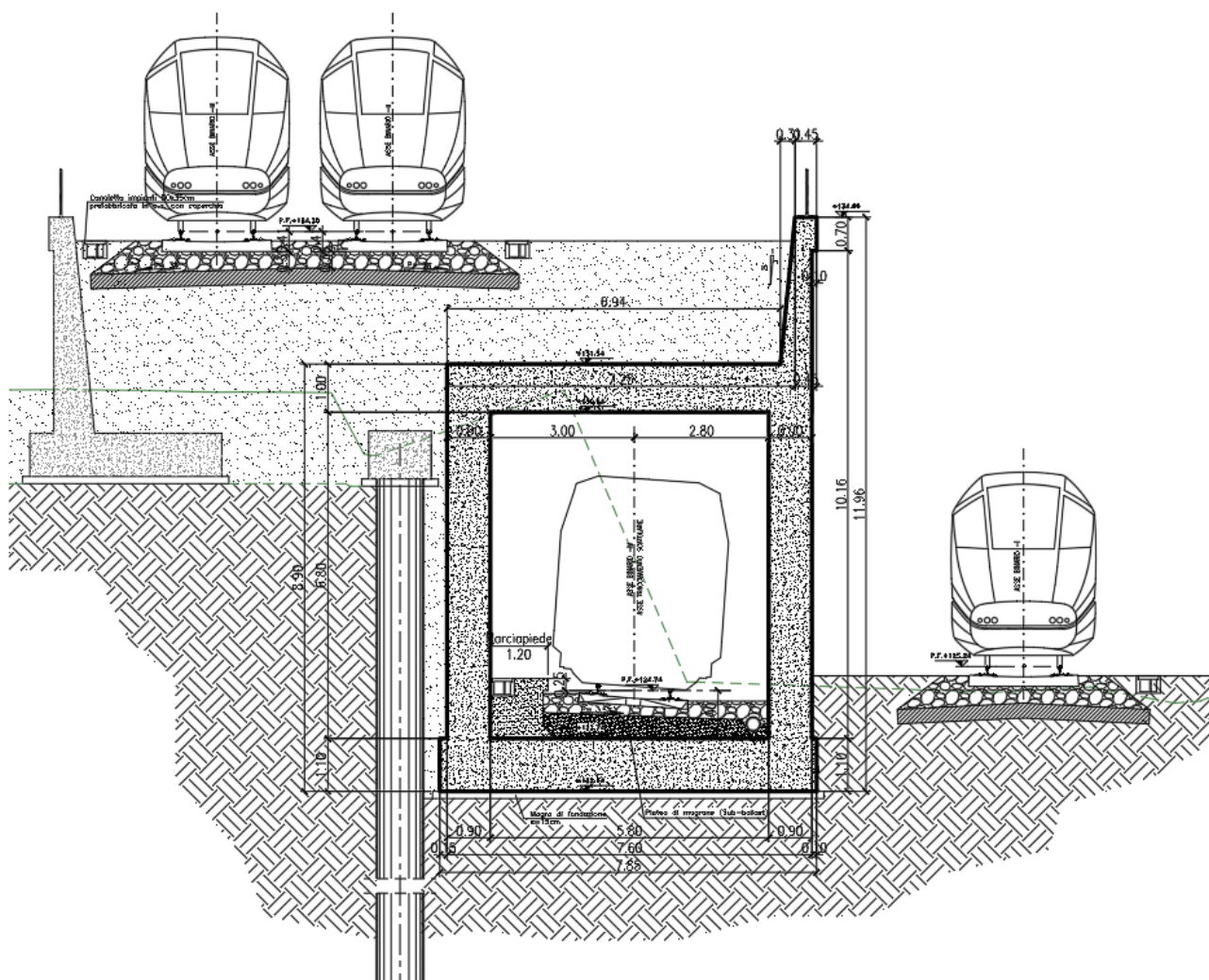
La presente relazione riguarda il sottopasso RFI direzione Cadorna.

Le opere oggetto di intervento sono collocate nel comune di Milano.

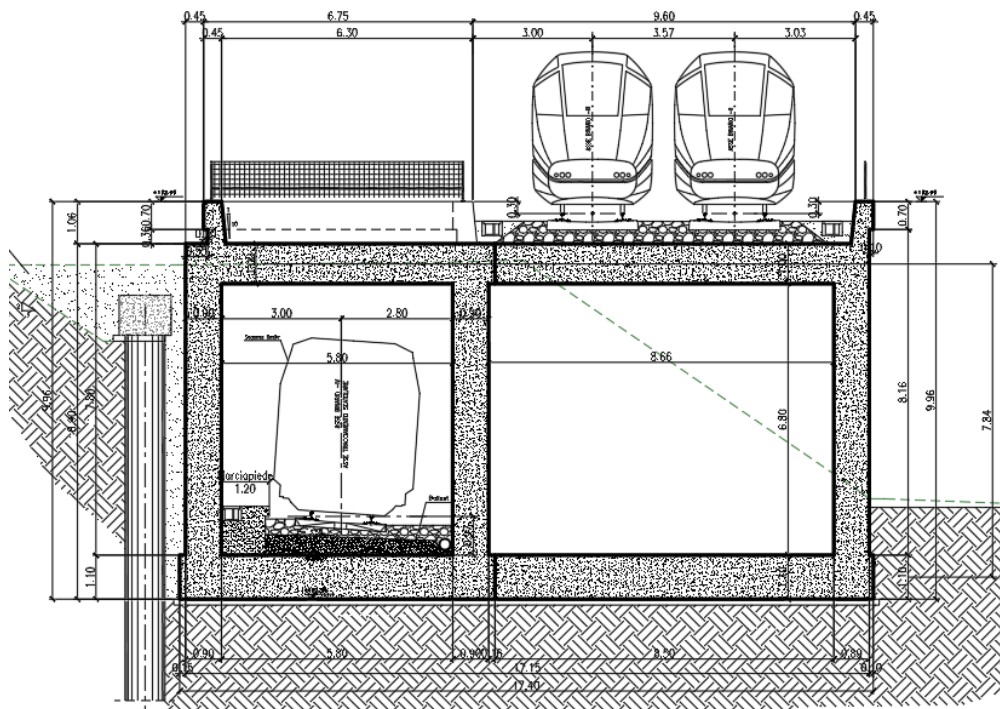
Scopo del presente documento tecnico è quello di illustrare, nel dettaglio, i criteri di calcolo e le verifiche che hanno condotto al dimensionamento strutturale delle opere.

## 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

In un primo tratto si ha la sezione dello scavalco seguente:



In un secondo tratto, al fine di sostenere i binari superiori, si realizza una seconda canna di luce crescente fino alla massima indicata in figura seguente:



Si adottano i seguenti spessori degli elementi strutturali:

- Soletta sp. 1.0m
- Piedritti sp.0.90m
- Fondazione sp. 1.10m

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono state eseguite secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- L. 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni “Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018”.
- Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.
- D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare LL.PP. 24 Settembre 1988 n° 30483 – “Legge 2/2/1974 n° 64 art.1 – “Istruzioni per l’applicazione delle norme riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione di cui al D.M. 11.3.1988”.
- “Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie” (rif. RFI-DTC-INC-CS-SP-IFS-001-A);
- “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” (rif. RFI-DTC-INC-PO-SP-IFS-001-A).

## 4. MATERIALI

### 4.1. Calcestruzzo

Il progetto sarà realizzato utilizzando i seguenti materiali:

<b>Classe di resistenza: MAGRONE</b>	<b>C12/15</b>		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	15	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	12.45	N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione		X0	
Classe di consistenza slump:		S3	
Contenuto minimo di cemento:		150	daN/m <sup>3</sup>
Rapporto A/C		≤ 0.60	
<b>Classe di resistenza: ELEVAZIONE E FONDAZIONE</b>	<b>C32/40</b>		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	41.2	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	33643	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	4.03	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza SLU:	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	18.8	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.45	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza SLE:	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	19.92	N/mm <sup>2</sup>
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	14.94	N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione		XC2	
Classe di consistenza slump:		S3,S5	
Contenuto minimo di cemento:		340	daN/m <sup>3</sup>
Rapporto A/C		0.5	
Massima dimensione aggregato		32	mm
Copriferro		40	mm



## 4.2. Acciaio per c.a.

### Acciaio per cemento armato

Acciaio per cemento armato tipo B450C secondo D.M. 17.01.2018, avente le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$	450	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$	540	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s =$	2.1E+05	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza SLU:	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza di calcolo SLU:	$f_{sd} =$	391.30	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di calcolo SLE:	$\sigma_{y,ad} =$	360	N/mm <sup>2</sup>

Deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{t, nom})_k$	$< 1,35$	
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\leq 1,25$	10.0
	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

## 5. PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Nel sedime dove è prevista la realizzazione delle opere, è stata eseguita una indagine geognostica consistente in 4 posizioni (S1-S4) ognuna delle quali composta da un sondaggio a carotaggio continuo a profondità variabile tra 25 e 50 m e una prova penetrometrica dinamica DPSH a profondità di 16-17m da p.c. e due stendimenti MASW e sismica a rifrazione in P.



La stratigrafia è la seguente:

Strato n.	(in m. da p.c.)	Descrizione stratigrafica	Angolo di attrito ( $^{\circ}$ ) terreni granulari	Coesione C (kPa) terreni coesivi	Modulo E (Mpa)
1	0,00÷-3,4 S1 (-6,0 S4)	terreno di riporto (laterizi, cemento, asfalto) in matrice sabbiosa e ghiaiosa	25 - 30	0	10 ÷30
2	-3,4 (-6)÷-12 (S2 e S4), 15 (S1) e 19,5 (S3)	Ghiaia in matrice sabbiosa debolmente limosa	35	0	30 ÷40
3	da -12 (S2 e S4), 15 (S1) e 19,5 (S3) a 34,4 e -36,0	Sabbia media o medio-grossa più o meno limosa inglobante ghiaia	30	0	40÷50
4	34,4÷36 a -50 (fine sondaggi)	Sabbia fine debolmente limosa, a tratti con ghiaia - da 34,4 a 36,3 limo (S3)	33	0	50 ÷60

A seconda della posizione del muro si considererà la stratigrafia relativa al sondaggio più prossimo.

Per il terreno di rinterro si assume quanto segue:

- per rilevato ferroviario:

$$\gamma = 20 \quad \phi = 38^{\circ}$$

Per il terreno spingente sullo scatolare (a tergo della paratia) si assume quanto segue:

$$\gamma = 19 \quad \phi = 25^{\circ}$$

La falda risulta a una profondità di circa -17m da p.c.

Secondo la formulazione suggerita da Vesic (1961) la costante di Winkler  $k_s$  di una fondazione di larghezza B può essere calcolata noto il modulo elastico E e il coefficiente di Poisson  $\nu$  del terreno:

$$k_{rs} = \frac{E}{B \cdot (1 - \nu^2)}$$

I dati sono i seguenti:

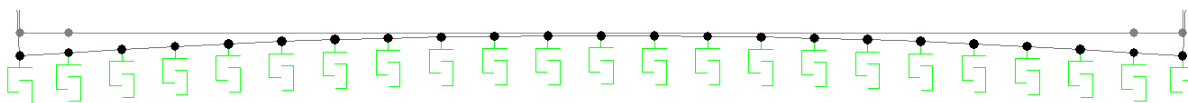
- Larghezza media della fondazione SCATOLARE CANNA SINGOLA B=7.90m;
- E il modulo elastico operativo del terreno medio riferito ad una profondità pari a 2B
- Il modulo elastico Eo alle profondità di interesse, calcolato come media pesata dei moduli degli strati nel volume significativo dell'opera, vale 30 MPa;
- Coefficiente di Poisson  $\nu=0.3$ .

La costante di Winkler si assume pari a K= **4200** kN/mc per la canna singola

- Larghezza media della fondazione SCATOLARE CANNA DOPPIA =13m;
- E il modulo elastico operativo del terreno medio riferito ad una profondità pari a 2B
- Il modulo elastico Eo alle profondità di interesse, calcolato come media pesata dei moduli degli strati nel volume significativo dell'opera, vale 30 MPa;
- Coefficiente di Poisson  $\nu=0.3$ .

La costante di Winkler si assume pari a K= **2500** kN/mc per la sezione a canna doppia

Nell'ipotesi di analisi elastico-lineare, si assegna alle aste di fondazione del modello un valore di "linear spring" pari a K, sfruttando la funzione del SAP2000 che distribuisce automaticamente l'assegnazione del K ai nodi della mesh:



Mediante le risultanze scaturite dalla prospezione MASW l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare un valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, tale da attribuire al suolo di fondazione può essere attribuito alla Categoria di tipo "C".

## 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della esistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

L'analisi viene condotta secondo il metodo pseudo statico.

### Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto si assume vita nominale  $VN > 100$  anni.

### Classi 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. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe **IV**: "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico."

### Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $VR$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $VN$  per il coefficiente d'uso  $CU$ . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore pari a **2** per la classe d'uso IV.  $VR = VN \times CU = 100 \text{ anni} \times 2 = 200 \text{ anni}$

### Azioni di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido

orizzontale, in funzione dei tre parametri:

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

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_R$  considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad  $a_g$  il valore previsto da pericolosità sismica.  $F_0$  e  $T_C^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica. Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione.
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $P_{VR}$  associate agli stati limite considerati per individuare infine a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine è conveniente utilizzare come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.1)} = -1898$$

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno  $T_R$ . L'accelerazione al sito  $a_g$  è espressa in g/10;  $F_0$  è adimensionale.  $T_C^*$  è espresso in secondi. I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. L'opera in progetto ricade nel comune di [Milano](#).

Parametri per la determinazione dell'azione sismica dell'impalcato

Categoria di sottosuolo C

Categoria topografica T1

Coeff. di combinazione sismica carichi da traffico  $\psi_E = 0.2$

$q$  Coefficiente di struttura

$\eta$   $1/q$

$a_g$  Accelerazione orizzontale massima al sito

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

$F_0$  Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☒ Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

**Elaborazioni numeriche**

**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".



## 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

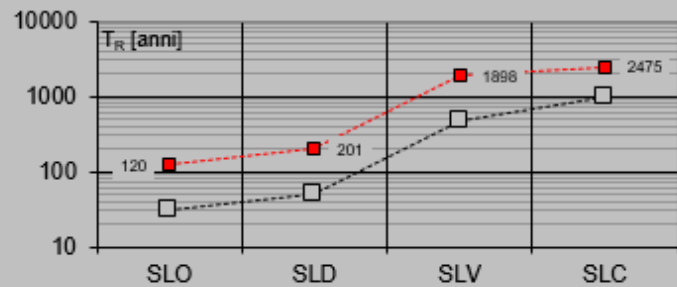
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

### Elaborazioni

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

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....■..... Strategia scelta

## SLV

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

**Stato Limite**

Stato Limite considerato SLV info

**Risposta sismica locale**

Categoria di sottosuolo C info

Categoria topografica T1 info

$S_S =$  1.500 info

$C_C =$  1.543 info

$h/H =$  1.000 info

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

**Compon. orizzontale**

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento  $\xi$  (%) 5 info

Fattore  $q_o$  1.5 info

$\eta =$  1.000 info

Regol. in altezza sì info

**Compon. verticale**

Spettro di progetto info

Fattore  $q$  1.5

$\eta =$  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,  $\xi = 5\%$ )

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.070 g
$F_o$	2.758
$T_C$	0.311 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.543
$S_T$	1.000
$q$	1.500

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	0.667
$T_B$	0.160 s
$T_C$	0.481 s
$T_D$	1.880 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_s(T)$  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	0.105
$T_B \leftarrow$	0.160	0.193
$T_C \leftarrow$	0.481	0.193
	0.547	0.170
	0.614	0.151
	0.681	0.136
	0.747	0.124
	0.814	0.114
	0.880	0.105
	0.947	0.098
	1.014	0.092
	1.080	0.086
	1.147	0.081
	1.214	0.077
	1.280	0.073
	1.347	0.069
	1.414	0.066
	1.480	0.063
	1.547	0.060
	1.614	0.058
	1.680	0.055
	1.747	0.053
	1.814	0.051
$T_D \leftarrow$	1.880	0.049
	1.961	0.044
	2.082	0.040
	2.183	0.037
	2.284	0.033
	2.385	0.031
	2.486	0.028
	2.587	0.026
	2.688	0.024
	2.789	0.022
	2.890	0.021
	2.991	0.020
	3.092	0.018
	3.193	0.017
	3.293	0.016
	3.394	0.015
	3.495	0.014
	3.596	0.014
	3.697	0.014
	3.798	0.014
	3.899	0.014
	4.000	0.014

## 7. CRITERI DI VERIFICA

### 7.1. Verifiche agli stati limite ultimi

Le verifiche di opere in sotterraneo devono essere eseguite con l'Approccio 1 considerando le due diverse combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1 A1+M1+R1: in questo tipo di combinazioni vengono incrementati le azioni permanenti e variabili con i coefficienti ( $\gamma_G$ ,  $\gamma_Q$ ) e vengono lasciate inalterate le caratteristiche di resistenza del terreno, con i coefficienti  $\gamma_r$  per le resistenze R1 pari all'unità.
- Combinazione 2 A2+M2+R2: in questo tipo di combinazioni vengono incrementati i carichi variabili e vengono ridotte le caratteristiche di resistenza del terreno ( $tg(\phi)$ ,  $c'$  o  $c_u$ ) secondo i coefficienti parziali ( $\gamma_{tan\phi}$ ,  $\gamma_{c'}$ ,  $\gamma_{cu}$ ,  $q_u$ ) definiti da normativa, con i coefficienti  $\gamma_r$  per le resistenza R2 pari all'unità.
- Combinazione sismica agli SLV con i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici unitari.

I valori dei coefficienti parziali per le opere in sotterraneo (par. 6.7.5. delle NTC 2018) sono i seguenti:

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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

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

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

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi vengono definiti anche in base a quanto indicato al paragrafo 5.1.3.14. delle NTC e alle Istruzioni RFI.

Nei successivi paragrafi saranno condotte le verifiche per le condizioni di carico più gravose fra le condizioni di esercizio e in fase di costruzione (considerando le combinazioni di carico che portano rispettivamente ai valori massimi di azione assiale, momento flettente e taglio), nelle sezioni significative.

## 7.2. Verifiche agli stati limite di esercizio

### *Definizione degli stati limite di fessurazione*

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni (NTC 17.01.2018 par.2.5.3):

$$\text{Rara)} \quad \Rightarrow \quad G1+G2 +Q_{k1}+\sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Frequente)} \quad \Rightarrow \quad G1+G2 +\psi_{11} \cdot Q_{k1}+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Quasi permanente)} \Rightarrow \quad G1+G2 +\psi_{21} \cdot Q_{k1}+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

## Verifica a Fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

**Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione -**

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

I valori limite sono pari a:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

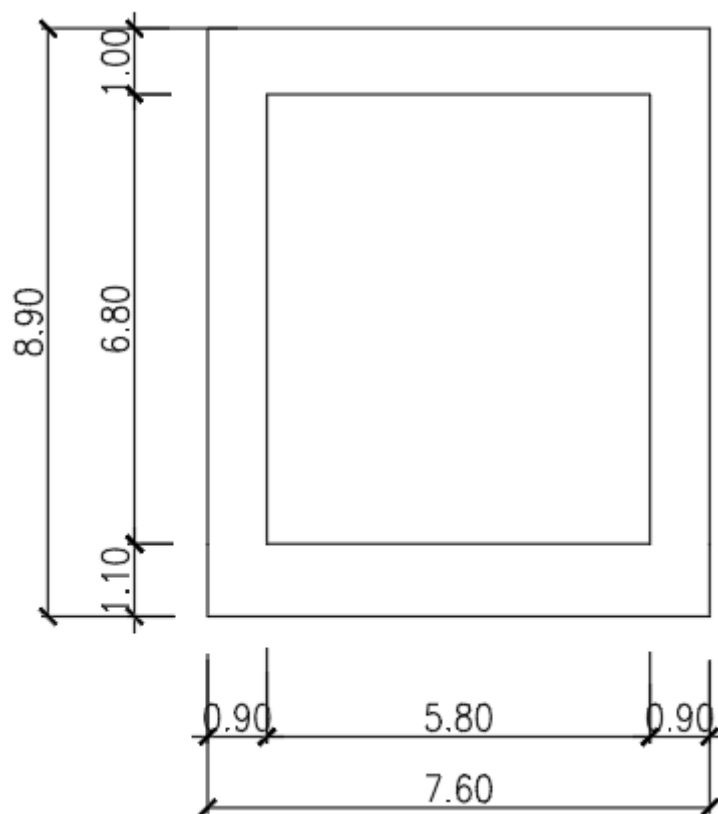
Nelle verifiche dell'opera in esame, per classi di esposizione XA1 si è assunta la condizione ambientale aggressiva.

## 8. SCATOLARE SEZIONE SINGOLA

Per tenere conto dell'obliquità dei binari rispetto alla sezione trasversale dello scatolare, si considera una sezione diagonale ortogonale di luce 6.0m.

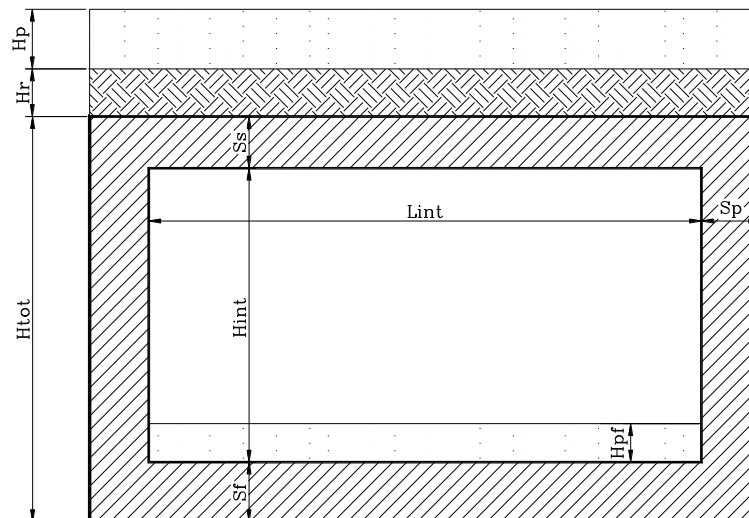
La dimensione interna è di 5.80 m e l'altezza interna pari a 6.80 m, con soletta superiore di spessore 1.00 m, piedritti di spessore 0.90 m e soletta inferiore di spessore 1.10 m.

Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.



**Sezione di calcolo scatolare**

## 8.1. Geometria



DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
larghezza totale scatolare	$L_{tot}$	7.60	m
larghezza utile scatolare	$L_{int}$	5.80	m
larghezza interasse	$L_a$	6.70	m
spessore soletta superiore	$S_s$	1.00	m
spessore piedritti	$S_p$	0.90	m
spessore fondazione	$S_f$	1.10	m
altezza totale scatolare	$H_{tot}$	8.90	m
altezza libera scatolare	$H_{int}$	6.80	m
spessore magrone	$H_m$	0.30	m
spessore massicciata+arm.	$H_{Rb}$	0.80	m
spessore ricoprimento medio	$H_{rsup}$	1.20	m
spessore massicciata+arm. Inf	$H_{pinf}$	0.60	m
spessore ricoprimento inferiore	$H_{Rinf}$	0.40	m



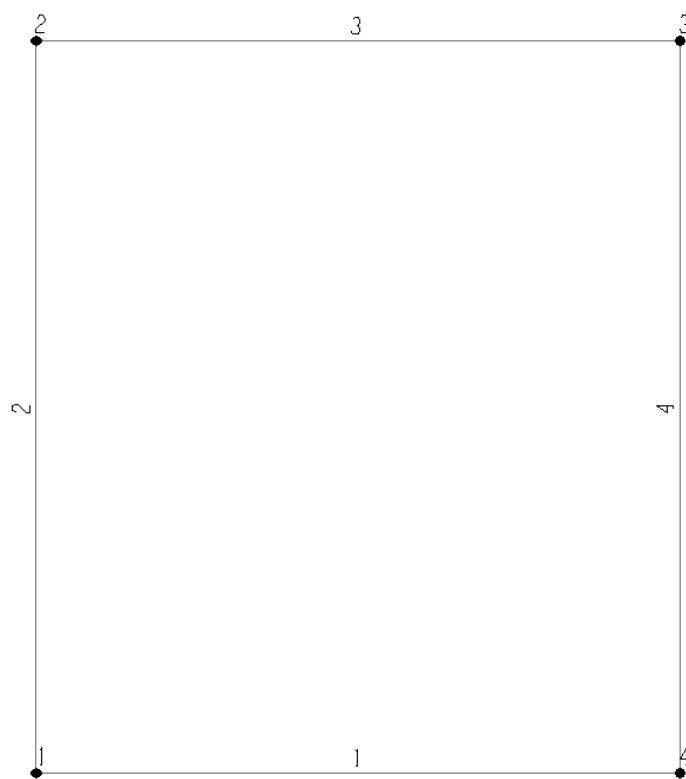
## 8.2. Modello di calcolo

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni permanenti e alle azioni da traffico ferroviario sulla soletta superiore e sulla fondazione. Alle estremità delle aste si assegna un elemento di rigidezza infinita di lunghezza pari a metà spessore di solette e piedritti.

Il terreno di fondazione è stato modellato utilizzando la schematizzazione alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

Di seguito si riporta lo schema di calcolo.



*Numerazione aste e nodi*

### 8.3. Analisi dei carichi

#### 8.4. Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati

Sul solettone superiore si considera per il ballast un peso per unità di volume di  $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$  e per il massetto di 0.3 m un peso per unità di volume  $\gamma = 24.00 \text{ kN/m}^3$

Sul solettone inferiore si considera per il ballast un peso medio per unità di volume della pavimentazione e del rinterro pari a di  $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$ .

Per il peso degli elementi strutturali si adotta  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ .

(Carichi "1" e "2" nel modello di calcolo)

<u>Soletta superiore</u>	- Peso proprio	25.00 kN/m
	-Peso massetto	7.20 kN/m
	- Massicciata + arm. 80 cm	14.40 kN/m
	-Ricoprimento	22.80 kN/m
	- Totale	44.40 kN/m
<u>Soletta inferiore</u>	- Peso proprio	27.50 kN/m
	- Peso tot. gravante in fond.	18.40 kN/m
<u>Piedritti</u>	- Peso proprio	22.50 kN/m
	- Totale	22.50 kN/m

In più viene aggiunto come carico concentrato nei nodi 2 e 3 (tra la soletta superiore e i piedritti), il carico permanente sulla soletta di copertura dovuto al peso della zona sovrastante la metà dello spessore del piedritto (la modellazione è stata fatta in asse piedritto).

- Ricoprimento metà spess. 20.0 kN

## 8.5. Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente

Il terreno spingente ha le seguenti caratteristiche:

DATI GEOTECNICI TERRENO IN SITU			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito terreno	$\phi$	25	°
peso di volume terreno	$\gamma_{r2}$	19	kN/m <sup>3</sup>
coefficiente di spinta a riposo	$K_{02}$	0.58	-
coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.406	-
Cond. M2: tangente $f/1.25$	$\tan\phi/1.25$	0.373	-
Cond. M2: angolo di attrito	$\phi_{M2}$	20	°
Geo: coeff. di spinta a riposo	$K_{0M2}$	0.650	-

DATI GEOTECNICI RILEVATO FERROVIARIO			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito terreno	$\phi$	38	°
peso di volume terreno	$\gamma_{r1}$	20	kN/m <sup>3</sup>
coefficiente di spinta a riposo	$K_{01}$	0.38	-
coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.238	-
Cond. M2: tangente $f/1.25$	$\tan\phi/1.25$	0.625	-
Cond. M2: angolo di attrito	$\phi_{M2}$	32	°
Geo: coeff. di spinta a riposo	$K_{0M2}$	0.470	-

Oltre alla spinta distribuita viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi d'angolo la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore. Per un metro di lunghezza di scatolare si ha

(carico "3" nel modello di calcolo):

peso di volume ballast	$\gamma_b$	18	kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito ballast	$\phi_b$	30	
coefficiente di spinta a riposo	$K_{0b}$	0.5	-
	$K_{0bM2}$	0.58	
Spinta del ballast M1	$q_b$	7.20	kN/mq
Spinta del ballast M2	$q_b$	8.35	kN/mq

**Cond. M1**

$p_{s1} = q_b + K_{o1} * (H_{rsup} + S_s/2) * \gamma_{r1} =$	16.4	kN/mq	(pressione estradosso soletta superiore)
$p_{s2} = p_{s1} + K_{o1} * S_s/2 * \gamma_{r1} =$	20.3	kN/mq	(pressione in asse soletta superiore)
$p_{s3a} = p_{s1} + K_{o1} * 2.0 * \gamma_{r1} =$	35.6	kN/mq	(pressione rilevato -2m da estr.soletta)
$p_{s3b} = p_{s1} + K_{o2} * 2.0 * \gamma_{r2} =$	42.2	kN/mq	(pressione rilevato -2m da estr.soletta)
$p_{i1} = p_{s3b} + K_{o2} * \gamma_{r2} * (6.35m) =$	111.9	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} = p_{i1} + K_{o2} * \gamma_{r2} * S_f/2 =$	117.9	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{ssup} = 0.5 * (p_{s1} + p_{s2}) * (S_s/2) =$	9.2	kN/m	(spinta semispessore soletta superiore)
$P_{sinf} = 0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	63.2	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

**M1 - spinta parete valle**

$p_{i1} = K_{o1} * \gamma_{r1} * (1.85m) =$	14.2	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} = K_{o1} * \gamma_{r1} * (2.3m) =$	17.7	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{sinf} = 0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	8.8	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

Per le combinazioni con i coefficienti M2 si devono utilizzare i coefficienti di riduzione dei parametri geotecnici per cui si ha:

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

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

**Cond. M2**

$p_{s1} = q_b + K_{o1} * (H_{rsup} + S_s/2) * \gamma_{r1} =$	19.6	kN/mq	(pressione estradosso soletta superiore)
$p_{s2} = p_{s1} + K_{o1} * S_s/2 * \gamma_{r1} =$	35.6	kN/mq	(pressione in asse soletta superiore)
$p_{s3a} = p_{s1} + K_{o1} * 2.0 * \gamma_{r1} =$	51.0	kN/mq	(pressione rilevato -2m da estr.soletta)
$p_{s3b} = p_{s1} + K_{o2} * 2.0 * \gamma_{r2} =$	57.6	kN/mq	(pressione rilevato -2m da estr.soletta)
$p_{i1} = p_{s3b} + K_{o2} * \gamma_{r2} * (6.35m) =$	136.0	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} = p_{i1} + K_{o2} * \gamma_{r2} * S_f/2 =$	142.8	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{ssup} = 0.5 * (p_{s1} + p_{s2}) * (S_s/2) =$	13.8	kN/m	(spinta semispessore soletta superiore)
$P_{sinf} = 0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	76.7	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

## M2 - spinta parete valle

$p_{i1} =$	$K_{o1} * \gamma_{f1} * (1.85m) =$	17.4	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} =$	$K_{o1} * \gamma_{f1} * (2.3m) =$	21.6	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{sinf} =$	$0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	10.7	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

(condizione di carico "13" nel modello di calcolo)

## 8.6. Spinta e sottospinta idraulica

Non presente per il caso in esame.

## 8.7. Ritiro

(Condizione di carico "4")

Come riportato nelle NTC2018 al par. 11.2.10.6:

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} \quad (11.2.6)$$

dove:

$\epsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\epsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\epsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento :

$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{c0} \quad (11.2.7)$$

può essere valutato mediante i valori delle seguenti Tab. 11.2.Va-b in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro  $h_0$ :

Tabella 11.2.Va – Valori di  $\epsilon_{c0}$

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tabella 11.2.Vb – Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1,0
200	0,85

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t-t_s) \cdot \varepsilon_{cd,\infty} \quad (11.2.8)$$

dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma

$$\beta_{ds}(t-t_s) = (t-t_s) / [(t-t_s) + 0,04 h_0^{3/2}] \quad (11.2.9)$$

in cui:

$t$  è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni)

$t_s$  è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine della maturazione, espresso in giorni).

$h_0$  è la dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto  $2A_c / u$  essendo

$A_c$  è l'area della sezione in calcestruzzo

$u$  è il perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno  $\varepsilon_{ca,\infty}$  può essere valutato mediante l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \text{ con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2 \quad (11.2.10)$$

Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Sezione dell'elemento	$A_c$	1000000	mmq
Perimetro a contatto con l'atmosfera	$u_c$	1000	mm
dimensione fittizia	$h_0$	2000	mm
età del cls di verifica	$t$	25550	giorni
età di maturazione del cls	$t_s$	28	giorni
classe del cls	$f_{ck}$	37.0	N/mmq

Per interpolazione lineare si ha:

$\varepsilon_{c0(75\%)}$	$0.291 \times 10^{-3}$
$k_h$	0.7
$\varepsilon_{cd,\infty}$	$0.204 \times 10^{-3}$
$\beta_{ds}(t-t_s)$	0.877
$\varepsilon_{cd}(t)$	$0.179 \times 10^{-3}$
$\varepsilon_{ca,\infty}$	$67.5 \times 10^{-6}$
$\varepsilon_{cs}$	0.000246

Ai fini del calcolo, l'effetto del ritiro si assimila ad una variazione di temperatura:

$$\varepsilon_{cs} = \alpha \Delta T$$

Con  $\alpha$  = coefficiente di dilatazione termica del cls =  $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Trattandosi di un fenomeno lento si utilizza un modulo di elasticità pari ad  $1/3 E_c$ . Per semplicità di calcolo si applica la riduzione alla variazione di temperatura considerando  $\Delta T/3$ .

$\Delta T$	24.6
$\Delta T/3$	8.2

## 8.8. Azioni indotte dalle variazioni termiche

Alla soletta superiore si applica la condizione più gravosa tra una variazione termica uniforme pari a  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$  ed una variazione nello spessore tra estradosso ed intradosso pari a  $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$  (Condizione di carico 5).

## 8.9. Ripartizione dei carichi mobili ferroviari

### Diffusione dei carichi

Si definisce  $L_d$  la larghezza di diffusione del carico trasversale, dalla rotaia alla quota del piano medio della soletta di copertura, assumendo che detta diffusione avvenga con inclinazione 1/4 all'interno del ballast, 3/2 nel terrapieno e 1/1 all'interno delle strutture in c.a., adottando in 2.30m la larghezza della traversina si ha per un solo binario:

$$- \quad L_{d1} = L_{\text{Trav.}} + [((H_{\text{Ballast}} - H_{\text{armamento}})/4 + (H_{\text{Ric.}} * 2/3) + H_m + (S_s)/2] * 2$$

$$L_{d1} = 5.74 \text{ m}$$

$$- \quad L_{d2} = 3.65 \text{ m (interasse tra i binari)}$$

pertanto:

$$- \quad L_d = \min(L_{d1}, L_{d2})$$

$$L_d = 3.65 \text{ m}$$

Per il calcolo del coefficiente dinamico " $\Phi$ " si fa riferimento al paragrafo 5.2.3.3 "effetti dinamici" delle NTC2018:

- linea con ridotto standard manutentivo:

$$\Phi_3 = C * \left( \frac{2.16}{\sqrt{L\phi} - 0.2} + 0.73 \right)$$

Dove dalla tabella 5.2 II:

Al punto 5.4 si ricava che per il caso in esame al coefficiente dinamico può essere assegnato un coefficiente riduttivo di 0.9

**Lunghezza caratteristica (scatolare)**

$$L_{\Phi} = 7.9 \text{ m}$$

Si ha

$$\Phi_3 = 1.56$$

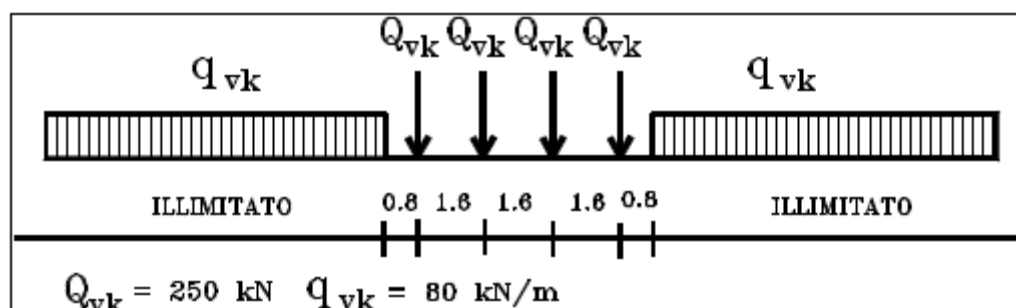
I modelli di carico considerati per la struttura sono il treno di carico LM 71, SW/2 e SW/0.

Per essi si definisce un coefficiente di adattamento  $\alpha$ :

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " $\alpha$ "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

**Treno LM71**

(Condizione di carico "6")



**Figura 5.2.1 - Treno di carico LM 71**

Il carico LM71 è schematizzato da quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.60m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.80m dagli assi di estremità.

La diffusione del carico in senso trasversale all'asse binario risulta pari ad  $L_d$ . In senso longitudinale rispetto all'asse binario il carico si distribuisce sull'intero ingombro dei suoi assi, pari a 6.40 m ( $1.60 \cdot 3 + 2 \cdot 0.80$ ).



- coefficiente di adattamento

$$\alpha = 1.1$$

- carico ripartito equivalente alle forze concentrate

$$q_1 = \alpha * \Phi_3 \left( \frac{4 * Q_{vk}}{6.40m * L_d} \right) = \alpha * \Phi_3 \left( \frac{Q_{vk}}{1.60m * L_d} \right)$$

- carico ripartito equivalente al carico distribuito

$$q_2 = \frac{\alpha * \Phi_3 * q_{vk}}{L_d}$$

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento  $s$ , per tenere conto dello spostamento dei carichi. Tale eccentricità è calcolata sulla base del rapporto massimo fra i carichi afferenti a due ruote appartenenti al medesimo asse  $Q_{V2}/Q_{V1}=1,25$  essendo  $Q_{V1}$  e  $Q_{V2}$  i carichi verticali delle ruote di un medesimo asse, e risulta quindi pari a  $s/18$  con  $s = 1435$  mm.

Conseguentemente l'incremento di carico sulla copertura per effetto della predetta eccentricità può essere quantificato in :

incremento dovuto allo scartamento 1.13

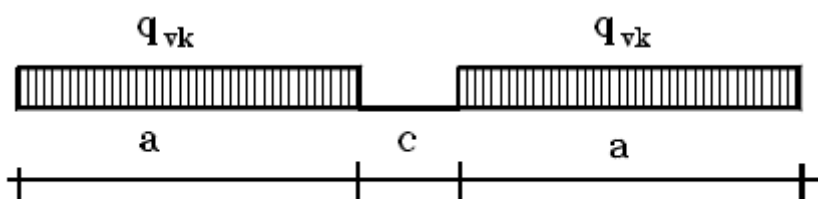
**Treno LM71 :**

$$q_1 = 82.9 \text{ kN/mq}$$

$$q_2 = 42.4 \text{ kN/mq}$$

### Treni SW/0 e SW/2

(Condizione di carico "8")



**Figura 5.2.2 - Treno di carico SW**

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

### SW/0:

- coefficiente di adattamento

$$\alpha = 1.1$$

- carico distribuito

$$q = \frac{\alpha * \Phi_3 * q_{vk}}{L_d}$$

$$q = 62.4 \quad \text{kN/mq}$$

### SW/2:

- coefficiente di adattamento

$$\alpha = 1.0$$

- carico distribuito

$$q = \frac{\alpha * \Phi_3 * q_{vk}}{L_d}$$

$$q = 64.0 \quad \text{kN/mq}$$

Per alcune particolari verifiche è utilizzato un particolare treno di carico chiamato “treno scarico” rappresentato da un carico uniformemente distribuito pari a 10kN/m. (Condizione di carico “16”)

## 8.10. Azione di serpeggio

(Condizione di carico "7")

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza viene assunto pari a  $Q_{sk}=100\text{kN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per  $\phi$ .

L'analisi piana verticale in oggetto non permette di cogliere gli effetti indotti da una tale azione agente perpendicolarmente al binario. Tuttavia, vista la natura dell'opera, si ritengono gli effetti indotti da tale azione pressoché trascurabili.

### **8.11. Spinta del sovraccarico**

(Condizione di carico "9")

Il sovraccarico sul terreno a tergo dei piedritti, dovuto al traffico ferroviario, è calcolato distribuendo il peso del treno, schematizzato dai modelli di calcolo, su una larghezza di 3.0m senza applicare l'incremento dinamico.

Di seguito si valuta la distribuzione dei vari treni di carico per valutare la condizione più gravosa.

**Spinta del sovraccarico LM71**

<b>LM71</b>	$q_1 = 57.3$	kN/m	(ripartizione carico concentrato)
	$q_2 = 29.3$	kN/m	(ripartizione carico distribuito)
(condizione di carico "9" nel modello di calcolo)			
$p_1(M1) = q_1 * K_0 =$	<b>33.1</b>	kN/m	(spinta del carico concentrato)
$p_2(M1) = q_2 * K_0 =$	<b>16.9</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * S_s/2 =$	<b>16.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico concentrato)
$P1_{inf} = p_1 * S_f/2 =$	<b>18.2</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico concentrato)
$P2_{sup} = p_2 * S_s/2 =$	<b>8.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P2_{inf} = p_2 * S_f/2 =$	<b>9.3</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)
(condizione di carico "9_1" nel modello di calcolo)			
$p_1(M2) = q_1 * K_0 =$	<b>37.3</b>	kN/m	(spinta del carico concentrato)
$p_2(M2) = q_1 * K_0 =$	<b>19.1</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * S_s/2 =$	<b>18.6</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico concentrato)
$P1_{inf} = p_1 * S_f/2 =$	<b>20.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico concentrato)
$P2_{sup} = p_2 * S_s/2 =$	<b>9.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P2_{inf} = p_2 * S_f/2 =$	<b>10.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)

**Spinta del sovraccarico SW/0**

<b>SW/0</b>	$q = 44.3$	kN/m	(ripartizione carico distribuito)
(condizione di carico "9" nel modello di calcolo)			
$p_1(M1) = q_1 * K_0 =$	<b>25.6</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * S_s/2 =$	<b>12.8</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P1_{inf} = p_1 * S_f/2 =$	<b>14.1</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)
(condizione di carico "9_1" nel modello di calcolo)			
$p_1(M2) = q_1 * K_0 =$	<b>28.8</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * S_s/2 =$	<b>14.4</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P1_{inf} = p_1 * S_f/2 =$	<b>15.9</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)

Spinta del sovraccarico SW/2				
SW/2	q= 50.0	kN/m	(ripartizione carico distribuito)	
(condizione di carico "9" nel modello di calcolo)				
$p_1(M1)=$	$q_1 \cdot K_0 =$	28.9	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup}=$	$p_1 \cdot Ss/2=$	14.4	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P1_{inf}=$	$p_1 \cdot Sf/2=$	15.9	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)
(condizione di carico "9_1" nel modello di calcolo)				
$p_1(M2)=$	$q_1 \cdot K_0 =$	32.5	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup}=$	$p_1 \cdot Ss/2=$	16.3	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P1_{inf}=$	$p_1 \cdot Sf/2=$	17.9	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)

La spinta più gravosa sui piedritti dovuta al passaggio del convoglio ferroviario, si ottiene al passaggio di un treno di carico LM71-carico concentrato, per il quale si ottiene un valore di 37.3 kN/m (come da tabella precedente) corrispondente alla spinta dovuta alla ripartizione del sovraccarico concentrato, per la condizione con i coefficienti M2; 33.1.3kN/m per la condizione con i coefficienti M1.

## 8.12. Azione di avviamento e frenatura

(Condizione di carico "10")

Le azioni di avviamento e/o frenatura sono da considerarsi uniformemente distribuite su tutta la stesa dove è applicato il carico verticale. Nei calcoli che seguono sono stati considerati i valori caratteristici più gravosi per la struttura in relazione al modello di carico:

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento:  $Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L[m] \leq 1000 \text{ kN}$  per modelli di carico LM 71, SW/0, SW/2

frenatura:  $Q_{fb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L[m] \leq 6000 \text{ kN}$  per modelli di carico LM 71, SW/0

$Q_{fb,k} = 35 \text{ [kN/m]} \cdot L[m]$  per modelli di carico SW/2

Vista l'analisi bidimensionale, l'effetto di tale azione non è applicabile al modello.

**8.13. Azione centrifuga**

(Condizione di carico "11")

Si ritiene trascurabile tale azione.

**8.14. Sovraccarichi mobili variabili in fondazione**

(condizioni di carico "17" nel modello di calcolo)

Analogamente a quanto analizzato per la ripartizione del carico ferroviario sulla soletta superiore, considerando la presenza di un solo binario, si ha per la soletta inferiore, con coefficiente dinamico unitario:

$$q_1 = 47.2 \text{ kN/mq}$$

## 8.15. Azione sismica

L'accelerazione massima di progetto, valutata in conformità alla normativa vigente vale:

### Azione sismica SLV

$$\begin{aligned} a_g &= 0.070 \text{ g} \\ S &= 1.50 \end{aligned}$$

Categoria del suolo C

Tale accelerazione sarà da applicare con il Metodo pseudo-statico di Wood data la configurazione dell'opera (scatolare interrato).

(Condizioni di carico "14"- "15")

### Azione sismica SLV

$$\begin{aligned} a_g &= 0.070 \text{ g} \\ S &= 1.50 \\ a_{\max} &= S \cdot a_g = 0.105 \text{ g} \\ k_h &= a_{\max}/g = 0.105 \\ k_v &= 0.5 \cdot a_{\max}/g = 0.053 \end{aligned}$$

#### Sisma orizzontale

$F_{\text{sis}} = a_{\max} \cdot \gamma_r \cdot H_{\text{tot}}$	17.8	kN/mq	(carico applicato sulla parete)
$F_{\text{inp}} = k_h \cdot S_p \cdot \gamma_{\text{cls}} \cdot 1\text{m}$	2.4	kN/mq	(inerzia piedritti)
<b>Totale</b>	<b>20.1</b>	<b>kN/mq</b>	<b>(piedritti)</b>
$F_{\text{sisup}} = a_{\max} \cdot \gamma_r \cdot (S_s/2)^2$	0.5	kN/m	(spinta semispessore soletta superiore)
$F_{\text{sisinf}} = a_{\max} \cdot \gamma_r \cdot (S_f/2)^2$	0.6	kN/m	(spinta semispessore solettainferiore)
$F_{\text{infer}} = k_h \cdot 0.2 \cdot q$	1.7	kN/mq	(transito ferroviario)
$F_{\text{inr}} = k_h \cdot H_{\text{Rb}} \cdot \gamma_b \cdot 1\text{m}$	1.5	kN/mq	(inerzia ballast)
$F_{\text{ins}} = k_h \cdot (S_s + H_m) \cdot \gamma_{\text{cls}} \cdot 1\text{m}$	3.4	kN/mq	(inerzia soletta superiore)
<b>Totale</b>	<b>6.7</b>	<b>kN/mq</b>	<b>(soletta superiore)</b>

#### Sisma verticale

$F_{\text{inp}} = k_v \cdot S_p \cdot \gamma_{\text{cls}} \cdot 1\text{m}$	1.2	kN/mq	(inerzia piedritti esterni)
$F_{\text{infer}} = k_v \cdot 0.2 \cdot q$	0.9	kN/mq	(transito ferroviario)
$F_{\text{inr}} = k_v \cdot (H_p + H_r) \cdot \gamma_b \cdot 1\text{m}$	0.8	kN/mq	(inerzia ballast)
$F_{\text{ins}} = k_v \cdot (S_s + H_m) \cdot \gamma_{\text{cls}} \cdot 1\text{m}$	1.7	kN/mq	(inerzia soletta superiore)
<b>Totale</b>	<b>3.3</b>	<b>kN/mq</b>	<b>(soletta superiore)</b>

### 8.16. Condizioni di carico

Le condizioni di carico elementari sono le seguenti

- 1 Peso proprio elementi strutturali e non strutturali ( $g_1$ )
- 2 Carichi permanenti portati ( $g_2$ )
- 3 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti  $A_1+M_1$  ( $g_3$ ) + spinta e sottospinta idraulica
- 4 Ritiro e viscosità ( $\varepsilon_2$ )
- 5 ( $5_1$ ) Variazioni termiche ( $\varepsilon_3$ )
- 6 traffico ferroviario normale (condizione che massimizza il momento)
- 6\_1 traffico ferroviario normale (condizione che massimizza il taglio)
- 7 Serpeggio
- 8 traffico ferroviario pesante
- 9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale calcolato con i coefficienti  $A_1+M_1$  ( $g_4$ )
- 9\_1 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale calcolato con i coefficienti  $A_1+M_2$  ( $g_4$ )
- 10 Avviamento/ Frenatura (GR-Fr)
- 11 Forza centrifuga
- 12 Vento
- 13 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti  $A_2+M_2$  ( $g_3$ )
- 14 Sisma orizzontale ( $q_{6x}$ )
- 15 Sisma verticale ( $q_{6z}$ )
- 16 Treno scarico
- 17 Sovraccarico stradale variabile in fondazione

L'opera principale è trattata con le combinazioni tipiche dei ponti ai sensi del DM 17/01/2018 e s.m.i.



### 8.17. Combinazioni di carico

La Tab. 5.2.IV fornisce i valori caratteristici delle azioni da assumere nella definizione dei gruppi di carico ferroviari.

**Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico**

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
Gruppo di carico	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo 2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione
<div> <div></div> Azione dominante         </div> <div>           (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (<math>\Phi, \alpha</math>, ecc...)         </div> <div>           (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.         </div>						

La Tab. 5.2.V fornisce i valori caratteristici delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

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

I valori dei coefficienti  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  e  $\psi_2$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.2.VI.

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

	Azioni	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

<sup>(3)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico varino assunti pari a 0,0.

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

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

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$ 

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

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

Le combinazioni inserite nel modello sono le seguenti:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0M)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr Norm	Serp	Tr Pes	Sp. sovr (M)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLU (A1+M1) -SLU1	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU2	1	1	1	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU3	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU4	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU5	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU6	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU7	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU8	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU9	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU10	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU11	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU12	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU13	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU14	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU15	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU16	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU17	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU18	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU19	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU20	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU21	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU22	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU23	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU24	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU25	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU26	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU27	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU28	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU29	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU30	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU31	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU32	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU33	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU34	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU35	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU36	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU37	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU38	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU39	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU40	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU41	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU42	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU43	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU44	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU45	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU46	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU47	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU48	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU49	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU50	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45

Gr.1 Traffico Normale

Gr.3 Traffico Normale

SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0M)</sub>	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_3$	Tr. Norm	Serp	Tr. Pes	Sp. sovr (Mt)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLU (A1+M1) -SLU51	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU52	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU53	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU54	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU55	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU56	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU57	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU58	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU59	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU60	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU61	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU62	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU63	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU64	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU65	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU66	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU67	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU68	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU69	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU70	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU71	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU72	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU73	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU74	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU75	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU76	1	1	1	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU77	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU78	1	1	1	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU79	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU80	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU81	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU82	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU83	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU84	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU85	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU86	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU87	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU88	1	1	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU89	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU90	1	1	1	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU91	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU92	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU93	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU94	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU95	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU96	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU97	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU98	1	1	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45

Gr.1 Traffico Pesante

Gr.3 Traffico Pesante

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0,1)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr.Norm	Serp	Tr.Pes	Sp. sovr (Mt)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0,2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLU (A1+M1) -SLU99	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU100	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU101	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU102	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU103	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU104	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU105	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU106	1	1	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU107	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU108	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU109	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU110	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU111	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU112	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU113	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU114	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU115	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU116	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU117	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU118	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU119	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU120	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU121	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU122	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU123	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU124	1	1	1	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU125	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU126	1	1	1	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU127	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU128	1	1	1	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU129	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU130	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU131	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU132	1	1	1	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU133	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU134	1	1	1	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU135	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU136	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45

Gr.2 Treno scarico

Vento+Gr.1 Traffico Normale

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0M)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr Norm	Serp	Tr Pes	Sp. sovr (M1)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.	
SLU (A1+M1) -SLU137	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	Vento+Gr.3 Traffico Normale
SLU (A1+M1) -SLU138	1	1	1	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU139	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU140	1	1	1	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU141	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU142	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU143	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU144	1	1	1	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU145	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU146	1	1	1	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU147	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	Vento+Gr.1 Traffico Pesante
SLU (A1+M1) -SLU148	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU149	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU150	1	1	1	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU151	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU152	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU153	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU154	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU155	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU156	1	1	1	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU157	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	Vento+Gr.3 Traffico Pesante
SLU (A1+M1) -SLU158	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU159	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU160	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU161	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU162	1	1	1	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU163	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU164	1	1	1	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU165	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU166	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU167	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	Vento+Treno scarico
SLU (A1+M1) -SLU168	1	1	1	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU169	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU170	1	1	1	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU171	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU172	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU173	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU174	1	1	1	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU175	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU176	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU177	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	Vento+Treno scarico
SLU (A1+M1) -SLU178	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU179	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU180	1	1	1	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU181	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU182	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU183	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU184	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	



	1	2	3	4	5	6	7	8	9.1	10	11	12	13	14	15	16	17	
SLU (A2+M2) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(M1)</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Tr.Norm	Serp	Tr.Pes	Sp. sovr (M2)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.	
SLU (A2+M2) -1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Gr.1 Traffico Normale
SLU (A2+M2) -2	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -3	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -4	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -5	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -6	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -7	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -8	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -9	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -10	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -11	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	Gr.3 Traffico Normale
SLU (A2+M2) -12	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -13	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -14	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -15	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -16	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -17	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -18	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -19	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -20	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -21	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	Gr.1 Traffico Pesante
SLU (A2+M2) -22	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -23	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -24	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -25	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -26	1	1	0	1	0	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -27	1	1	0	1	0	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -28	1	1	0	1	0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -29	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -30	1	1	0	1	0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -31	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	Gr.3 Traffico Pesante
SLU (A2+M2) -32	1	1	0	1	0	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -33	1	1	0	1	0	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -34	1	1	0	1	0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -35	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -36	1	1	0	1	0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -37	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -38	1	1	0	1	0	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -39	1	1	0	1	0	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -40	1	1	0	1	0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	Gr.2 Treni scarico
SLU (A2+M2) -41	1	1	0	1	-0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -42	1	1	0	1	0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -43	1	1	0	1	-0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -44	1	1	0	1	0	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -45	1	1	0	1	0	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -46	1	1	0	1	0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -47	1	1	0	1	-0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -48	1	1	0	1	0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -49	1	1	0	1	-0.9	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -50	1	1	0	1	0	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	0	
SLU (A2+M2) -51	1	1	0	1	0	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	0	
SLU (A2+M2) -52	1	1	0	1	0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	0	
SLU (A2+M2) -53	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	0	
SLU (A2+M2) -54	1	1	0	1	0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	0	
SLU (A2+M2) -55	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	0	
SLU (A2+M2) -56	1	1	0	1	0	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	1.04	
SLU (A2+M2) -57	1	1	0	1	0	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	1.04	
SLU (A2+M2) -58	1	1	0	1	0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	1.04	
SLU (A2+M2) -59	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	1.04	
SLU (A2+M2) -60	1	1	0	1	0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	1.04	
SLU (A2+M2) -61	1	1	0	1	-0.9	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	1.04	



SLE (rara) D.M. 17.01.2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0.1)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr. Norm	Serp	Tr. Pes	Sp. sovr (M1)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0.1)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLE (rara)-SLEr1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr4	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr5	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr6	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr7	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr8	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr9	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr10	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr11	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr12	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr13	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr14	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr15	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr16	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr17	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr18	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr19	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr20	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr21	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr22	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr23	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr24	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr25	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr26	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr27	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr28	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr29	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr30	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr31	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr32	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr33	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr34	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr35	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr36	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr37	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr38	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr39	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr40	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr41	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr42	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr43	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr44	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr45	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr46	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr47	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr48	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr49	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr50	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr51	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr52	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr53	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr54	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr55	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr56	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr57	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr58	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr59	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr60	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr61	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0.8

Gr.1 Traffico Normale

Gr.3 Traffico Normale

Gr.1 Traffico Pesante

Gr.3 Traffico Pesante

Gr.2 Treno scarico

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>SLE (frequente) D.M. 17.01.2018</b>	<b>G<sub>1</sub></b>	<b>G<sub>2</sub></b>	<b>G<sub>3(M1)</sub></b>	<b>ε<sub>2</sub></b>	<b>ε<sub>3</sub></b>	<b>Tr.Norm</b>	<b>Serp</b>	<b>Tr.Pes</b>	<b>Sp. sovr (M1)</b>	<b>Fren</b>	<b>Centrif</b>	<b>Vento</b>	<b>G<sub>3(M2)</sub></b>	<b>Sisma(x)</b>	<b>Sisma(z)</b>	<b>Tr. scarico</b>	<b>Carico Fond.</b>	
SLE (frequente)-SLEf1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Gr.1 Traffico Normale
SLE (frequente)-SLEf2	1	1	1	1	0	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf3	1	1	1	1	0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf4	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf5	1	1	1	1	0	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf6	1	1	1	1	0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0.75
SLE (frequente)-SLEf7	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0.75
SLE (frequente)-SLEf8	1	1	1	1	0	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	Gr.3 Traffico Normale
SLE (frequente)-SLEf9	1	1	1	1	0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf10	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf11	1	1	1	1	0	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf12	1	1	1	1	0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf13	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	Gr.1 Traffico Pesante
SLE (frequente)-SLEf14	1	1	1	1	0	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf15	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf16	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf17	1	1	1	1	0	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf18	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	Gr.3 Traffico Pesante
SLE (frequente)-SLEf19	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf20	1	1	1	1	0	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf21	1	1	1	1	0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf22	1	1	1	1	-0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf23	1	1	1	1	0	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	Gr.2 Treno scarico
SLE (frequente)-SLEf24	1	1	1	1	0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf25	1	1	1	1	-0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf26	1	1	1	1	0	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0	
SLE (frequente)-SLEf27	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0	
SLE (frequente)-SLEf28	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0	Gr.2 Treno scarico
SLE (frequente)-SLEf29	1	1	1	1	0	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0.75	
SLE (frequente)-SLEf30	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0.75	
SLE (frequente)-SLEf31	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0.75	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>SLE (quasi permanente) D.M. 17.01.2018</b>	<b>G<sub>1</sub></b>	<b>G<sub>2</sub></b>	<b>G<sub>3(M1)</sub></b>	<b>ε<sub>2</sub></b>	<b>ε<sub>3</sub></b>	<b>Tr.Norm</b>	<b>Serp</b>	<b>Tr.Pes</b>	<b>Sp. sovr (M1)</b>	<b>Fren</b>	<b>Centrif</b>	<b>Vento</b>	<b>G<sub>3(M2)</sub></b>	<b>Sisma(x)</b>	<b>Sisma(z)</b>	<b>Tr. scarico</b>	<b>Carico Fond.</b>
SLE (quasi permanente)-SLEq1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE (quasi permanente)-SLEq2	1	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE (quasi permanente)-SLEq3	1	1	1	1	-0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SLV D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(41)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr. Norm	Serp	Tr. Pes	Sp. sovr (M2)	Sp. sovr	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(42)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLV-SISMA1	1	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	1	0.3	0	0
SLV-SISMA2	1	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.3	1	0	0
SLV-SISMA3	1	1	1	0	0.5	0.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA4	1	1	1	0	0.5	0.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA5	1	1	1	0	0.5	0.2	0.1	0	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA6	1	1	1	0	0.5	0.2	0.1	0	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA7	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0.2	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA8	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0.2	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA9	1	1	1	0	0.5	0	0.1	0.2	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA10	1	1	1	0	0.5	0	0.1	0.2	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA11	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	1.3	1	0.3	0.2	0.2
SLV-SISMA12	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	1.3	0.3	1	0.2	0.2

## 8.18. Estrapolazione sollecitazioni

In corrispondenza dei vertici dello scatolare sono stati inseriti dei braccetti rigidi (elementi di lunghezza pari alla metà dello spessore della membratura) per la lettura delle sollecitazioni.

Si sono individuate, nel modello strutturale, sette sezioni trasversali “significative”, il cui stato di sollecitazione risulta determinante per il dimensionamento e le verifiche di resistenza della struttura. Tali sezioni sono di seguito descritte:

- Estremità soletta inferiore;
- Sezione di mezzeria della soletta inferiore;
- Estremità soletta superiore;
- Sezione di mezzeria della soletta superiore;
- Sezione inferiore alla base del ritto;
- Sezione superiore del ritto;
- Sezione di mezzeria del ritto.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori delle sollecitazioni massime e i valori delle sollecitazioni per la verifica a fessurazione risultanti dalle combinazioni di cui al capitolo precedente.

Elemento strutturale	Sezione	SLU M1					SLU M2				
		ID Asta	C.C. $M_{max}$	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN)	ID Asta	C.C. $M_{max}$	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN)
soletta inferiore	nodo	1	SLU103	198	1679	997	1	SLU(M2) 52	237	1956	953
soletta inferiore	campata	1	SLU21	206	-1489	-	1	SLU(M2) 11	244	-1285	-
soletta superiore	nodo	3	SLU21	-244	-873	827	1	SLU(M2) 11	-288	-998	723
soletta superiore	campata	3	SLU7	-227	788	-	1	SLU(M2) 4	-271	613	-
piedritti	nodo soletta inf	2	SLU7	-787	-1627	-816	2	SLU(M2) 4	-531	-1739	-944
piedritti	nodo soletta sup	2	SLU103	-199	465	59	2	SLU(M2) 52	-46	614	102
piedritti	mezzeria	2	SLU115	-270	396	-315	2	SLU(M2) 58	-99	547	-360

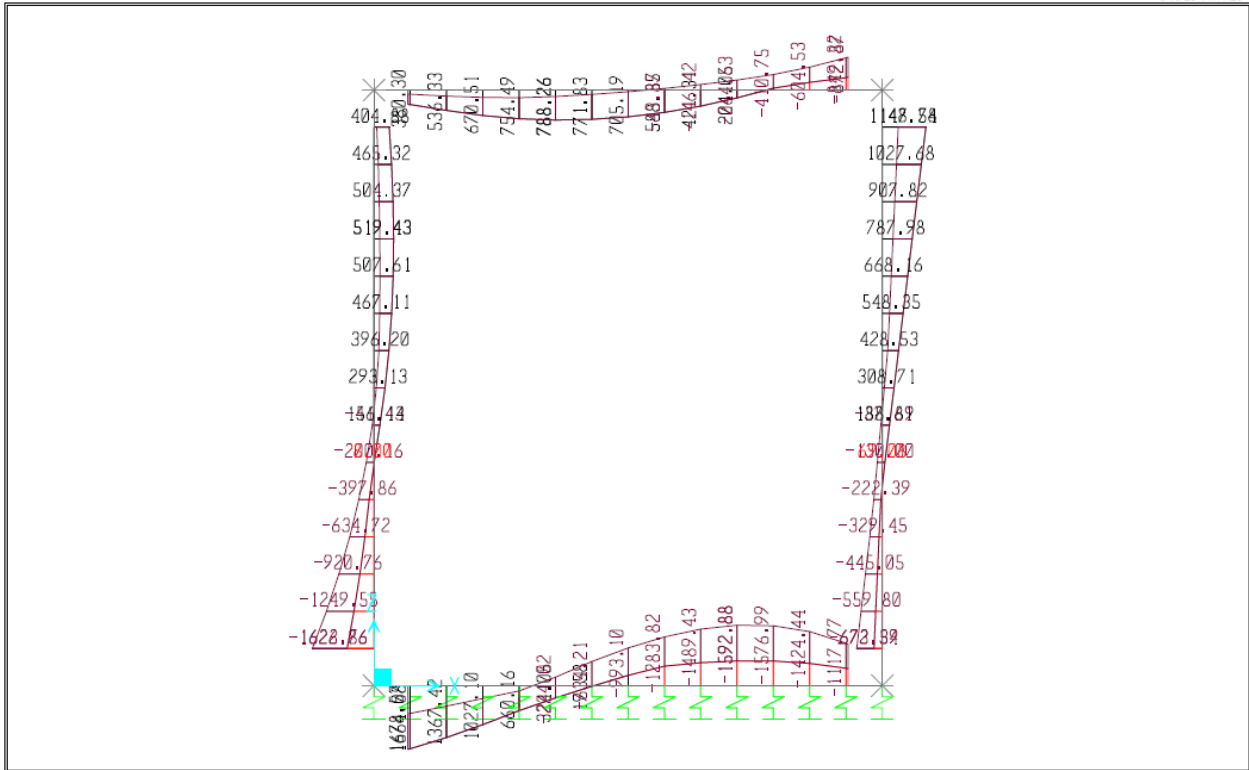
		SISMA M1				
Elemento strutturale	Sezione	ID Asta	C.C. $M_{max}$	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN)
soletta inferiore	nodo	1	Sisma (M1) 11	160	1205	601
soletta inferiore	campata	1	Sisma (M1) 3	161	-816	-
soletta superiore	nodo	1	Sisma (M1) 3	-161	-592	399
soletta superiore	campata	1	Sisma (M1) 3	-135	309	-
piedritti	nodo soletta inf	2	Sisma (M1) 3	-320	-1087	-570
piedritti	nodo soletta sup	2	Sisma (M1) 11	-124	333	49
piedritti	mezzeria	2	Sisma (M1) 11	-178	255	-225

		SLE RARA				SLE FREQUENTE				SLE QUASI PERMANENTE			
Elemento strutturale	Sezione	ID Asta	C.C.	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)
soletta inferiore	nodo	1	SLErare52	142	1207	3	SLEfreq27	127	1116	3	SLEqp2	70	757
soletta inferiore	campata	1	SLErare11	147	-1049	3	SLEfreq7	132	-960	3	SLEqp3	70	-610
soletta superiore	nodo	3	SLErare11	-175	-625	3	SLEfreq7	-159	-567	3	SLEqp3	-97	-359
soletta superiore	campata	3	SLErare4	-164	539	3	SLEfreq3	-149	476	3	SLEqp2	-88	245
piedritti	nodo soletta inf	2	SLErare4	-548	-1162	2	SLEfreq3	-505	-1072	2	SLEqp2	-332	-718
piedritti	nodo soletta sup	2	SLErare52	-133	334	2	SLEfreq27	-145	291	2	SLEqp2	-195	140
piedritti	mezzeria	2	SLErare58	-186	289	2	SLEfreq30	-198	258	2	SLEqp2	-248	142

### 8.19. Grafici di inviluppo delle sollecitazioni

**SAP2000**

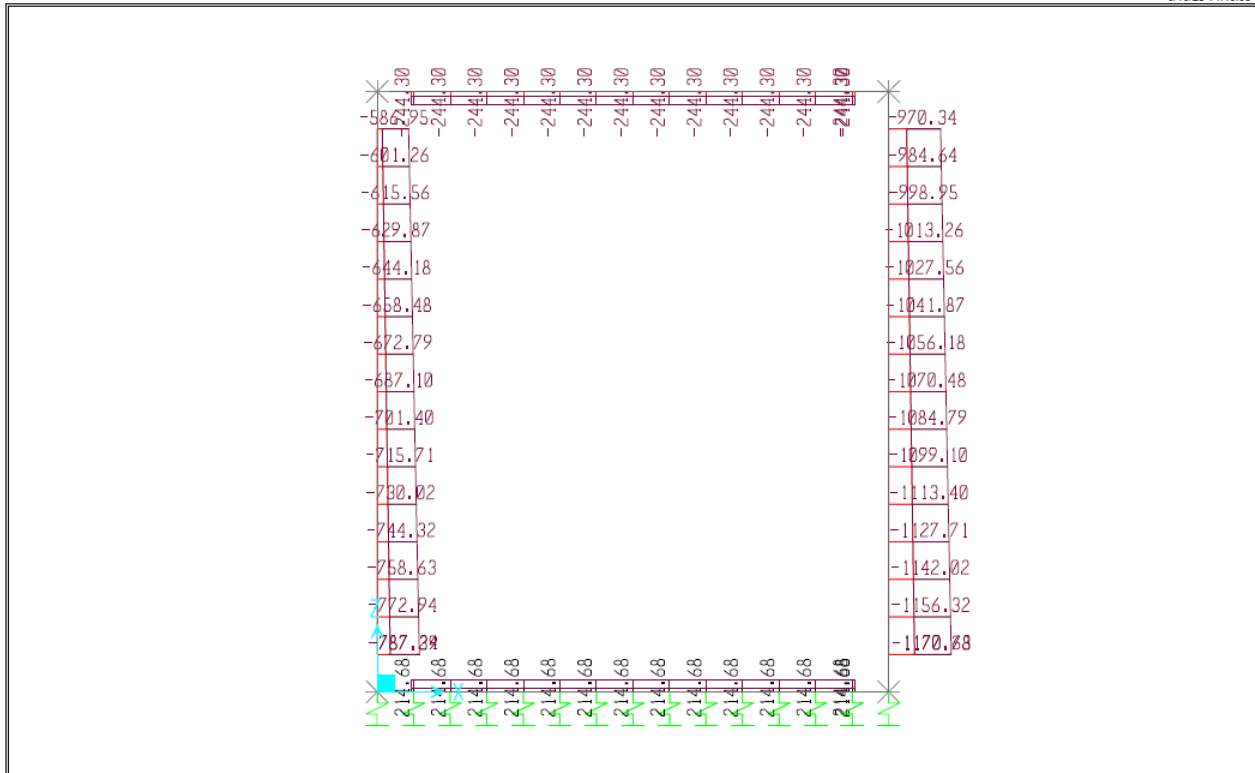
6/18/20 14:41:26



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Moment 3-3 Diagram (ENVSLU) - KN, m, C Units

SAP2000

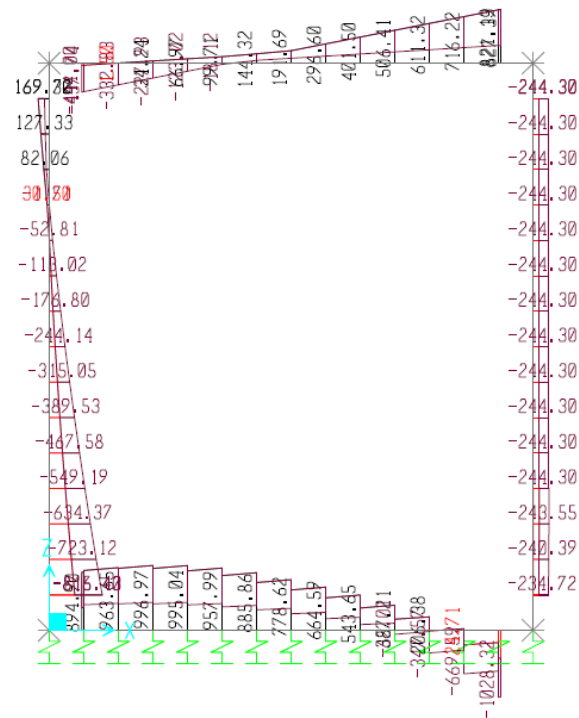
6/19/20 14:43:58



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Axial Force Diagram (ENVSLU) - KN, m, C Units

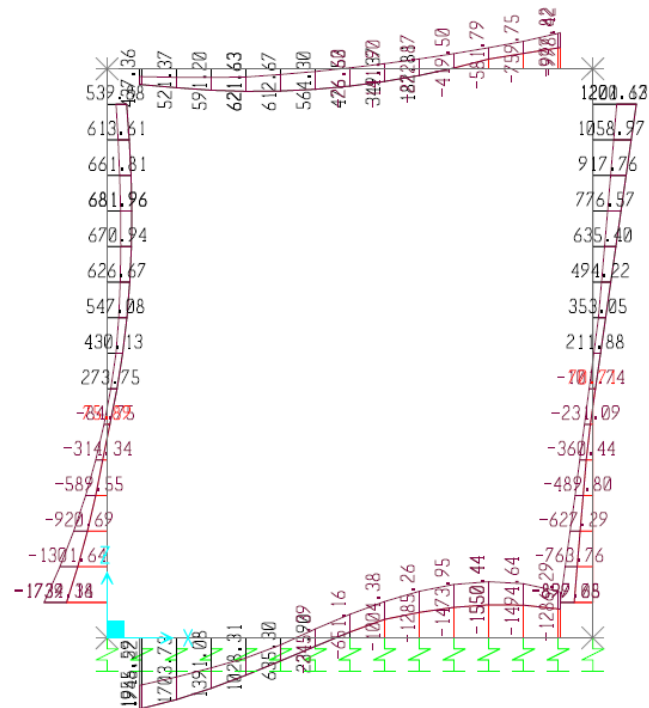
SAP2000

8/19/20 14:44:31



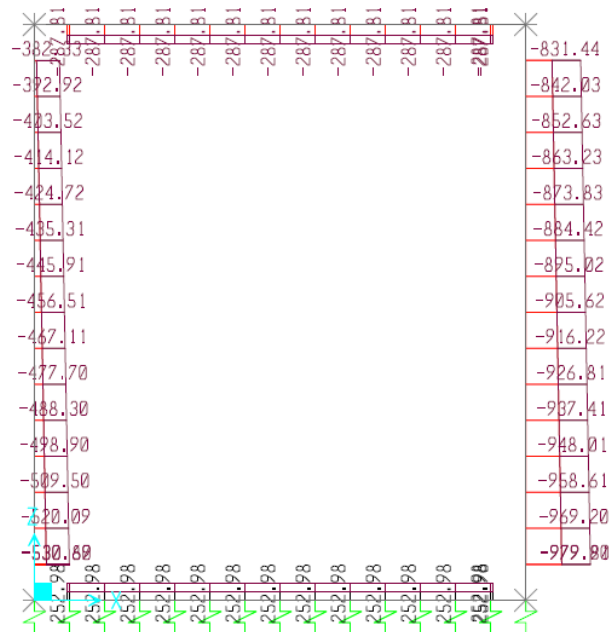
SAP2000

8/19/20 14:44:59



SAP2000

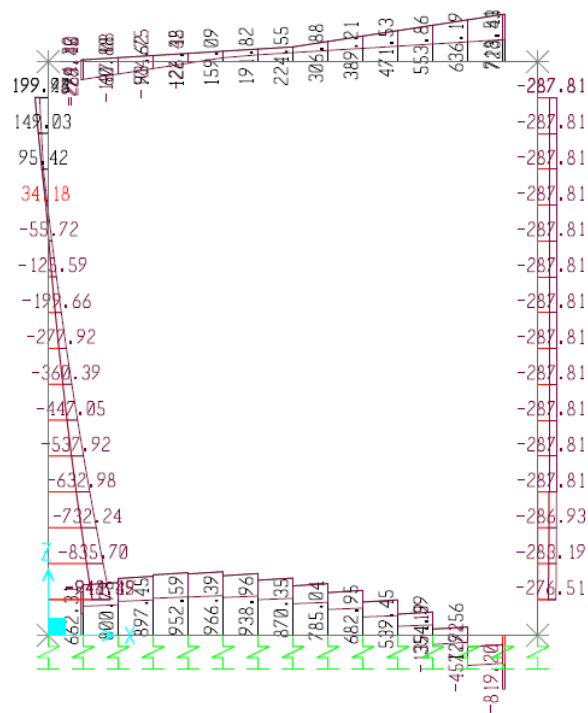
6/19/20 14:45:30



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Axial Force Diagram (ENV M2) - KN, m, C Units

SAP2000

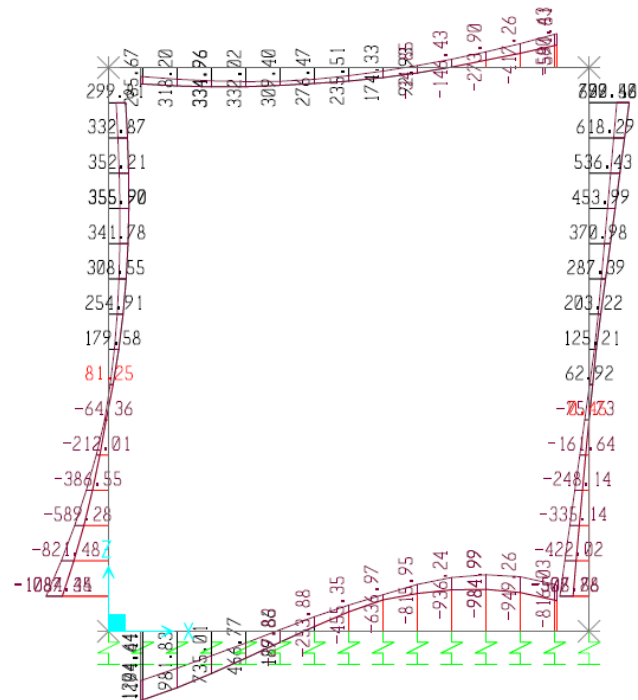
6/19/20 14:45:57



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Shear Force 2-2 Diagram (ENV M2) - KN, m, C Units

SAP2000

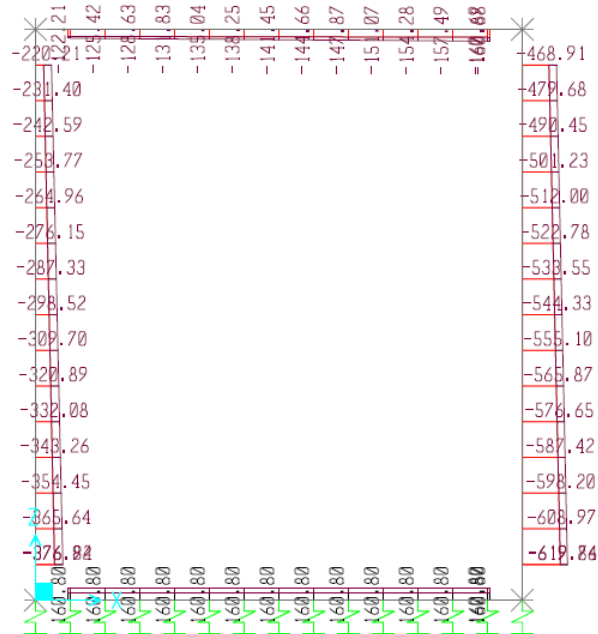
6/19/20 14:46:40



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Moment 3-3 Diagram (ENVVIS) - KN, m, C Units

SAP2000

6/19/20 14:47:16

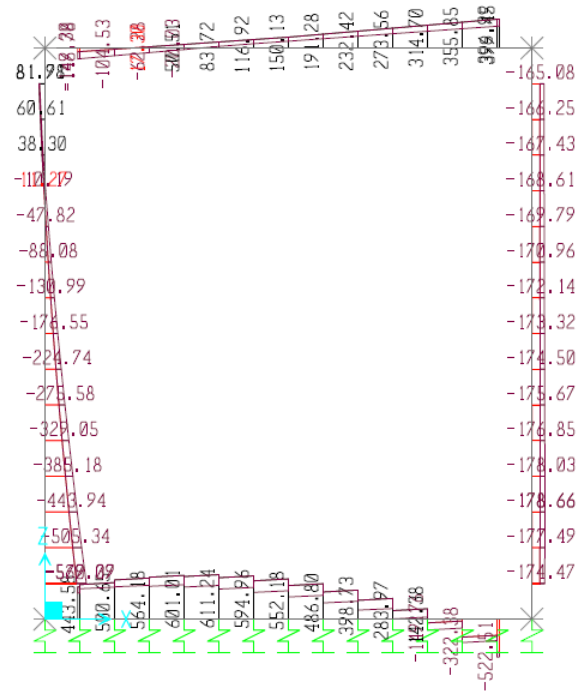


SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Axial Force Diagram (ENVVIS) - KN, m, C Units



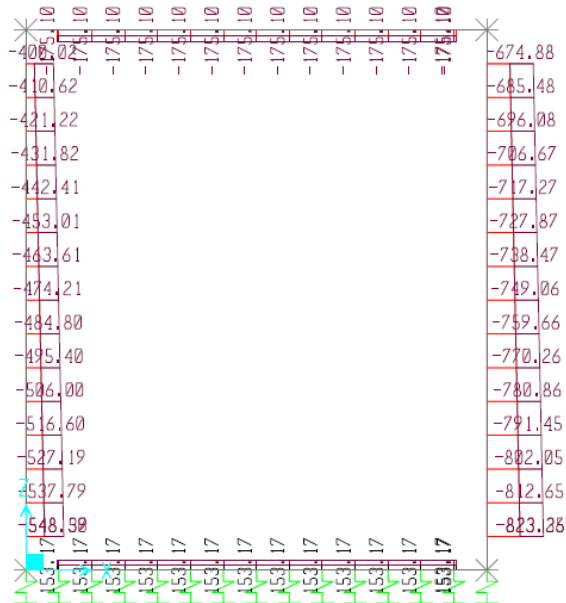
SAP2000

6/19/20 14:54:39



SAP2000

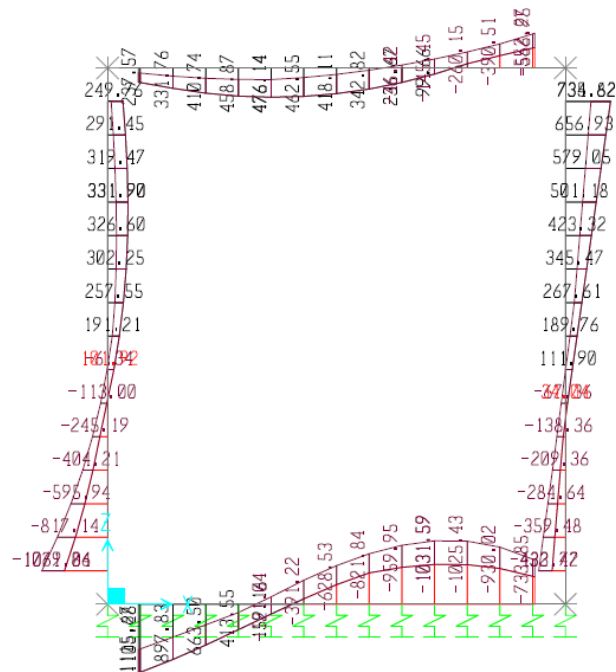
6/19/20 14:55:44



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Axial Force Diagram (ENVSLEReq) - KN, m, C Units

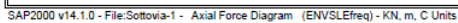
SAP2000

6/19/20 14:55:19

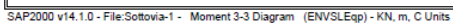


SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Moment 3-3 Diagram (ENVSLEReq) - KN, m, C Units

6/19/20 14:57:02

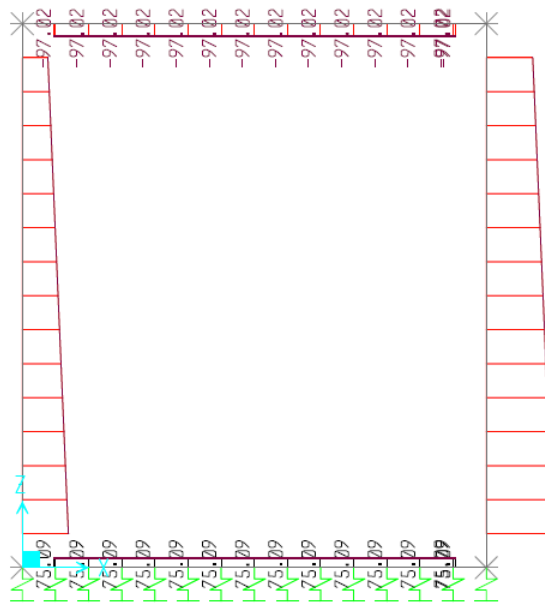


6/19/20 14:57:32



SAP2000

6/19/20 14:58:06



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-1 - Axial Force Diagram (ENVSL) - KN, m, C Units

## 8.20. Riepilogo armature

Le verifiche seguenti sono state condotte con le seguenti armature:

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Arm. Specifica a taglio	Armatura secondaria
soletta inferiore	-	$\phi 24/10 + \phi 20/20$ inf. e sup.	Cavallotti $\phi 20/100 \times 50$	$\phi 16/20$ sup. e inf.
soletta superiore	-	$\phi 20/10$ sup. e inf.	Cavallotti $\phi 20/100 \times 50$	$\phi 16/20$ sup. e inf.
piedritti	Nodo fondazione	$\phi 24/10 + \phi 20/20$ est. $\phi 20/10$ int.	spille $\phi 12/40 \times 20$	$\phi 16/20$ est. e int.
piedritti	Nodo soletta sup. e mezzeria	$\phi 20/10$ est. e int.	—	$\phi 16/20$ est. e int.

## 8.21. Verifiche di resistenza

### 8.21.1. Verifica soletta inferiore

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	148.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	110.0
3	50.0	110.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-41.8	8.2	24
2	-41.8	101.8	24
3	41.8	101.8	24
4	41.8	8.2	24
5	-41.8	13.0	20
6	41.8	13.0	20
7	-41.8	97.0	20
8	41.8	97.0	20

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	2	3	8	24
2	4	1	8	24
3	5	6	3	20
4	7	8	3	20

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-23700	195600	0	0	0
2	-20600	-148900	0	0	0

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom. Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom. Fessurazione)

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-14200	120700	0
2	-14700	-104900	0

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-12700	111600 (98384)	0 (0)
2	-13200	-96000 (-97905)	0 (0)

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-7000	75700 (98818)	0 (0)
2	-7000	-61000 (-98364)	0 (0)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.6 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-23700	195600	0	-23699	216397	0	1.11	76.7(22.0)
2	S	-20600	-148900	0	-20601	-217803	0	1.46	76.7(22.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.105	50.0	110.0	0.00083	41.8	101.8	-0.02969	-41.8	8.2
2	0.00350	0.106	-50.0	0.0	0.00084	-41.8	8.2	-0.02951	-41.8	101.8

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000326077	-0.032368508	0.105	0.700
2	0.000000000	-0.000324229	0.003500000	0.106	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	61.1	-50.0	110.0	-2328	-32.5	8.2	2350	60.9
2	S	52.9	-50.0	0.0	-2042	32.5	101.8	2350	60.9

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	56.5	-50.0	110.0	-2150	-32.5	8.2	2350	60.9
2	S	48.4	50.0	0.0	-1867	32.5	101.8	2350	60.9

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera  $f_{ctm}$  in almeno una combinazione  
e1 Esito della verifica  
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k3 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
wk Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]  
My fess. Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00120	0	0.500	22.8	70	0.00064 (0.00064)	388	0.250 (0.30)	98384	0
2	S	-0.00104	0	0.500	22.8	70	0.00056 (0.00056)	388	0.217 (0.30)	-97905	0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	38.5	-50.0	110.0	-1446	-32.5	8.2	2350	60.9
2	S	30.9	-50.0	0.0	-1175	32.5	101.8	2350	60.9

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00080	0	0.500	22.8	70	0.00043 (0.00043)	388	0.168 (0.20)	98818	0
2	S	-0.00065	0	0.500	22.8	70	0.00035 (0.00035)	388	0.137 (0.20)	-98364	0

#### VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica a taglio si considerano cavallotti  $\phi 20/100 \times 50$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE	
Base sezione: b=	1000 mm
Altezza sezione: h =	1100 mm
Copriferro: c =	50 mm
DATI ARMATURA	
Armatura Longitudinale	
Diametro armatura tesa=	24 mm
N° barre tese =	10
Diametro armatura compressa =	24 mm
N° barre compresse =	10
Armatura Trasversale	
Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)=	20 mm
Passo armatura a Taglio=	500 mm
N° bracci delle staffe=	2
Inclinazione staffe : $\alpha$ =	90 °
Inclinazione puntone : $\theta$ =	22 °

AZIONI	
$N_{Ed}$ =	0.00 kN
$V$ =	997.00 kN
$\gamma_{Rd}$ =	1.00
$V_{Ed} = V * \gamma_{Rd}$ =	997.00 kN

<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>522.90 kN</b>
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		<b>OCCORRE ARMATURA A TAGLIO</b>
<b>Resistenza sezioni armate a taglio</b>		
<b>Resistenza per rottura armatura a taglio</b>	<b><math>V_{Rsd}</math></b>	<b>1149.55 kN</b>
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$		
<b>Resistenza per sezioni armate a taglio</b>	<b><math>V_{Rcd}</math></b>	<b>2603.93 kN</b>
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$		<b>SEZIONE VERIFICATA</b>
$V_{RD} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$		<b>1149.55 kN</b>

## 8.21.2. Verifica soletta superiore

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

#### NOME SEZIONE: Soletta

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	148.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.5	8.5	20
2	-41.5	91.5	20
3	41.5	91.5	20
4	41.5	8.5	20

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	20
2	4	1	8	20

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	28800	-99800	0	0	0
2	22700	78800	0	0	0

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17500	-62500	0
2	15900	56700	0

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	15900	-56700 (-78060)	0 (0)
2	15500	47600 (78743)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	9700	-35900 (-77907)	0 (0)
2	8800	24500 (79257)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	28800	-99800	0	28776	-120496	0	1.21	31.4(20.0)
2	S	22700	78800	0	22677	117941	0	1.50	31.4(20.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.099	-50.0	0.0	0.00022	-41.5	8.5	-0.03183	-41.5	91.5
2	0.00350	0.097	50.0	100.0	0.00016	41.5	91.5	-0.03246	-41.5	8.5

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000386122	0.003500000	0.099	0.700
2	0.000000000	0.000392996	-0.035799621	0.097	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	33.0	-50.0	0.0	-367	32.3	91.5	----	----
2	S	29.9	-50.0	100.0	-333	-32.3	8.5	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	29.9	-50.0	0.0	-333	32.3	91.5	---	---
2	S	25.3	-50.0	100.0	-276	-41.5	8.5	---	---

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00120	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.30)	-78060	0
2	S	-0.00104	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.30)	78743	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	18.9	-50.0	0.0	-211	32.3	91.5	---	---
2	S	13.1	-50.0	100.0	-141	-32.3	8.5	---	---

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00080	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-77907	0
2	S	-0.00065	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	79257	0

## VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica a taglio si considerano cavallotti  $\phi 20/100 \times 50$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE	
Base sezione: $b =$	1000 mm
Altezza sezione: $h =$	1000 mm
Copriferro: $c =$	50 mm
DATI ARMATURA	
Armatura Longitudinale	
Diametro armatura tesa =	20 mm
N° barre tese =	10
Diametro armatura compressa =	20 mm
N° barre compresse =	10
Armatura Trasversale	
Diametro armatura a Taglio (/ alla sezione) =	20 mm
Passo armatura a Taglio =	500 mm
N° bracci delle staffe =	2
Inclinazione staffe : $\alpha =$	90 °
Inclinazione puntone : $\theta =$	22 °

AZIONI	
$N_{Ed} =$	0.00 kN
$V =$	827.00 kN
$\gamma_{Rd} =$	1.00
$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{Rd} =$	827.00 kN

<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>	$V_{Rd}$	439.92 kN
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		OCCORRE ARMATURA A TAGLIO
<b>Resistenza sezioni armate a taglio</b>		
Resistenza per rottura armatura a taglio	$V_{Rsd}$	1040.07 kN
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$		
Resistenza per sezioni armate a taglio	$V_{Rcd}$	2355.93 kN
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$		SEZIONE VERIFICATA
$V_{RD} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$		1040.07 kN

### 8.21.3. Verifica piedritti

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: Piedritto

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	148.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.7	8.3	20
2	-41.7	81.7	24
3	41.7	81.7	24
4	41.7	8.3	20
5	-41.8	77.0	20
6	41.8	77.0	20



## DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	24
2	4	1	8	20
3	5	6	3	20

## CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	53100	-173900	0	0	0
2	4600	61400	0	0	0

## COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	54800	-116200	0
2	13300	33400	0

## COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	50500	-107200 (-72426)	0 (0)
2	14500	29100 (68878)	0 (0)

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

1	33200	-71800 (-72318)	0 (0)
2	19500	14000 (83367)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.5 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	53100	-173900	0	53076	-197125	0	1.13	60.9(18.0)
2	S	4600	61400	0	4608	100296	0	1.63	47.1(18.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere $< 0.45$
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.166	-50.0	0.0	0.00136	-41.7	8.3	-0.01760	-41.7	81.7
2	0.00350	0.113	50.0	90.0	0.00035	41.7	81.7	-0.02747	-41.7	8.3

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000258231	0.003500000	0.166	0.700
2	0.000000000	0.000379074	-0.030616633	0.113	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	99.2	-50.0	0.0	-2322	32.4	81.7	1950	60.9
2	S	31.4	50.0	90.0	-1231	-32.4	8.3	2049	31.4

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	91.5	-50.0	0.0	-2142	32.4	81.7	1950	60.9
2	S	27.4	50.0	90.0	-1030	-32.4	8.3	2049	31.4

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00125	0	0.500	22.8	71	0.00065 (0.00064)	366	0.237 (0.30)	-72426	0
2	S	-0.00059	0	0.500	20.0	73	0.00031 (0.00031)	470	0.145 (0.30)	68878	0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	61.2	50.0	0.0	-1439	-41.7	81.7	1950	60.9
2	S	13.4	-50.0	90.0	-320	-32.4	8.3	1950	31.4

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00084	0	0.500	22.8	71	0.00044 (0.00043)	366	0.160 (0.20)	-72318	0
2	S	-0.00019	0	0.500	20.0	73	0.00010 (0.00010)	459	0.044 (0.20)	83367	0

## VERIFICA A TAGLIO

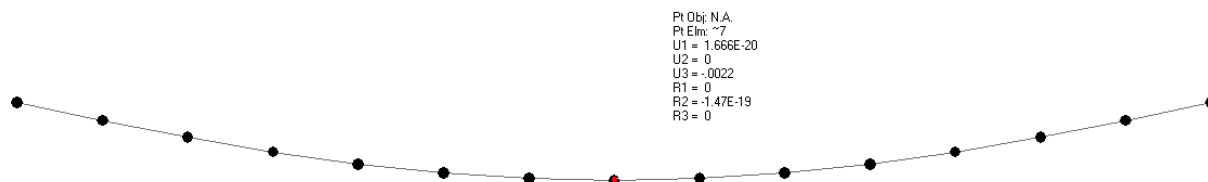
Per la verifica a taglio si considerano spille  $\phi 12/40 \times 20$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE	
Base sezione: $b =$	1000 mm
Altezza sezione: $h =$	900 mm
Copriferro: $c =$	50 mm
DATI ARMATURA	
Armatura Longitudinale	
Diametro armatura tesa =	24 mm
N° barre tese =	10
Diametro armatura compressa =	20 mm
N° barre compresse =	10
Armatura Trasversale	
Diametro armatura a Taglio (/ alla sezione) =	12 mm
Passo armatura a Taglio =	250 mm
N° bracci delle staffe =	3
Inclinazione staffe : $\alpha =$	90 °
Inclinazione puntone : $\theta =$	22 °

AZIONI	
$N_{Ed} =$	0.00 kN
$V =$	944.00 kN
$\gamma_{Rd} =$	1.00
$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{Rd} =$	944.00 kN

<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>	$V_{Rd}$	444.32 kN
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		OCCORRE ARMATURA A TAGLIO
<b>Resistenza sezioni armate a taglio</b>		
<b>Resistenza per rottura armatura a taglio</b>	$V_{Rsd}$	1005.03 kN
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$		
<b>Resistenza per sezioni armate a taglio</b>	$V_{Rcd}$	2107.94 kN
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$		SEZIONE VERIFICATA
$V_{RD} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$		1005.03 kN

## 8.22. Verifica SLE di deformazione



Nella combinazione SLE, lo spostamento relativo in mezzeria espresso in m, come da grafico precedente è dato da: 0.22cm

Con riferimento alla “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” (rif. RFI-DTC-INC-PO-SP-IFS-001-A) 1.8.3.2.2.2 e 1.8.3.2.2.3, la deformata massima ammissibile è pari a  $L/1000 = 580/1000 = 0.58$  cm

La verifica è soddisfatta.

### 8.23. Verifica di capacita' portante fondazione

La fondazione dell'opera è posta a circa 8.0 metri da piano campagna, ed interesserà il terreno con le seguenti caratteristiche:

$$c' = 0 \text{ KPa}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/mc}$$

Nella tabella seguente sono riportate le sollecitazioni in corrispondenza dell'attacco tra piedritto e fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Si esegue la verifica nelle condizioni più gravose considerando agente le massime azioni agenti, somma delle componenti derivanti dal piedritto più il peso della fondazione e il rinterro in fondazione. Il valore massimo delle sollecitazioni vale:

		RISULTANTI ALLO SPICCATO					
		PIEDRITTO SX			PIEDRITTO DX		
		N	T	M	N	T	M
		kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
SLU	SLU7	-787	-807	-1623	-768	-226	-672
M1	SLU3	-332	-394	-705	-484	-86	-218
SLU	SLU(M2) 4	-531	-936	-1734	-633	-269	-898
M2	SLU(M2) 2	-270	-669	-1116	-546	-160	-513
SISMA	Sisma (M1) 3	-319	-568	-1084	-564	-173	-508
	Sisma (M1) 2	-334	-436	-803	-522	-107	-279

Peso fondazione	217 kN
-----------------	--------

peso su fond.	150 kN
---------------	--------

		RISULTANTI NEL BARICENTRO AD INTRADOSSO FONDAZIONE		
		N	T	M
		kN	kN	kNm
SLU M1	SLU7	-2051	-1034	-3367
	SLU3	-1183	-480	-1959
SLU M2	SLU(M2) 4	-1530	-1206	-4300
	SLU(M2) 2	-1183	-829	-3464
SISMA	Sisma (M1) 3	-1251	-742	-3228
	Sisma (M1) 2	-1223	-543	-2311

La superficie sulla quale si considerano agenti tali azioni è pari alla lunghezza della fondazione di base, per 10m di profondità della stessa.

Ponendo quindi

B= 7.9 metri

L= 10 m

Le verifiche risultano soddisfatte come mostrato nel seguito.

# **COMB. SLU M1**

DATI			
Carichi alla base della fondazione			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Carico verticale	N	20506	kN
Momento flettente nel senso della larghezza	M <sub>B</sub>	33674	kNm
Momento flettente nel senso della lunghezza	M <sub>L</sub>	0	kNm
Carico orizzontale	H	10336	kN
Caratteristiche geometriche della fondazione			
Larghezza della fondazione	B	7.90	m
Lunghezza della fondazione	L	10.00	m
Profondità della fondazione da p.c.	D	8.50	m
Eccentricità lungo la larghezza	e <sub>B</sub>	1.64	m
Eccentricità lungo la lunghezza	e <sub>L</sub>	0.00	m
Larghezza equivalente	B'	4.62	m
Lunghezza equivalente	L'	10.00	m
Inclinazione fondazione	α	0.00	gradi
	α	0.00	rad
Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione			
Peso naturale del terreno	γ <sub>n</sub>	19.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dell'acqua	γ <sub>w</sub>	10.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo del terreno	γ <sub>sat</sub>	9.00	kN/m <sup>3</sup>
Coesione	c'	0.00	kPa
Pendenza p.c	ω	0.00	gradi
	ω	0.00	rad
Angolo di attrito terreno di fondazione	φ'	35.00	gradi
	φ'	0.61	rad
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione	tanφ'	0.70	
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione/M1	tanφ' /M1	0.70	
Angolo di attrito ridotto del terreno di fondazione	φ' <sub>rid</sub>	0.61	rad
	φ' <sub>rid</sub>	35.00	gradi



Formula trinomia			
	$k_p =$	3.69	
	$m =$	1.68	
Fattore capacità portante	$N_\gamma =$	<b>48.03</b>	
Fattori correttivi di forma	$s_\gamma =$	0.82	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_\gamma =$	0.15	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_\gamma =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_\gamma =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_c =$	<b>46.12</b>	
Fattore correttivo di forma	$s_c =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_c =$	1.28	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_c =$	0.29	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_c =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_c =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_q =$	<b>33.30</b>	
Contributo sovraccarico	$q' =$	161.50	
Fattori correttivi di forma	$s_q =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_q =$	1.27	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_q =$	0.31	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_q =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_q =$	1.00	
<b>Tensione sul terreno (kPa)</b>	$E_d =$	<b>444.27</b>	kPa
<b>termine 1 (<math>\gamma</math>):</b>		<b>261.45</b>	kPa
<b>termine 2 (c):</b>		<b>0.00</b>	kPa
<b>termine 2 (q):</b>		<b>2101.90</b>	kPa
<b>Portanza limite caratteristica (kPa)</b>	$q_{lim} =$	<b>2363.35</b>	kPa
<b>Coefficiente <math>\gamma_R</math></b>		<b>1.00</b>	
<b>Portanza limite di progetto</b>	$R_d =$	<b>2363.35</b>	kPa
<b><math>R_d &gt; E_d</math></b>	<b>OK</b>	$R_d/E_d$	5.32

**COMB. SLU M2**

DATI			
<i>Carichi alla base della fondazione</i>			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Carico verticale	N	11832	kN
Momento flettente nel senso della larghezza	M <sub>B</sub>	34636	kNm
Momento flettente nel senso della lunghezza	M <sub>L</sub>	0	kNm
Carico orizzontale	H	8292	kN
<i>Caratteristiche geometriche della fondazione</i>			
Larghezza della fondazione	B	7.90	m
Lunghezza della fondazione	L	10.00	m
Profondità della fondazione da p.c.	D	8.50	m
Eccentricità lungo la larghezza	e <sub>B</sub>	2.93	m
Eccentricità lungo la lunghezza	e <sub>L</sub>	0.00	m
Larghezza equivalente	B'	2.05	m
Lunghezza equivalente	L'	10.00	m
Inclinazione fondazione	$\alpha$	0.00	gradi
	$\alpha$	0.00	rad
<i>Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione</i>			
Peso naturale del terreno	$\gamma_n$	19	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dell'acqua	$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo del terreno	$\gamma_{sat}$	9.00	kN/m <sup>3</sup>
Coesione	c'	0.00	kPa
Pendenza p.c	$\omega$	0.00	gradi
	$\omega$	0.00	rad
Angolo di attrito terreno di fondazione	$\phi'$	35.00	gradi
	$\phi'$	0.61	rad
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione	$\tan\phi'$	0.70	
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione/M1	$\tan\phi' / M2$	0.56	
Angolo di attrito ridotto del terreno di fondazione	$\phi'_{rid}$	0.51	rad
	$\phi'_{rid}$	29.26	gradi

Formula trinomia			
	$k_p =$	2.91	
	$m =$	1.83	
Fattore capacità portante	$N_\gamma =$	<b>20.08</b>	
Fattori correttivi di forma	$s_\gamma =$	0.92	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_\gamma =$	0.70	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_\gamma =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_\gamma =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_c =$	<b>28.42</b>	
Fattore correttivo di forma	$s_c =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_c =$	1.42	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_c =$	0.05	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_c =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_c =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_q =$	<b>16.92</b>	
Contributo sovraccarico	$q' =$	161.50	
Fattori correttivi di forma	$s_q =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_q =$	1.39	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_q =$	0.11	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_q =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_q =$	1.00	
<b>Tensione sul terreno (kPa)</b>	$E_d =$	<b>578.47</b>	kPa
<b>termine 1 (<math>\gamma</math>):</b>		<b>250.75</b>	kPa
<b>termine 2 (c):</b>		<b>0.00</b>	kPa
<b>termine 2 (q):</b>		<b>417.51</b>	kPa
<b>Portanza limite caratteristica (kPa)</b>	$q_{lim} =$	<b>668.26</b>	kPa
<b>Coefficiente <math>\gamma_R</math></b>		<b>1.00</b>	
<b>Portanza limite di progetto</b>	$R_d =$	<b>668.26</b>	kPa
<b><math>R_d &gt; E_d</math></b>	<b>OK</b>	$R_d/E_d$	1.16

**COMB. Sismica**

DATI			
<i>Carichi alla base della fondazione</i>			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Carico verticale	N	12507	kN
Momento flettente nel senso della larghezza	$M_B$	32279	kNm
Momento flettente nel senso della lunghezza	$M_L$	0	kNm
Carico orizzontale	H	7416	kN
<i>Caratteristiche geometriche della fondazione</i>			
Larghezza della fondazione	B	7.90	m
Lunghezza della fondazione	L	10.00	m
Profondità della fondazione da p.c.	D	8.50	m
Eccentricità lungo la larghezza	$e_B$	2.58	m
Eccentricità lungo la lunghezza	$e_L$	0.00	m
Larghezza equivalente	$B'$	2.74	m
Lunghezza equivalente	$L'$	10.00	m
Inclinazione fondazione	$\alpha$	0.00	gradi
	$\alpha$	0.00	rad
<i>Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione</i>			
Peso naturale del terreno	$\gamma_n$	19.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dell'acqua	$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo del terreno	$\gamma_{sat}$	9.00	kN/m <sup>3</sup>
Coesione	$c'$	0.00	kPa
Pendenza p.c	$\omega$	0.00	gradi
	$\omega$	0.00	rad
Angolo di attrito terreno di fondazione	$\phi'$	35.00	gradi
	$\phi'$	0.61	rad
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione	$\tan\phi'$	0.70	
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione/M1	$\tan\phi' / M1$	0.70	
Angolo di attrito ridotto del terreno di fondazione	$\phi'_{rid}$	0.61	rad
	$\phi'_{rid}$	35.00	gradi

Formula trinomia			
	$k_p =$	3.69	
	$k_h =$	0.03	
	$m =$	1.79	
Fattore capacità portante	$N_\gamma =$	<b>48.03</b>	
Fattori correttivi di forma	$s_\gamma =$	0.89	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_\gamma =$	0.08	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_\gamma =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_\gamma =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_c =$	<b>46.12</b>	
Fattore correttivo di forma	$s_c =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_c =$	1.33	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_c =$	0.18	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_c =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_c =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_q =$	<b>33.30</b>	
Contributo sovraccarico	$q' =$	161.50	
Fattori correttivi di forma	$s_q =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_q =$	1.32	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_q =$	0.20	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_q =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_q =$	1.00	
<b>Coefficienti correttivi di Maugeri</b>			
	$B =$	4.49	
	$C =$	-4.04	
	$D =$	-0.052	
	$E =$	-0.18	
	$H =$	1.13	
	$I =$	-2.51	
	$h_{yf} =$	0.894	
	$h_{cf} =$	0.995	
	$h_{qf} =$	0.933	
Tensione sul terreno (kPa)	$E_d =$	<b>456.75</b>	kPa
termine 1 ( $\gamma$ ):		<b>81.40</b>	kPa
termine 2 (c):		<b>0.00</b>	kPa
termine 2 (q):		<b>1331.97</b>	kPa
Portanza limite caratteristica (kPa)	$q_{lim} =$	<b>1413.37</b>	kPa
Coefficiente $\gamma_R$		<b>1.00</b>	
Portanza limite di progetto	$R_d =$	<b>1413.37</b>	kPa
$R_d > E_d$	<b>OK</b>	$R_d/E_d$	3.09

## 8.24. Verifica al ribaltamento

Data le condizioni al contorno per l'opera, che prevedono l'asimmetria delle spinte in gioco, si riporta anche la verifica a ribaltamento. Con le sollecitazioni risultanti ai piedi dei piedritti, già riportate al paragrafo precedente, si calcolano i momenti ribaltante e stabilizzante rispetto allo spigolo di valle:

VERIFICA AL RIBALTAMENTO					
		$M_R$	$M_s$	$M_s/M_R$	
SLU M1	SLU7	3432	7369	2.15	OK
	SLU3	1451	3989	2.75	OK
SLU M2	SLU(M2) 4	3958	5474	1.38	OK
	SLU(M2) 2	2541	3574	1.41	OK
SISMA	Sisma (M1) 3	2408	3933	1.63	OK
	Sisma (M1) 2	1679	4015	2.39	OK

## 8.25. Verifica di scorrimento

Data le condizioni al contorno per l'opera, che prevedono l'asimmetria delle spinte in gioco, si riporta anche la verifica a scorrimento. Nelle verifiche si considera la presenza di un taglione in fondazione di dimensioni 0.8m\*1.0m di profondità e si riportano le spinte sul relativo piano di scorrimento inclinato dell'angolo  $\alpha$ . Con le sollecitazioni risultanti ai piedi dei piedritti, già riportate ai paragrafi precedenti, si calcolano le azioni sollecitanti e quelle resistenti:

	M1	M2
angolo $\delta$	26.3	22
ang scorr $\alpha$	16	16

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO CON TAGLIONE								
		$V_{ris}$	$E_d$	$V_{ris\alpha}$	$E_{d\alpha}$	$R_{d\alpha}$	$R_{d\alpha}/E_{d\alpha}$	
SLU M1	SLU7	2051	1034	2256	428	1115	2.60	OK
	SLU3	1183	480	1270	135	627	4.65	OK
SLU M2	SLU(M2) 4	1530	1206	1803	737	750	1.02	OK
	SLU(M2) 2	1183	829	1366	471	540	1.15	OK
SISMA	Sisma (M1) 3	1251	742	1407	368	695	1.89	OK
	Sisma (M1) 2	1223	543	1325	185	655	3.54	OK

## 8.26. Verifica dei cedimenti

Data le condizioni al contorno per l'opera, che prevedono l'asimmetria delle spinte in gioco, si

	RISULTANTE ALLO SPICCATO	
	PIEDRITTO SX	PIEDRITTO DX
	N	N
	kN	kN
SLerare2	-548	-823

	RISULTANTE NEL BARICENTRO AD INTRADOSSO FONDAZIONE
	N
	kN
SLerare2	-1739

$$q = 1739 / (1.0\text{m} \cdot 7.90\text{m}) = 220 \text{ kPa}$$

Si applica il metodo di Burland & Burbidge basato sui risultati delle prove dinamiche SPT.

L'espressione del calcolo del cedimento è la seguente:

$$s = K \cdot q \cdot B^{0.7}$$

con:

s = cedimento

q = sovraccarico indotto alla base della fondazione

B = larghezza della fondazione

K = fattore funzione della geometria della fondazione, del tempo e della reologia del terreno,

Vengono restituite le stime dei cedimenti immediati secondo 3 valori di confidenza: 50%, 67% e 98%.

L'andamento temporale dei cedimenti, stimato per un periodo di 100 anni, è rappresentato in maniera grafica nei grafici "Grafico 50%, Grafico 67% e Grafico 98% relativi ai 3 valori di confidenza.

L (m)	=	10.00	Input Dati
B (m)	=	7.90	
D (m)	=	6.00	
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	=	1.90	
H (m)	=	8.00	
N <sub>spt</sub>	=	55.00	
q (Kg/cm <sup>2</sup> )	=	2.20	
Carichi statici?	=	s	

Si <sub>50%</sub>	=	4.08	mm	Output
Si <sub>67%</sub>	=	7.48	mm	
Si <sub>98%</sub>	=	13.71	mm	

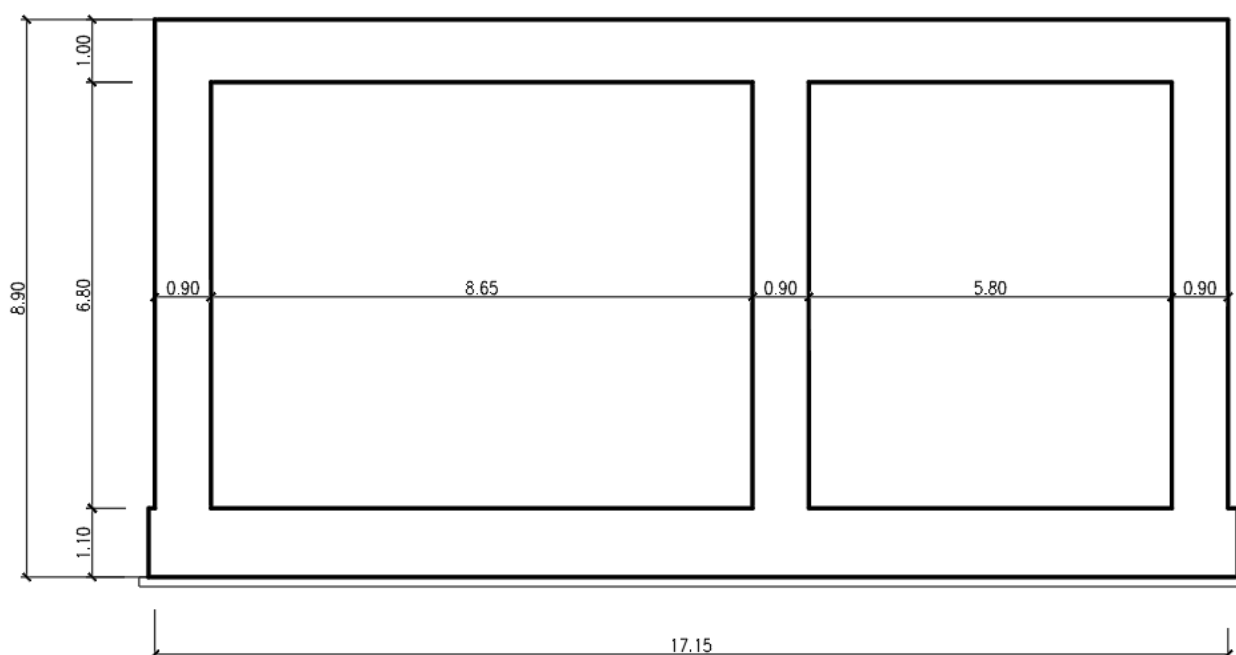


## 9. SCATOLARE DOPPIA CANNA

Si considera la sezione di bordo dell'opera considerando lo sviluppo.

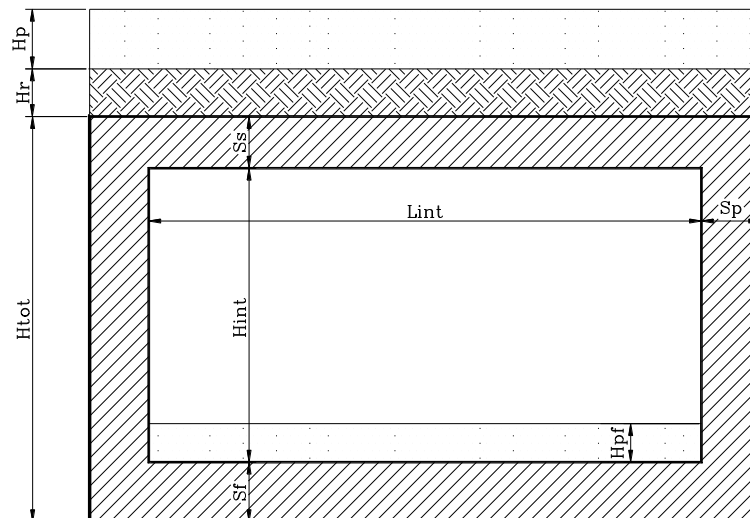
Le dimensioni interne sono 8.65 m e 5.80 e l'altezza interna pari a 6.80 m, con soletta superiore di spessore 1.00 m, piedritti di spessore 0.90 m e soletta inferiore di spessore 1.10 m.

Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.



**Sezione di calcolo scatolare**

## 9.1. Geometria



DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
larghezza totale scatolare	$L_{tot}$	17.15	m
larghezza interna 1	$L_{int1}$	8.65	m
larghezza interna 2	$L_{int2}$	5.80	m
larghezza interasse totale	$L_a$	16.25	m
spessore soletta superiore	$S_s$	1.00	m
spessore piedritti	$S_p$	0.90	m
spessore fondazione	$S_f$	1.10	m
altezza totale scatolare	$H_{tot}$	8.90	m
altezza libera scatolare	$H_{int}$	6.80	m
spessore magrone	$H_m$	0.30	m
spessore massiciata+arm.	$H_{Rb}$	0.80	m
spessore ricoprimento medio	$H_{rsup}$	0.40	m
spessore massiciata+arm. Inf	$H_{Pinf}$	0.60	m
spessore ricoprimento inferiore	$H_{Rinf}$	0.40	m

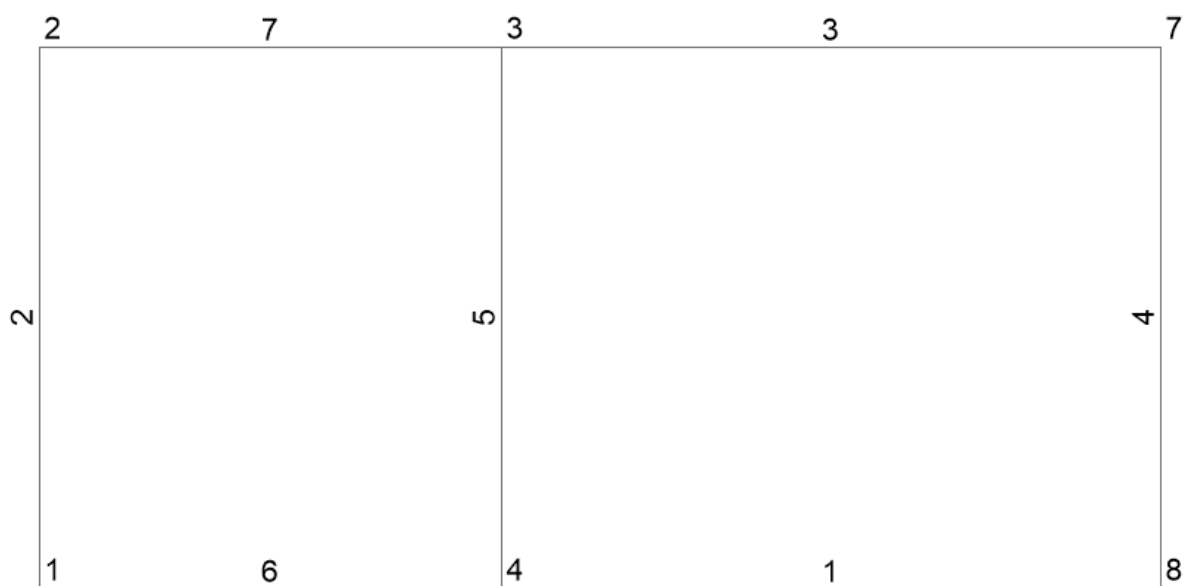
## 9.2. Modello di calcolo

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni permanenti e alle azioni da traffico ferroviario sulla soletta superiore e sulla fondazione. Alle estremità delle aste si assegna un elemento di rigidità infinita di lunghezza pari a metà spessore di solette e piedritti.

Il terreno di fondazione è stato modellato utilizzando la schematizzazione alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

Di seguito si riporta lo schema di calcolo.



*Numerazione aste e nodi*

### 9.3. Analisi dei carichi

#### 9.4. Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati

Sul solettone superiore si considera per il ballast un peso per unità di volume di  $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$  e per il massetto di 0.3 m un peso per unità di volume  $\gamma = 24.00 \text{ kN/m}^3$

Sul solettone inferiore si considera per il ballast un peso medio per unità di volume della pavimentazione e del rinterro pari a di  $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$ .

Per il peso degli elementi strutturali si adotta  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ .

(Carichi "1" e "2" nel modello di calcolo)

<u>Soletta superiore</u>	- Peso proprio	25.00 kN/m
	-Peso massetto	7.20 kN/m
	- Massicciata + arm. 80 cm	14.40 kN/m
	-Ricoprimento	7.60 kN/m
	- Totale	<b>29.20 kN/m</b>
<u>Soletta inferiore</u>	- Peso proprio	27.50 kN/m
	- Peso tot. gravante in fond.	18.40 kN/m
<u>Piedritti</u>	- Peso proprio	22.50 kN/m
	- Totale	<b>22.50 kN/m</b>

In più viene aggiunto come carico concentrato nei nodi 2 e 3 (tra la soletta superiore e i piedritti), il carico permanente sulla soletta di copertura dovuto al peso della zona sovrastante la metà dello spessore del piedritto (la modellazione è stata fatta in asse piedritto).

- Ricoprimento metà spess. **13.1 kN**

## 9.5. Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente

Il terreno spingente ha le seguenti caratteristiche:

DATI GEOTECNICI TERRENO IN SITU			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito terreno	$\phi$	25	°
peso di volume terreno	$\gamma_{r2}$	19	kN/m <sup>3</sup>
coefficiente di spinta a riposo	$K_{02}$	0.58	-
coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.406	-
Cond. M2: tangente $f/1.25$	$\tan\phi/1.25$	0.373	-
Cond. M2: angolo di attrito	$\phi_{M2}$	20	°
Geo: coeff. di spinta a riposo	$K_{0M2}$	0.650	-

DATI GEOTECNICI RILEVATO FERROVIARIO			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito terreno	$\phi$	38	°
peso di volume terreno	$\gamma_{r1}$	20	kN/m <sup>3</sup>
coefficiente di spinta a riposo	$K_{01}$	0.38	-
coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.238	-
Cond. M2: tangente $f/1.25$	$\tan\phi/1.25$	0.625	-
Cond. M2: angolo di attrito	$\phi_{M2}$	32	°
Geo: coeff. di spinta a riposo	$K_{0M2}$	0.470	-

Oltre alla spinta distribuita viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi d'angolo la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore. Per un metro di lunghezza di scatolare si ha

(carico "3" nel modello di calcolo):

**Cond. M1**

$p_{s1} = q_b + K_{o1} * (H_{rsup} + S_s/2) * \gamma_{r1} =$	0.0	kN/mq	(pressione estradosso soletta superiore)
$p_{s2} = p_{s1} + K_{o1} * S_s/2 * \gamma_{r1} =$	0.0	kN/mq	(pressione in asse soletta superiore)
$p_{i1} = p_{s2} + K_{o2} * \gamma_{r2} * (H_{rsup} + S_s/2 + S_f/2) =$	86.1	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} = p_{i1} + K_{o2} * \gamma_{r2} * S_f/2 =$	92.2	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{ssup} = 0.5 * (p_{s1} + p_{s2}) * (S_s/2) =$	0.0	kN/m	(spinta semispessore soletta superiore)
$P_{sinf} = 0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	49.0	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

**M1 - spinta parete valle**

$p_{i1} = K_{o1} * \gamma_{r1} * (1.85m) =$	14.2	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} = K_{o1} * \gamma_{r1} * (2.3m) =$	17.7	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{sinf} = 0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	8.8	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

Per le combinazioni con i coefficienti M2 si devono utilizzare i coefficienti di riduzione dei parametri geotecnici per cui si ha:

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

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

**Cond. M2**

$p_{s1} = q_b + K_{o1} * (H_{rsup} + S_s/2) * \gamma_{r1} =$	0.0	kN/mq	(pressione estradosso soletta superiore)
$p_{s2} = p_{s1} + K_{o1} * S_s/2 * \gamma_{r1} =$	0.0	kN/mq	(pressione in asse soletta superiore)
$p_{i1} = p_{s2} + K_{o2} * \gamma_{r2} * (H_{rsup} + S_s/2 + S_f/2) =$	97.0	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} = p_{i1} + K_{o2} * \gamma_{r2} * S_f/2 =$	103.8	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{ssup} = 0.5 * (p_{s1} + p_{s2}) * (S_s/2) =$	0.0	kN/m	(spinta semispessore soletta superiore)
$P_{sinf} = 0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	55.2	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

## M2 - spinta parete valle

$p_{i1} =$	$K_{o1} * \gamma_{f1} * (1.85m) =$	17.4	kN/mq	(pressione in asse soletta inferiore)
$p_{i2} =$	$K_{o1} * \gamma_{f1} * (2.3m) =$	21.6	kN/mq	(pressione intradosso soletta inferiore)
$P_{sinf} =$	$0.5 * (p_{i1} + p_{i2}) * (S_f/2) =$	10.7	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)

(condizione di carico "13" nel modello di calcolo)

## 9.6. Spinta e sottospinta idraulica

Non presente per il caso in esame.

## 9.7. Ritiro

(Condizione di carico "4")

Come riportato nelle NTC2018 al par. 11.2.10.6:

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} \quad (11.2.6)$$

dove:

$\epsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\epsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\epsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento :

$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{c0} \quad (11.2.7)$$

può essere valutato mediante i valori delle seguenti Tab. 11.2.Va-b in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro  $h_0$ :

Tabella 11.2.Va – Valori di  $\epsilon_{c0}$

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tabella 11.2.Vb – Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1,0
200	0,85

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t-t_s) \cdot \varepsilon_{cd,\infty} \quad (11.2.8)$$

dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma

$$\beta_{ds}(t-t_s) = (t-t_s) / [(t-t_s) + 0,04 h_0^{3/2}] \quad (11.2.9)$$

in cui:

$t$  è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni)

$t_s$  è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine della maturazione, espresso in giorni).

$h_0$  è la dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto  $2A_c / u$  essendo

$A_c$  è l'area della sezione in calcestruzzo

$u$  è il perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno  $\varepsilon_{ca,\infty}$  può essere valutato mediante l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \text{ con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2 \quad (11.2.10)$$

Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Sezione dell'elemento	$A_c$	1000000	mmq
Perimetro a contatto con l'atmosfera	$u_c$	1000	mm
dimensione fittizia	$h_0$	2000	mm
età del cls di verifica	$t$	25550	giorni
età di maturazione del cls	$t_s$	28	giorni
classe del cls	$f_{ck}$	37.0	N/mmq

Per interpolazione lineare si ha:

$\varepsilon_{c0(75\%)}$	$0.291 \times 10^{-3}$
$k_h$	0.7
$\varepsilon_{cd,\infty}$	$0.204 \times 10^{-3}$
$\beta_{ds}(t-t_s)$	0.877
$\varepsilon_{cd}(t)$	$0.179 \times 10^{-3}$
$\varepsilon_{ca,\infty}$	$67.5 \times 10^{-6}$
$\varepsilon_{cs}$	0.000246

Ai fini del calcolo, l'effetto del ritiro si assimila ad una variazione di temperatura:

$$\varepsilon_{cs} = \alpha \Delta T$$

Con  $\alpha$  = coefficiente di dilatazione termica del cls  $= 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Trattandosi di un fenomeno lento si utilizza un modulo di elasticità pari ad  $1/3 E_c$ . Per semplicità di calcolo si applica la riduzione alla variazione di temperatura considerando  $\Delta T/3$ .

$\Delta T$	24.6
$\Delta T/3$	8.2



## 9.8. Azioni indotte dalle variazioni termiche

Alla soletta superiore si applica la condizione più gravosa tra una variazione termica uniforme pari a  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$  ed una variazione nello spessore tra estradosso ed intradosso pari a  $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$  (Condizione di carico 5).

## 9.9. Ripartizione dei carichi mobili ferroviari

### Diffusione dei carichi

Si definisce  $L_d$  la larghezza di diffusione del carico trasversale, dalla rotaia alla quota del piano medio della soletta di copertura, assumendo che detta diffusione avvenga con inclinazione 1/4 all'interno del ballast, 3/2 nel terrapieno e 1/1 all'interno delle strutture in c.a., adottando in 2.30m la larghezza della traversina si ha per un solo binario:

$$- \quad L_{d1} = L_{\text{Trav.}} + [((H_{\text{Ballast}} - H_{\text{armamento}})/4 + (H_{\text{Ric.}} * 2/3) + H_m + (S_s)/2] * 2$$

$$- \quad L_{d2} = 3.65 \text{ m (interasse tra i binari)}$$

pertanto:

$$- \quad L_d = \min(L_{d1}, L_{d2})$$

$$L_{d1} = 4.67 \text{ m}$$

Per il calcolo del coefficiente dinamico " $\Phi$ " si fa riferimento al paragrafo 5.2.3.3 "effetti dinamici" delle NTC2018:

- linea con ridotto standard manutentivo:

$$\Phi_3 = C * \left( \frac{2.16}{\sqrt{L\phi} - 0.2} + 0.73 \right)$$

Dove dalla tabella 5.2 II:

Al punto 5.4 si ricava che per il caso in esame al coefficiente dinamico può essere assegnato un coefficiente riduttivo di 0.9

**Lunghezza caratteristica (scatolare)**

$$L_{\Phi} = 11.6 \text{ m}$$

Si ha

$$\Phi_3 = 1.40$$

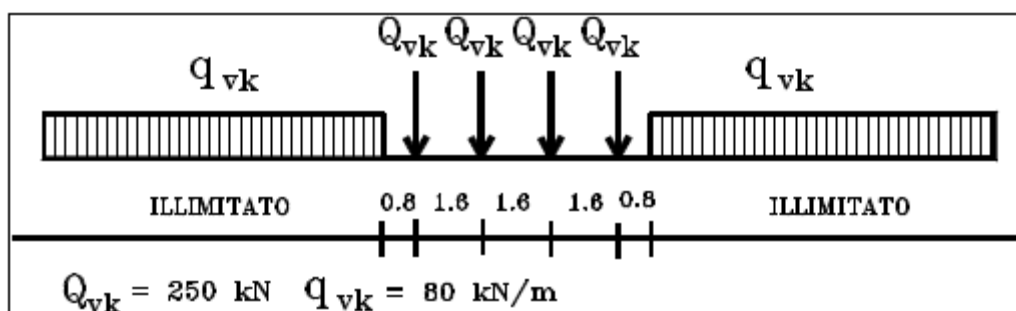
I modelli di carico considerati per la struttura sono il treno di carico LM 71, SW/2 e SW/0.

Per essi si definisce un coefficiente di adattamento  $\alpha$ :

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " $\alpha$ "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

**Treno LM71**

(Condizione di carico "6")



**Figura 5.2.1 - Treno di carico LM 71**

Il carico LM71 è schematizzato da quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.60m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.80m dagli assi di estremità.

La diffusione del carico in senso trasversale all'asse binario risulta pari ad  $L_d$ . In senso longitudinale rispetto all'asse binario il carico si distribuisce sull'intero ingombro dei suoi assi, pari a 6.40 m ( $1.60 \cdot 3 + 2 \cdot 0.80$ ).

- coefficiente di adattamento

$$\alpha = 1.1$$

- carico ripartito equivalente alle forze concentrate

$$q_1 = \alpha * \Phi_3 \left( \frac{4 * Q_{vk}}{6.40m * L_d} \right) = \alpha * \Phi_3 \left( \frac{Q_{vk}}{1.60m * L_d} \right)$$

- carico ripartito equivalente al carico distribuito

$$q_2 = \frac{\alpha * \Phi_3 * q_{vk}}{L_d}$$

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento  $s$ , per tenere conto dello spostamento dei carichi. Tale eccentricità è calcolata sulla base del rapporto massimo fra i carichi afferenti a due ruote appartenenti al medesimo asse  $Q_{V2}/Q_{V1}=1,25$  essendo  $Q_{V1}$  e  $Q_{V2}$  i carichi verticali delle ruote di un medesimo asse, e risulta quindi pari a  $s/18$  con  $s=1435$  mm.

Conseguentemente l'incremento di carico sulla copertura per effetto della predetta eccentricità può essere quantificato in :

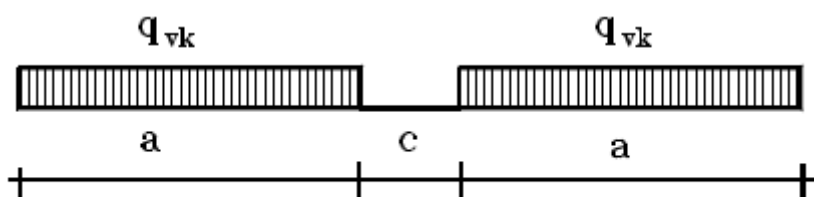
**Treno LM71 :**

$$q_1 = 74.7 \text{ kN/mq}$$

$$q_2 = 38.2 \text{ kN/mq}$$

### Treni SW/0 e SW/2

(Condizione di carico "8")



**Figura 5.2.2 - Treno di carico SW**

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

**SW/0:**

- coefficiente di adattamento

$$\alpha = 1.1$$

- carico distribuito

$$q = \frac{\alpha * \Phi_3 * q_{vk}}{L_d}$$

$$q = 56.2 \quad \text{kN/mq}$$

**SW/2:**

- coefficiente di adattamento

$$\alpha = 1.0$$

- carico distribuito

$$q = \frac{\alpha * \Phi_3 * q_{vk}}{L_d}$$

$$q = 57.6 \quad \text{kN/mq}$$

Per alcune particolari verifiche è utilizzato un particolare treno di carico chiamato “treno scarico” rappresentato da un carico uniformemente distribuito pari a 10kN/m. (Condizione di carico “16”)

### **9.10. Azione di serpeggio**

(Condizione di carico "7")

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza viene assunto pari a  $Q_{sk}=100\text{kN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per  $\phi$ .

L'analisi piana verticale in oggetto non permette di cogliere gli effetti indotti da una tale azione agente perpendicolarmente al binario. Tuttavia, vista la natura dell'opera, si ritengono gli effetti indotti da tale azione pressoché trascurabili.

### **9.11. Spinta del sovraccarico**

(Condizione di carico "9")

Il sovraccarico sul terreno a tergo dei piedritti, dovuto al traffico ferroviario, è calcolato distribuendo il peso del treno, schematizzato dai modelli di calcolo, su una larghezza di 3.0m senza applicare l'incremento dinamico.

Di seguito si valuta la distribuzione dei vari treni di carico per valutare la condizione più gravosa.

**Spinta del sovraccarico LM71**

<b>LM71</b>	$q_1 = 57.3$	kN/m	(ripartizione carico concentrato)
	$q_2 = 29.3$	kN/m	(ripartizione carico distribuito)
(condizione di carico "9" nel modello di calcolo)			
$p_1(M1) = q_1 * K_0 =$	<b>33.1</b>	kN/m	(spinta del carico concentrato)
$p_2(M1) = q_2 * K_0 =$	<b>16.9</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * Ss/2 =$	<b>16.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico concentrato)
$P1_{inf} = p_1 * Sf/2 =$	<b>18.2</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico concentrato)
$P2_{sup} = p_2 * Ss/2 =$	<b>8.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P2_{inf} = p_2 * Sf/2 =$	<b>9.3</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)
(condizione di carico "9_1" nel modello di calcolo)			
$p_1(M2) = q_1 * K_0 =$	<b>37.3</b>	kN/m	(spinta del carico concentrato)
$p_2(M2) = q_1 * K_0 =$	<b>19.1</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * Ss/2 =$	<b>18.6</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico concentrato)
$P1_{inf} = p_1 * Sf/2 =$	<b>20.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico concentrato)
$P2_{sup} = p_2 * Ss/2 =$	<b>9.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P2_{inf} = p_2 * Sf/2 =$	<b>10.5</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)

**Spinta del sovraccarico SW/0**

<b>SW/0</b>	$q = 44.3$	kN/m	(ripartizione carico distribuito)
(condizione di carico "9" nel modello di calcolo)			
$p_1(M1) = q_1 * K_0 =$	<b>25.6</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * Ss/2 =$	<b>12.8</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P1_{inf} = p_1 * Sf/2 =$	<b>14.1</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)
(condizione di carico "9_1" nel modello di calcolo)			
$p_1(M2) = q_1 * K_0 =$	<b>28.8</b>	kN/m	(spinta del carico distribuito)
$P1_{sup} = p_1 * Ss/2 =$	<b>14.4</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)
$P1_{inf} = p_1 * Sf/2 =$	<b>15.9</b>	kN	(spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)

**Spinta del sovraccarico SW/2**

<b>SW/2</b>	<b>q= 50.0</b>	<b>kN/m</b>	<b>(ripartizione carico distribuito)</b>
<b>(condizione di carico "9" nel modello di calcolo)</b>			
<b><math>p_1(M1)=</math></b>	<b><math>q_1 \cdot K_0 =</math></b>	<b>28.9</b>	<b>kN/m (spinta del carico distribuito)</b>
<b><math>P1_{sup}=</math></b>	<b><math>p_1 \cdot S_s/2=</math></b>	<b>14.4</b>	<b>kN (spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)</b>
<b><math>P1_{inf}=</math></b>	<b><math>p_1 \cdot S_f/2=</math></b>	<b>15.9</b>	<b>kN (spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)</b>
<b>(condizione di carico "9_1" nel modello di calcolo)</b>			
<b><math>p_1(M2)=</math></b>	<b><math>q_1 \cdot K_0 =</math></b>	<b>32.5</b>	<b>kN/m (spinta del carico distribuito)</b>
<b><math>P1_{sup}=</math></b>	<b><math>p_1 \cdot S_s/2=</math></b>	<b>16.3</b>	<b>kN (spinta nel semispessore soletta sup. del carico distribuito)</b>
<b><math>P1_{inf}=</math></b>	<b><math>p_1 \cdot S_f/2=</math></b>	<b>17.9</b>	<b>kN (spinta nel semispessore soletta inf. del carico distribuito)</b>

La spinta più gravosa sui piedritti dovuta al passaggio del convoglio ferroviario, si ottiene al passaggio di un treno di carico LM71-carico concentrato, per il quale si ottiene un valore di 37.3 kN/m (come da tabella precedente) corrispondente alla spinta dovuta alla ripartizione del sovraccarico concentrato, per la condizione con i coefficienti M2; 33.1.3kN/m per la condizione con i coefficienti M1.

**9.12. Azione di avviamento e frenatura**

(Condizione di carico "10")

Le azioni di avviamento e/o frenatura sono da considerarsi uniformemente distribuite su tutta la stesa dove è applicato il carico verticale. Nei calcoli che seguono sono stati considerati i valori caratteristici più gravosi per la struttura in relazione al modello di carico:

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento:  $Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L[m] \leq 1000 \text{ kN}$  per modelli di carico LM 71, SW/0, SW/2

frenatura:  $Q_{fb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L[m] \leq 6000 \text{ kN}$  per modelli di carico LM 71, SW/0

$Q_{fb,k} = 35 \text{ [kN/m]} \cdot L[m]$  per modelli di carico SW/2

Vista l'analisi bidimensionale, l'effetto di tale azione non è applicabile al modello.

### 9.13. Azione centrifuga

(Condizione di carico "11")

Si ritiene trascurabile tale azione.

### 9.14. Sovraccarichi mobili variabili in fondazione

(condizioni di carico "17" nel modello di calcolo)

Analogamente a quanto analizzato per la ripartizione del carico ferroviario sulla soletta superiore, considerando la presenza di un solo binario, si ha per la soletta inferiore, con coefficiente dinamico unitario:

$$q_1 = 47.2 \text{ kN/mq}$$



### 9.15. Azione sismica

L'accelerazione massima di progetto, valutata in conformità alla normativa vigente vale:

#### Azione sismica SLV

$$\begin{array}{lcl} a_g & = & 0.070 \text{ g} \\ S & = & 1.50 \end{array}$$

Categoria del suolo C

Tale accelerazione sarà da applicare con il Metodo pseudo-statico di Wood data la configurazione dell'opera (scatolare interrato).

(Condizioni di carico "14"- "15")

#### Azione sismica SLV

$$\begin{array}{lcl} a_g & = & 0.070 \text{ g} \\ S & = & 1.50 \\ a_{\max} = S \cdot a_g & = & 0.105 \text{ g} \\ k_h = a_{\max}/g & = & 0.105 \\ k_v = 0.5 \cdot a_{\max}/g & = & 0.053 \end{array}$$

### Sisma orizzontale

$F_{sis} = a_{max} * \gamma_r * H_{tot}$	17.8	kN/mq	(carico applicato sulla parete)
$F_{inp} = k_h * S_p * \gamma_{cls} * 1m$	2.4	kN/mq	(inerzia piedritti)
<b>Totale =</b>	<b>20.1</b>	<b>kN/mq</b>	<b>(piedritti)</b>
$F_{sisup} = a_{max} * \gamma_r * (S_s/2)^2$	0.5	kN/m	(spinta semispessore soletta superiore)
$F_{sisinf} = a_{max} * \gamma_r * (S_f/2)^2$	0.6	kN/m	(spinta semispessore soletta inferiore)
$F_{hfer} = k_h * 0.2 * q$	1.6	kN/mq	(transito ferroviario)
$F_{inb} = k_h * H_{Rb} * \gamma_b * 1m$	1.5	kN/mq	(inerzia ballast)
$F_{inr} = k_h * H_{Rsup} * \gamma_{rl} * 1m$	0.4	kN/mq	(inerzia ricoprimento)
$F_{ins} = k_h * (S_s + H_m) * \gamma_{cls} * 1m$	3.4	kN/mq	(inerzia soletta superiore)
<b>Totale =</b>	<b>6.9</b>	<b>kN/mq</b>	<b>(soletta superiore)</b>

### Sisma verticale

$F_{inp} = k_v * S_p * \gamma_{cls} * 1m$	1.2	kN/mq	(inerzia piedritti esterni)
$F_{hfer} = k_v * 0.2 * q$	0.8	kN/mq	(transito ferroviario)
$F_{inb} = k_v * H_{Rb} * \gamma_b * 1m$	0.8	kN/mq	(inerzia ballast)
$F_{inr} = k_v * H_{Rsup} * \gamma_{rl} * 1m$	0.2	kN/mq	(inerzia ricoprimento)
$F_{ins} = k_v * (S_s + H_m) * \gamma_{cls} * 1m$	1.7	kN/mq	(inerzia soletta superiore)
<b>Totale =</b>	<b>3.2</b>	<b>kN/mq</b>	<b>(soletta superiore)</b>

## 9.16. Condizioni di carico

Le condizioni di carico elementari sono le seguenti

- 1 Peso proprio elementi strutturali e non strutturali (g1)
- 2 Carichi permanenti portati (g2)
- 3 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti A1+M1 (g3) + spinta e sottospinta idraulica
- 4 Ritiro e viscosità (ε2)
- 5 (5\_1) Variazioni termiche (ε3)
- 6 traffico ferroviario normale (condizione che massimizza il momento)
- 6\_1 traffico ferroviario normale (condizione che massimizza il taglio)
- 7 Serpeggio
- 8 traffico ferroviario pesante

9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale calcolato con i coefficienti A1+M1 (g4)

9\_1 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale calcolato con i coefficienti A1+M2 (g4)

10 Avviamento/ Frenatura (GR-Fr)

11 Forza centrifuga

12 Vento

13 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti A2+M2 (g3)

14 Sisma orizzontale (q6x)

15 Sisma verticale (q6z)

16 Treno scarico

17 Sovraccarico in fondazione

L'opera principale è trattata con le combinazioni tipiche dei ponti ai sensi del DM 17/01/2018 e s.m.i.

### 9.17. Combinazioni di carico

La Tab. 5.2.IV fornisce i valori caratteristici delle azioni da assumere nella definizione dei gruppi di carico ferroviari.

**Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico**

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
Gruppo di carico	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo 2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione
<div> <div></div> Azione dominante         </div> <div>           (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (<math>\Phi, \alpha</math>, ecc...)         </div> <div>           (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.         </div>						

La Tab. 5.2.V fornisce i valori caratteristici delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

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

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.2.VI.

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

	Azioni	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

<sup>(3)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico varino assunti pari a 0,0.

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

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

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$ 

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

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

Le combinazioni inserite nel modello sono le seguenti:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0M)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr Norm	Serp	Tr Pes	Sp. sovr (M)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLU (A1+M1) -SLU1	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU2	1	1	1	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU3	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU4	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU5	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU6	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU7	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU8	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU9	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU10	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU11	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU12	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU13	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU14	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU15	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU16	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU17	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU18	1	1	1	1.2	0	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU19	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU20	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU21	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU22	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU23	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU24	1	1	1	1.2	0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU25	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU26	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	1.45	0	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU27	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU28	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU29	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU30	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU31	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU32	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU33	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU34	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU35	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU36	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU37	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU38	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU39	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU40	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU41	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU42	1	1	1	1.2	0	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU43	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU44	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU45	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU46	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU47	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU48	1	1	1	1.2	0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU49	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU50	1	1	1	1.2	-0.9	1.45	0.725	0	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45

Gr.1 Traffico Normale

Gr.3 Traffico Normale

SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0M)</sub>	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_3$	Tr. Norm	Serp	Tr. Pes	Sp. sovr (Mt)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLU (A1+M1) -SLU51	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU52	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU53	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU54	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU55	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU56	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU57	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU58	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU59	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU60	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU61	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU62	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU63	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU64	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU65	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU66	1	1	1	1.2	0	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU67	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU68	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU69	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU70	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU71	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU72	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU73	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU74	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	1.45	1.45	0.725	1.45	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU75	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU76	1	1	1	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU77	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU78	1	1	1	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU79	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU80	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU81	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU82	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU83	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU84	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU85	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU86	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU87	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU88	1	1	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU89	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU90	1	1	1	1.2	0	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU91	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU92	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU93	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU94	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU95	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU96	1	1	1	1.2	0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU97	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU98	1	1	1.35	1.2	-0.9	0	0.725	1.45	1.45	1.45	0.725	0.9	0	0	0	0	1.45

Gr.1 Traffico Pesante

Gr.3 Traffico Pesante



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0,1)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr.Norm	Serp	Tr.Pes	Sp. sovr (Mt)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0,2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLU (A1+M1) -SLU99	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU100	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU101	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU102	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU103	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU104	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU105	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU106	1	1	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU107	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU108	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU109	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU110	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	0
SLU (A1+M1) -SLU111	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU112	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU113	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU114	1	1	1	1.2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU115	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU116	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU117	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU118	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU119	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU120	1	1	1	1.2	0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU121	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU122	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0.9	0	0	0	1.45	1.45
SLU (A1+M1) -SLU123	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU124	1	1	1	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU125	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU126	1	1	1	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU127	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU128	1	1	1	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU129	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU130	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0
SLU (A1+M1) -SLU131	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU132	1	1	1	1.2	0	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU133	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU134	1	1	1	1.2	0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU135	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45
SLU (A1+M1) -SLU136	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	1.16	0	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45

Gr.2 Treno scarico

Vento+Gr.1 Traffico Normale

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SLU (A1+M1) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0M)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr Norm	Serp	Tr Pes	Sp. sovr (M1)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.	
SLU (A1+M1) -SLU137	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	Vento+Gr.3 Traffico Normale
SLU (A1+M1) -SLU138	1	1	1	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU139	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU140	1	1	1	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU141	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU142	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU143	1.35	1.5	1.35	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU144	1	1	1	1.2	0	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU145	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU146	1	1	1	1.2	0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU147	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	Vento+Gr.1 Traffico Pesante
SLU (A1+M1) -SLU148	1	1	1	1.2	-0.9	1.16	0.58	0	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU149	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU150	1	1	1	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU151	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU152	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU153	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU154	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU155	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU156	1	1	1	1.2	0	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU157	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	Vento+Gr.3 Traffico Pesante
SLU (A1+M1) -SLU158	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU159	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU160	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	1.16	1.16	0.58	1.16	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU161	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU162	1	1	1	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU163	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU164	1	1	1	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU165	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU166	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	0	
SLU (A1+M1) -SLU167	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	Vento+Treno scarico
SLU (A1+M1) -SLU168	1	1	1	1.2	0	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU169	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU170	1	1	1	1.2	0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU171	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU172	1	1	1	1.2	-0.9	0	0.58	1.16	1.16	1.16	0.58	1.5	0	0	0	0	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU173	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU174	1	1	1	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU175	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU176	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU177	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	Vento+Treno scarico
SLU (A1+M1) -SLU178	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	0	
SLU (A1+M1) -SLU179	1.35	1.5	1.35	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU180	1	1	1	1.2	0	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU181	1.35	1.5	1.35	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU182	1	1	1	1.2	0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU183	1.35	1.5	1.35	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	
SLU (A1+M1) -SLU184	1	1	1	1.2	-0.9	0	1.16	0	1.16	0	1.16	1.5	0	0	0	1.16	1.45	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9.1	10	11	12	13	14	15	16	17	
SLU (A2+M2) D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(M1)</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	Tr.Norm	Serp	Tr.Pes	Sp. sovr (M2)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(M2)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.	
SLU (A2+M2) -1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Gr.1 Traffico Normale
SLU (A2+M2) -2	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -3	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -4	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -5	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -6	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -7	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -8	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -9	1	1	0	1	0	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -10	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -11	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0	1	0	0	0	1.04	Gr.3 Traffico Normale
SLU (A2+M2) -12	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -13	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	0	1.25	0.625	1.25	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -14	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -15	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -16	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -17	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -18	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -19	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -20	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -21	1	1	0	1	0	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	Gr.1 Traffico Pesante
SLU (A2+M2) -22	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -23	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -24	1	1	0	1	0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -25	1	1	0	1	-0.9	1.25	0.625	0	1.25	1.25	0.625	0.9	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -26	1	1	0	1	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -27	1	1	0	1	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -28	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -29	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -30	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -31	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	1	0	0	0	0	Gr.3 Traffico Pesante
SLU (A2+M2) -32	1	1	0	1	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -33	1	1	0	1	0	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -34	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -35	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -36	1	1	0	1	0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -37	1	1	0	1	-0.9	1.25	1.25	1.25	0.625	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -38	1	1	0	1	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -39	1	1	0	1	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -40	1	1	0	1	0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	1	0	0	0	0	Gr.2 Treni scarico
SLU (A2+M2) -41	1	1	0	1	-0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -42	1	1	0	1	0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -43	1	1	0	1	-0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	1	0	0	0	0	
SLU (A2+M2) -44	1	1	0	1	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -45	1	1	0	1	0	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -46	1	1	0	1	0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -47	1	1	0	1	-0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -48	1	1	0	1	0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -49	1	1	0	1	-0.9	0.625	1.25	1.25	1.25	0.625	0.9	1	1	0	0	0	1.04	
SLU (A2+M2) -50	1	1	0	1	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	1	0	0	1.25	0	Gr.2 Treni scarico
SLU (A2+M2) -51	1	1	0	1	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -52	1	1	0	1	0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -53	1	1	0	1	-0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -54	1	1	0	1	0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -55	1	1	0	1	-0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -56	1	1	0	1	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -57	1	1	0	1	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -58	1	1	0	1	0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -59	1	1	0	1	-0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -60	1	1	0	1	0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	1	0	0	0	1.25	
SLU (A2+M2) -61	1	1	0	1	-0.9	1.25	0	1.25	0	1.25	0	1.25	0.9	1	0	0	1.25	

SLE (rara) D.M. 17.01.2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(0.1)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr. Norm	Serp	Tr. Pes	Sp. sovr (M1)	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(0.1)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLE (rara)-SLEr1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr4	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr5	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr6	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr7	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr8	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr9	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr10	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr11	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr12	1	1	1	1	0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr13	1	1	1	1	-0.6	1	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr14	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr15	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr16	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr17	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr18	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr19	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr20	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr21	1	1	1	1	0	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr22	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr23	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr24	1	1	1	1	0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr25	1	1	1	1	-0.6	1	0.5	0	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr26	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr27	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr28	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr29	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr30	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr31	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr32	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr33	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr34	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr35	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr36	1	1	1	1	0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr37	1	1	1	1	-0.6	0	1	1	1	0.5	1	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr38	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr39	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr40	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr41	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr42	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr43	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLE (rara)-SLEr44	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr45	1	1	1	1	0	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr46	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr47	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr48	1	1	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr49	1	1	1	1	-0.6	0	0.5	1	0.8	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0.8
SLE (rara)-SLEr50	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr51	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr52	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr53	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr54	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr55	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0
SLE (rara)-SLEr56	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr57	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr58	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr59	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr60	1	1	1	1	0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0.8
SLE (rara)-SLEr61	1	1	1	1	-0.6	0	1	0	1	0.5	1	0.6	0	0	0	1	0.8

Gr.1 Traffico Normale

Gr.3 Traffico Normale

Gr.1 Traffico Pesante

Gr.3 Traffico Pesante

Gr.2 Treno scarico

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>SLE (frequente) D.M. 17.01.2018</b>	<b>G<sub>1</sub></b>	<b>G<sub>2</sub></b>	<b>G<sub>3(M1)</sub></b>	<b>ε<sub>2</sub></b>	<b>ε<sub>3</sub></b>	<b>Tr.Norm</b>	<b>Serp</b>	<b>Tr.Pes</b>	<b>Sp. sovr (M1)</b>	<b>Fren</b>	<b>Centrif</b>	<b>Vento</b>	<b>G<sub>3(M2)</sub></b>	<b>Sisma(x)</b>	<b>Sisma(z)</b>	<b>Tr. scarico</b>	<b>Carico Fond.</b>	
SLE (frequente)-SLEf1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Gr.1 Traffico Normale
SLE (frequente)-SLEf2	1	1	1	1	0	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf3	1	1	1	1	0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf4	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf5	1	1	1	1	0	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf6	1	1	1	1	0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0.75
SLE (frequente)-SLEf7	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0.75
SLE (frequente)-SLEf8	1	1	1	1	0	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	Gr.3 Traffico Normale
SLE (frequente)-SLEf9	1	1	1	1	0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf10	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf11	1	1	1	1	0	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf12	1	1	1	1	0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf13	1	1	1	1	-0.5	0.8	0.4	0	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	Gr.1 Traffico Pesante
SLE (frequente)-SLEf14	1	1	1	1	0	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf15	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf16	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf17	1	1	1	1	0	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf18	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	Gr.3 Traffico Pesante
SLE (frequente)-SLEf19	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf20	1	1	1	1	0	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf21	1	1	1	1	0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	
SLE (frequente)-SLEf22	1	1	1	1	-0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf23	1	1	1	1	0	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	Gr.2 Treno scarico
SLE (frequente)-SLEf24	1	1	1	1	0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf25	1	1	1	1	-0.5	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0.75	
SLE (frequente)-SLEf26	1	1	1	1	0	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0	
SLE (frequente)-SLEf27	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0	
SLE (frequente)-SLEf28	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0	Gr.2 Treno scarico
SLE (frequente)-SLEf29	1	1	1	1	0	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0.75	
SLE (frequente)-SLEf30	1	1	1	1	0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0.75	
SLE (frequente)-SLEf31	1	1	1	1	-0.5	0	0.8	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0	0.8	0.75	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>SLE (quasi permanente) D.M. 17.01.2018</b>	<b>G<sub>1</sub></b>	<b>G<sub>2</sub></b>	<b>G<sub>3(M1)</sub></b>	<b>ε<sub>2</sub></b>	<b>ε<sub>3</sub></b>	<b>Tr.Norm</b>	<b>Serp</b>	<b>Tr.Pes</b>	<b>Sp. sovr (M1)</b>	<b>Fren</b>	<b>Centrif</b>	<b>Vento</b>	<b>G<sub>3(M2)</sub></b>	<b>Sisma(x)</b>	<b>Sisma(z)</b>	<b>Tr. scarico</b>	<b>Carico Fond.</b>
SLE (quasi permanente)-SLEq1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE (quasi permanente)-SLEq2	1	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE (quasi permanente)-SLEq3	1	1	1	1	-0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SLV D.M. 17.01.2018	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3(41)</sub>	ε <sub>2</sub>	ε <sub>3</sub>	Tr. Norm	Serp	Tr. Pes	Sp. sovr (M2)	Sp. sovr	Fren	Centrif	Vento	G <sub>3(42)</sub>	Sisma(x)	Sisma(z)	Tr. scarico	Carico Fond.
SLV-SISMA1	1	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	1	0.3	0	0
SLV-SISMA2	1	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.3	1	0	0
SLV-SISMA3	1	1	1	0	0.5	0.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA4	1	1	1	0	0.5	0.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA5	1	1	1	0	0.5	0.2	0.1	0	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA6	1	1	1	0	0.5	0.2	0.1	0	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA7	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0.2	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA8	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0.2	0	0.2	0.1	0.2	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA9	1	1	1	0	0.5	0	0.1	0.2	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	1	0.3	0	0.2
SLV-SISMA10	1	1	1	0	0.5	0	0.1	0.2	0	0.2	0.2	0.1	0	1.3	0.3	1	0	0.2
SLV-SISMA11	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	1.3	1	0.3	0.2	0.2
SLV-SISMA12	1	1	1	0	0.5	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	1.3	0.3	1	0.2	0.2

### 9.18. Estrapolazione sollecitazioni

In corrispondenza dei vertici dello scatolare sono stati inseriti dei braccetti rigidi (elementi di lunghezza pari alla metà dello spessore della membratura) per la lettura delle sollecitazioni.

Si sono individuate, nel modello strutturale, sette sezioni trasversali “significative”, il cui stato di sollecitazione risulta determinante per il dimensionamento e le verifiche di resistenza della struttura. Tali sezioni sono di seguito descritte:

- Estremità soletta inferiore;
- Sezione di mezzeria della soletta inferiore;
- Estremità soletta superiore;
- Sezione di mezzeria della soletta superiore;
- Sezione inferiore alla base del ritto;
- Sezione superiore del ritto;
- Sezione di mezzeria del ritto.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori delle sollecitazioni massime e i valori delle sollecitazioni per la verifica a fessurazione risultanti dalle combinazioni di cui al capitolo precedente.

Elemento strutturale	Sezione	SLU M1					SLU M2				
		ID Asta	C.C. $M_{max}$	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN)	ID Asta	C.C. $M_{max}$	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN)
soletta inferiore	nodo	1	SLU9	70	1641	1277	1	SLU(M2) 5	78	1382	1028
soletta inferiore	campata	1	SLU19	26	-1736	-	1	SLU(M2) 10	37	-1451	-
soletta superiore	nodo	7	SLU21	-284	-1452	-846	7	SLU(M2) 11	-295	-1165	489
soletta superiore	campata	3	SLU19	-58	1103	-	3	SLU(M2) 10	-72	905	-
piedritti	nodo soletta inf	5	SLU19	-1677	-932	-552	5	SLU(M2) 10	-1255	-893	-559
piedritti	nodo soletta sup	4	SLU9	-877	-915	237	4	SLU(M2) 5	-721	-844	249

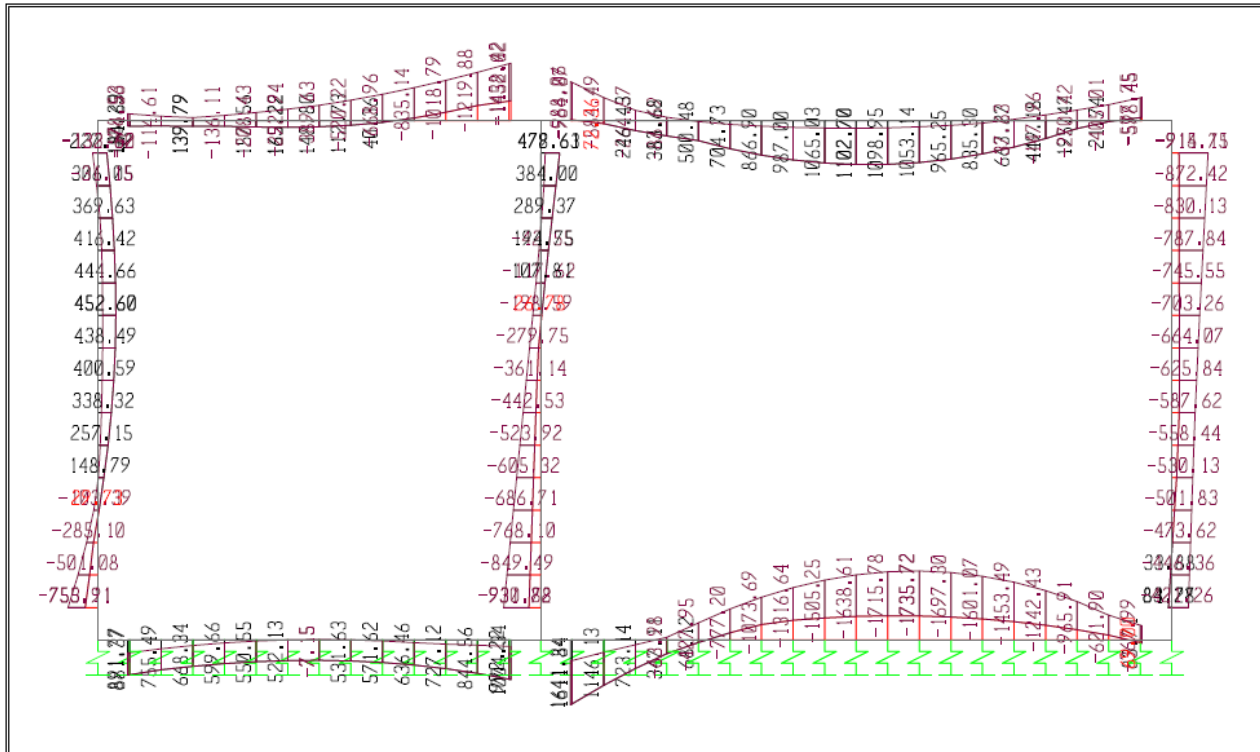
Elemento strutturale	Sezione	SISMA M1				
		ID Asta	C.C. $M_{max}$	N (kN)	$M_{max}$ (kNm)	$T_{max}$ (kN)
soletta inferiore	nodo	1	Sisma (M1) 3	51	937	678
soletta inferiore	campata	1	Sisma (M1) 3	49	-910	-
soletta superiore	nodo	7	Sisma (M1) 3	-158	-733	328
soletta superiore	campata	3	Sisma (M1) 4	-9	370	-
piedritti	nodo soletta inf	5	Sisma (M1) 3	-833	-775	-389
piedritti	nodo soletta sup	4	Sisma (M1) 3	-370	-479	97

		SLE RARA				SLE FREQUENTE				SLE QUASI PERMANENTE			
Elemento strutturale	Sezione	ID Asta	C.C.	N (kN)	M <sub>max</sub> (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	M <sub>max</sub> (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	M <sub>max</sub> (kNm)
soletta inferiore	nodo	1	SLErare5	47	1143	3	SLEfreq4	32	1024	3	SLEqp3	-24	567
soletta inferiore	campata	1	SLErare10	17	-1220	3	SLEfreq6	7	-1098	3	SLEqp2	-35	-624
soletta superiore	nodo	7	SLErare11	-200	-1015	7	SLEfreq7	-171	-926	7	SLEqp3	-60	-599
soletta superiore	campata	3	SLErare10	-41	759	3	SLEfreq6	-31	661	3	SLEqp2	11	314
piedritti	nodo soletta inf	5	SLErare10	-1174	-659	5	SLEfreq6	-1091	-589	5	SLEqp2	-752	-297
piedritti	nodo soletta sup	4	SLErare5	-608	-637	4	SLEfreq4	-535	-546	4	SLEqp3	-389	-237

## 9.19. Grafici di involucro delle sollecitazioni

SAP2000

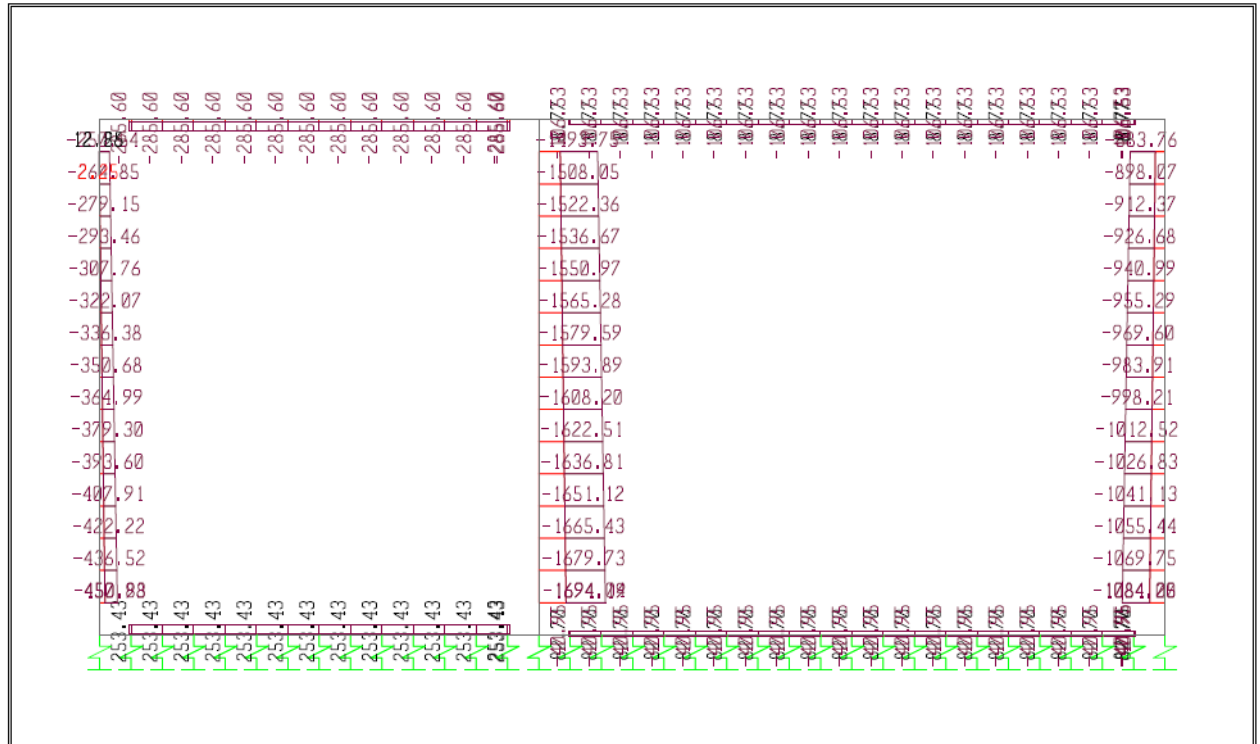
6/19/20 13:14:43



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Moment 3-3 Diagram (ENVSLU) - KN, m, C Units

SAP2000

6/19/20 13:15:37

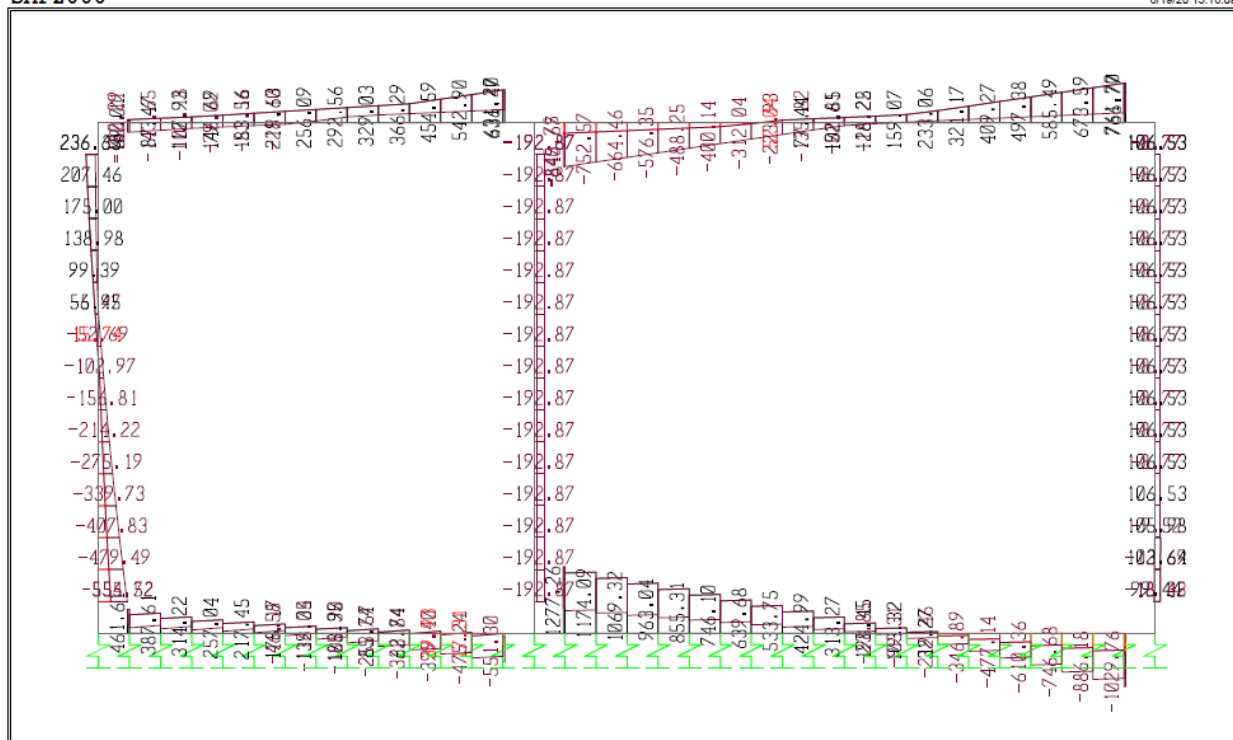


SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Axial Force Diagram (ENVSLU) - KN, m, C Units



SAP2000

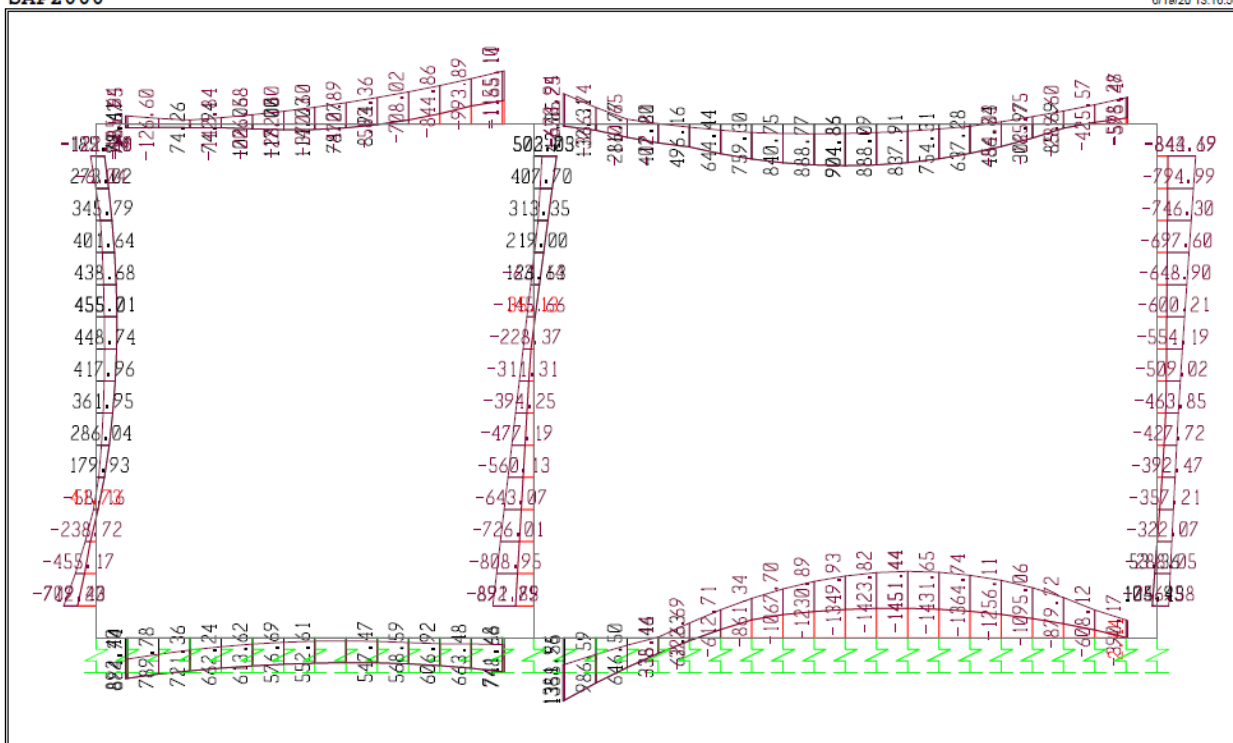
6/19/20 13:16:09



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Shear Force 2-2 Diagram (ENVSLU) - KN, m, C Units

SAP2000

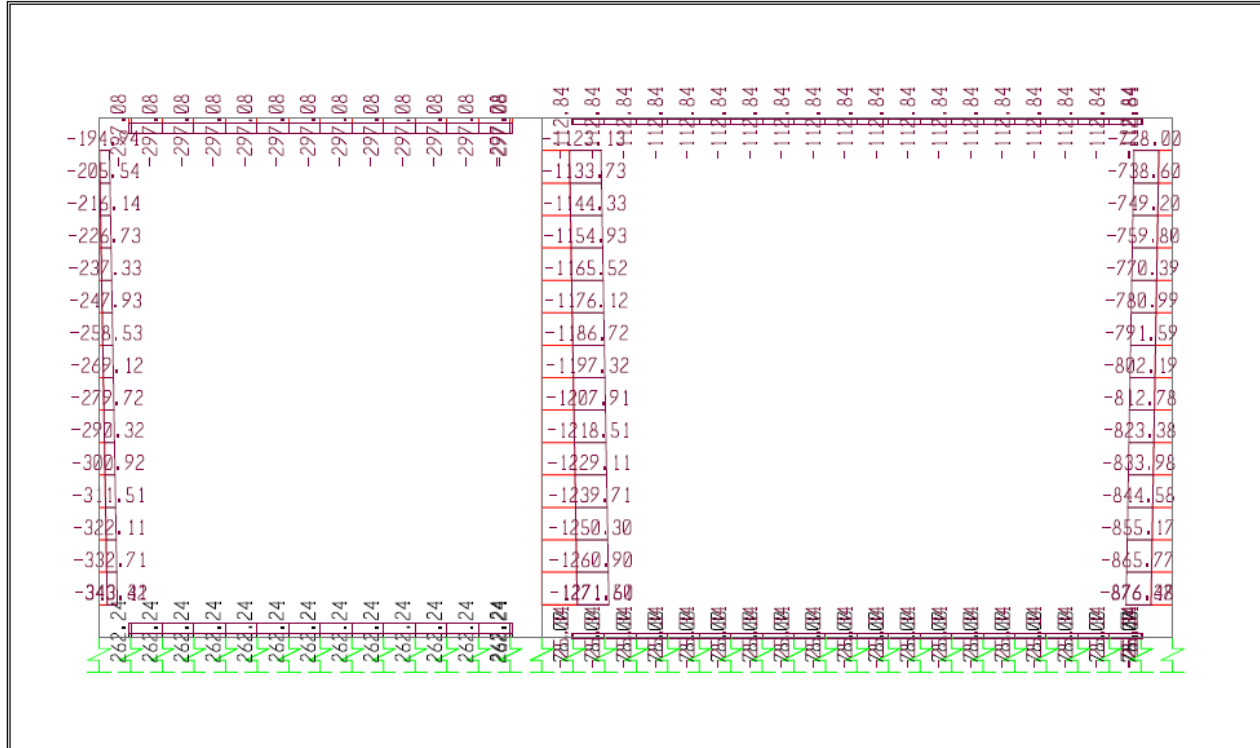
6/19/20 13:16:50



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Moment 3-3 Diagram (ENVM2) - KN, m, C Units

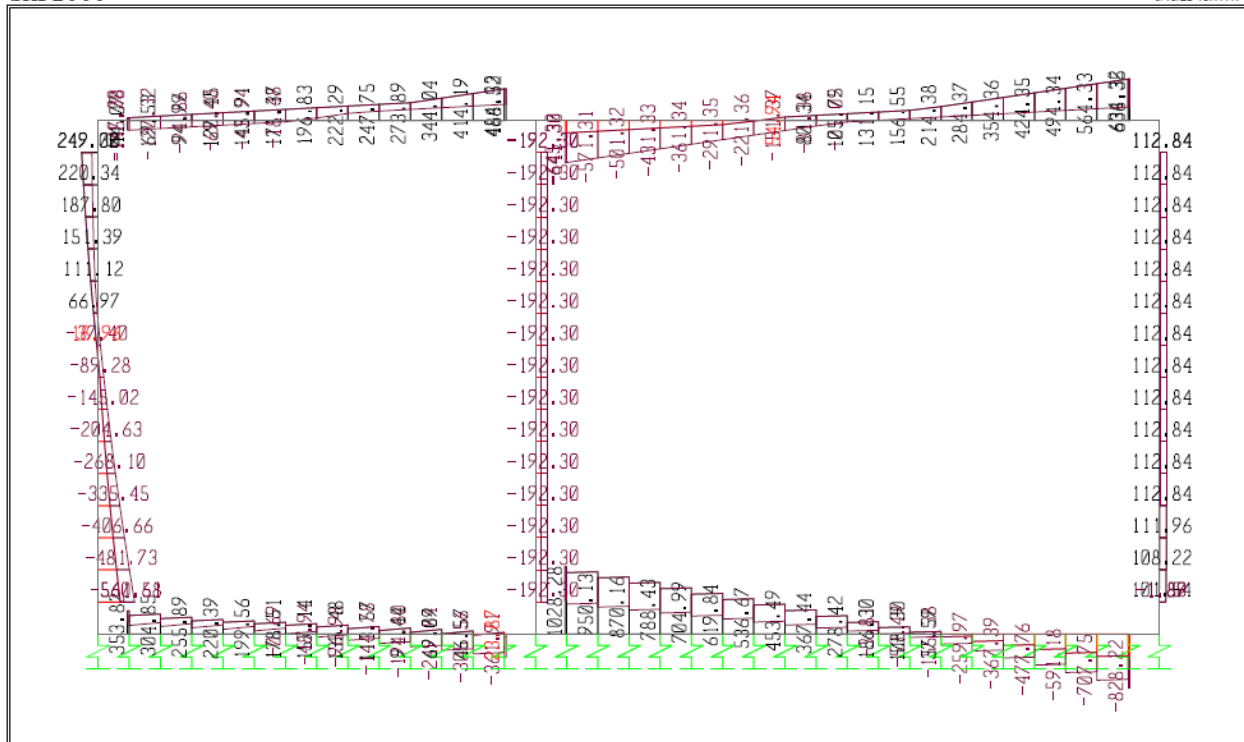
SAP2000

6/19/20 13:17:19



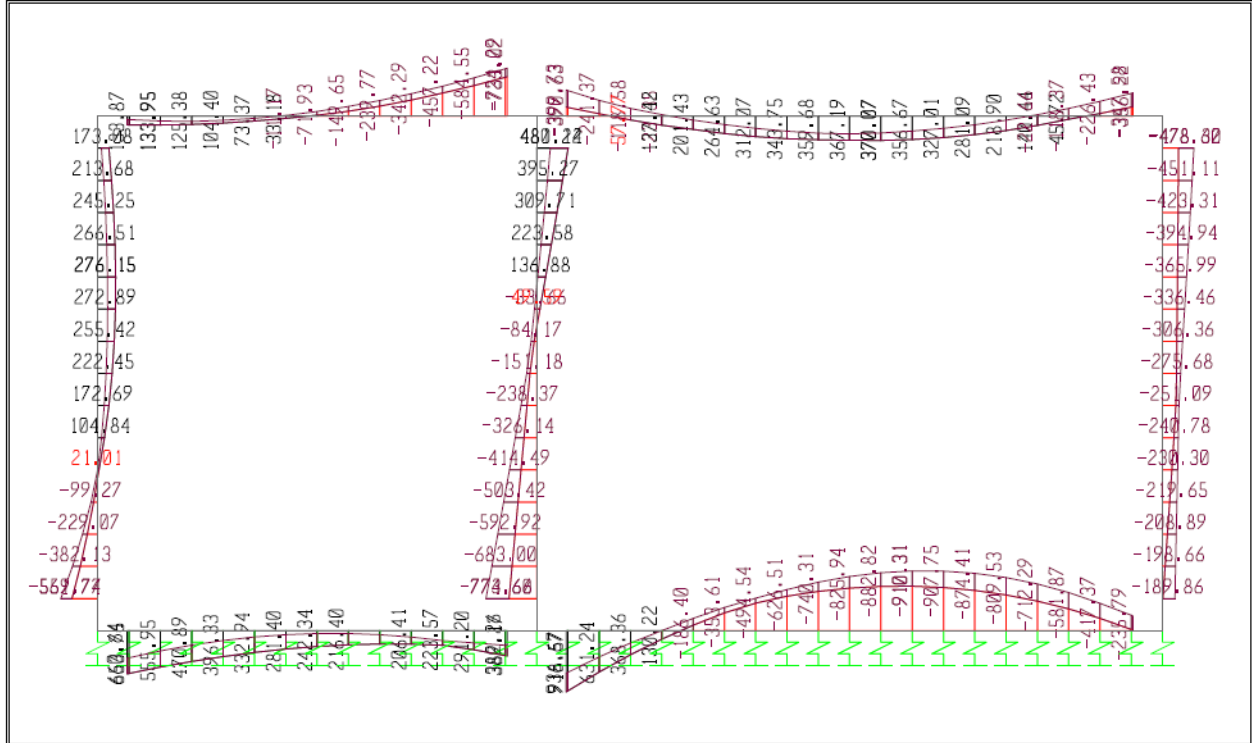
SAP2000

6/19/20 13:17:47



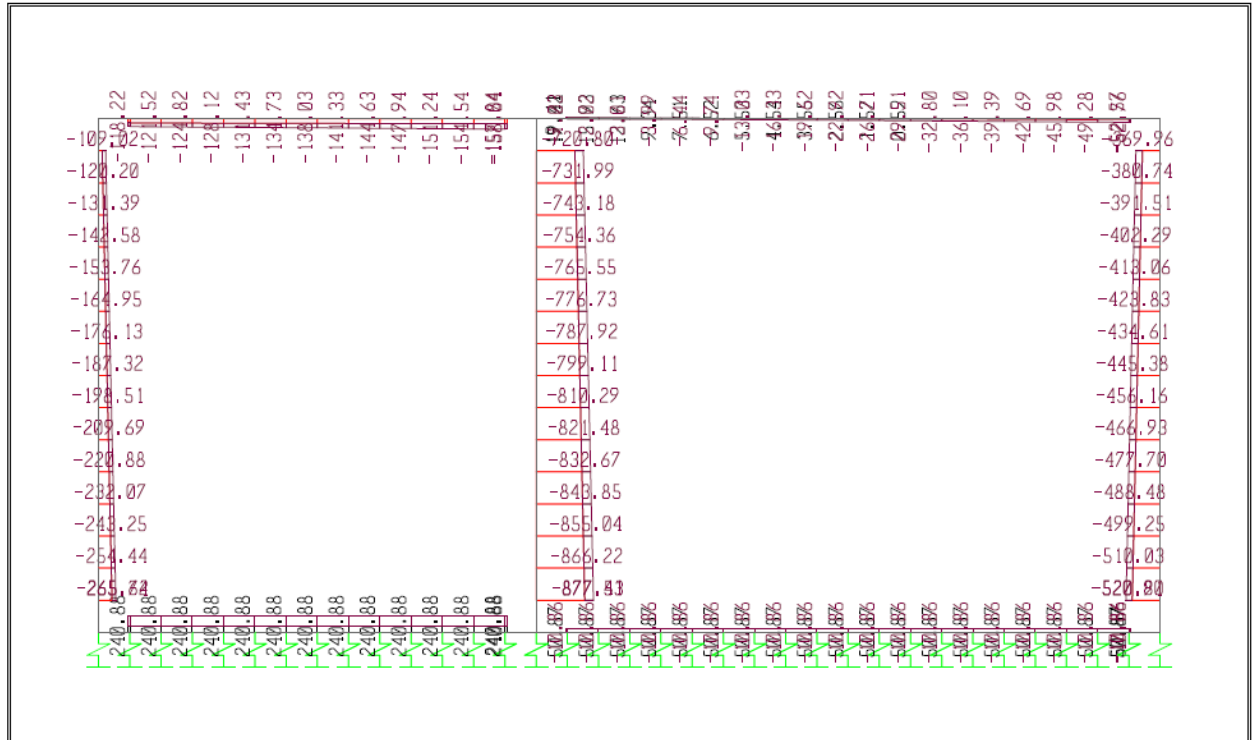
SAP2000

6/19/20 13:18:24



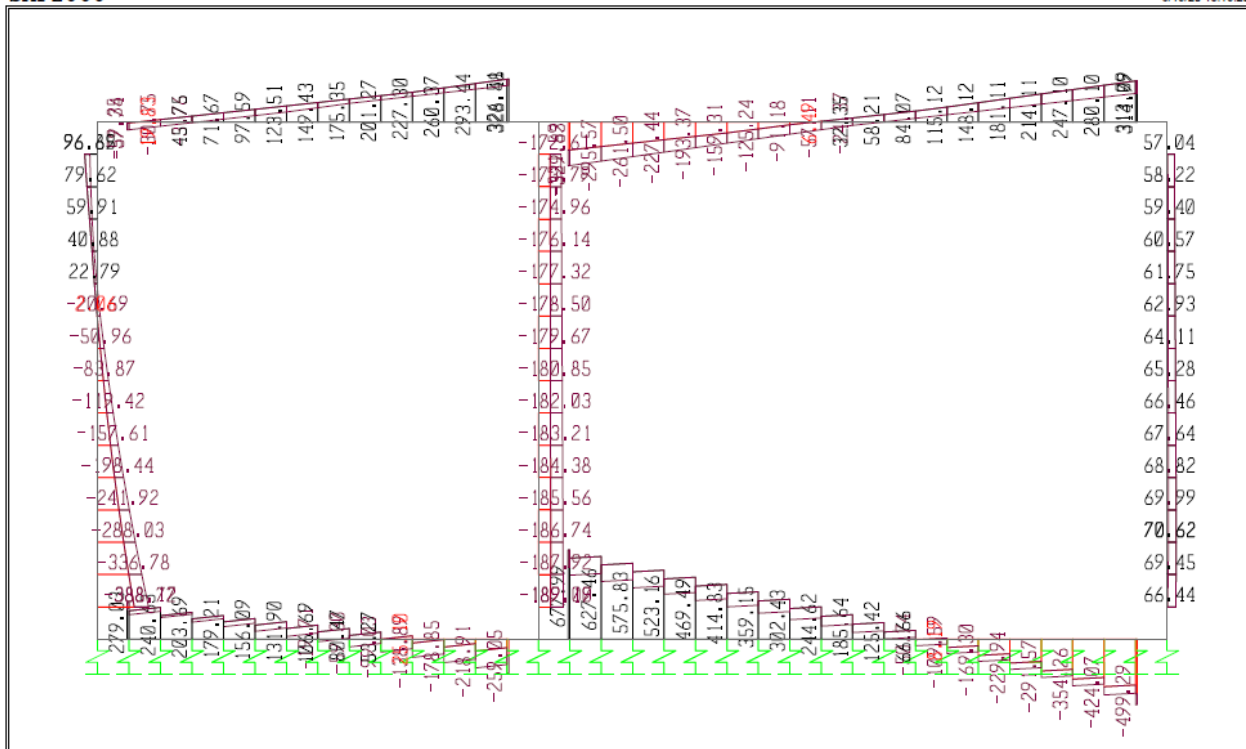
SAP2000

6/19/20 13:18:52



SAP2000

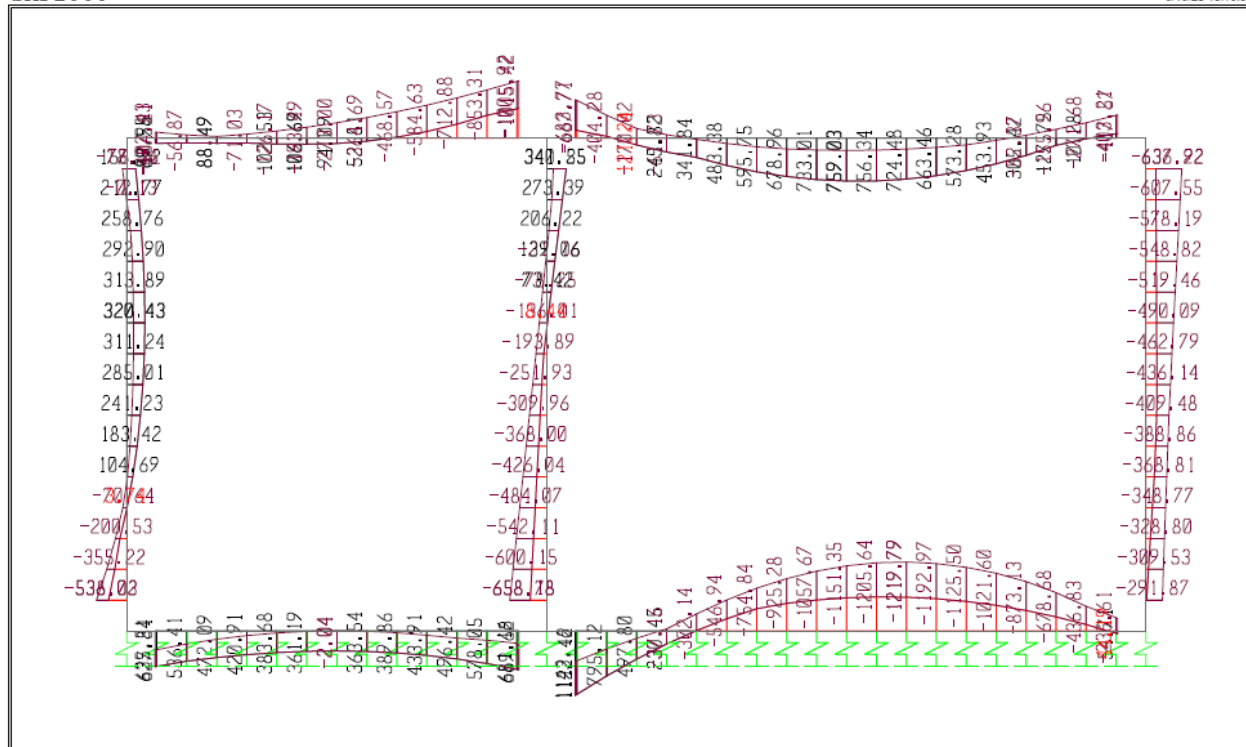
6/19/20 13:19:20



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Shear Force 2-2 Diagram (ENVSIS) - KN, m, C Units

SAP2000

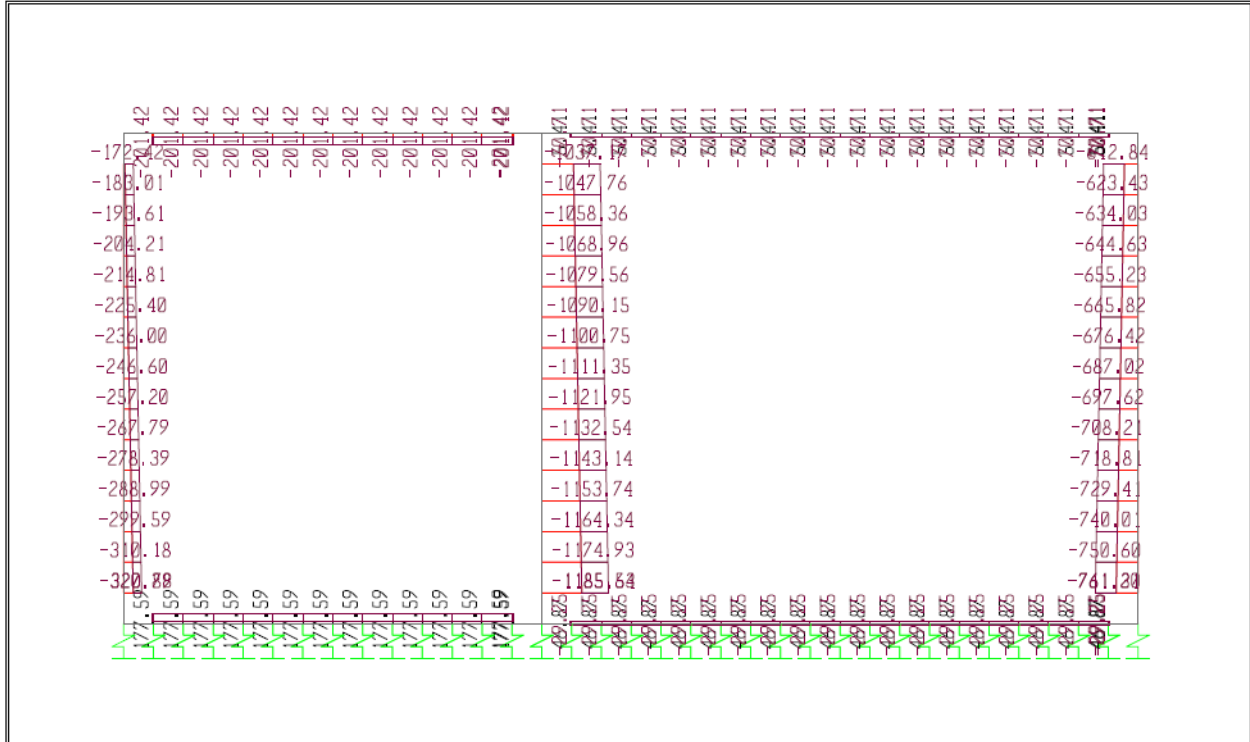
6/19/20 13:19:55



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Moment 3-3 Diagram (ENVSLE rare) - KN, m, C Units

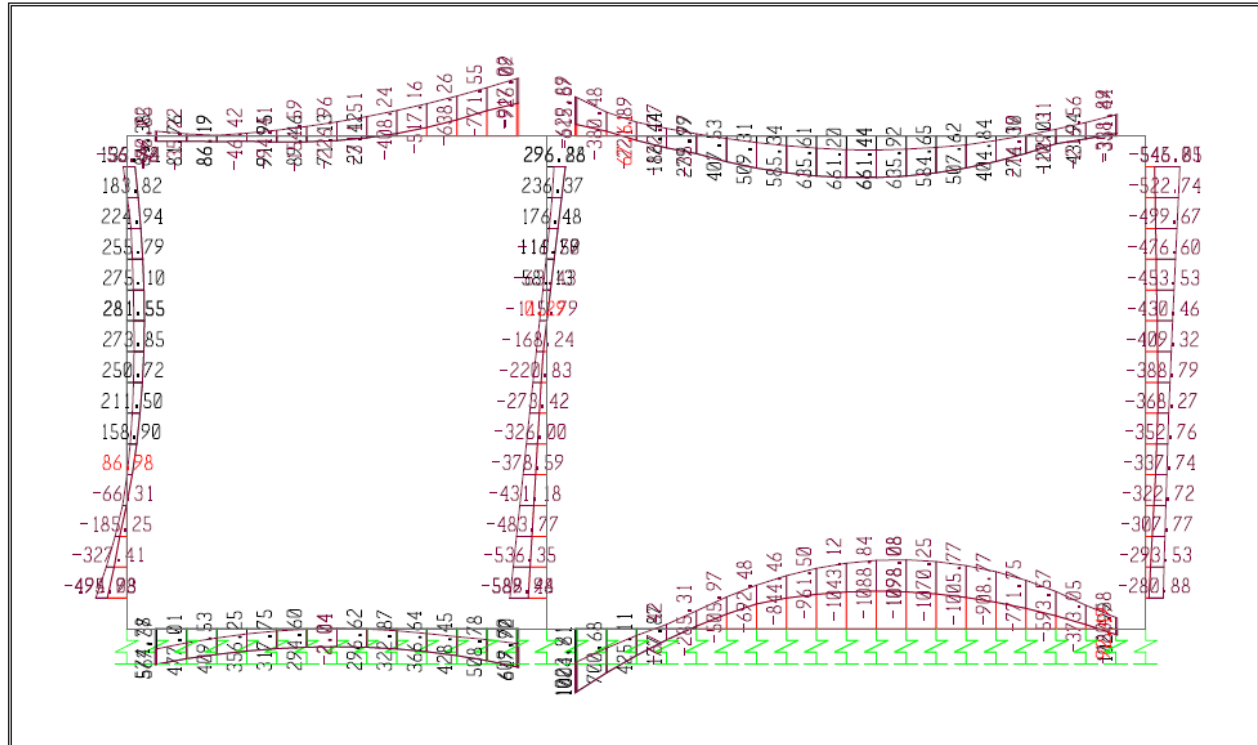
SAP2000

6/19/20 13:20:31



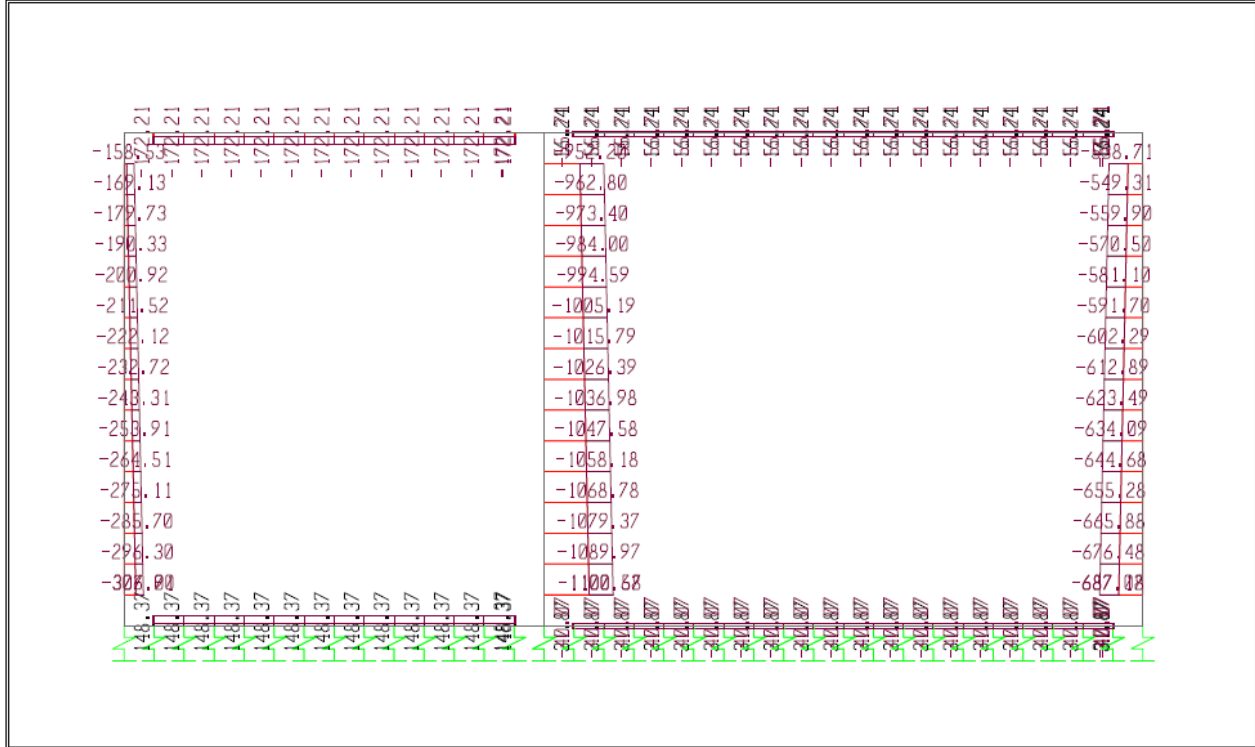
SAP2000

6/19/20 13:51:18



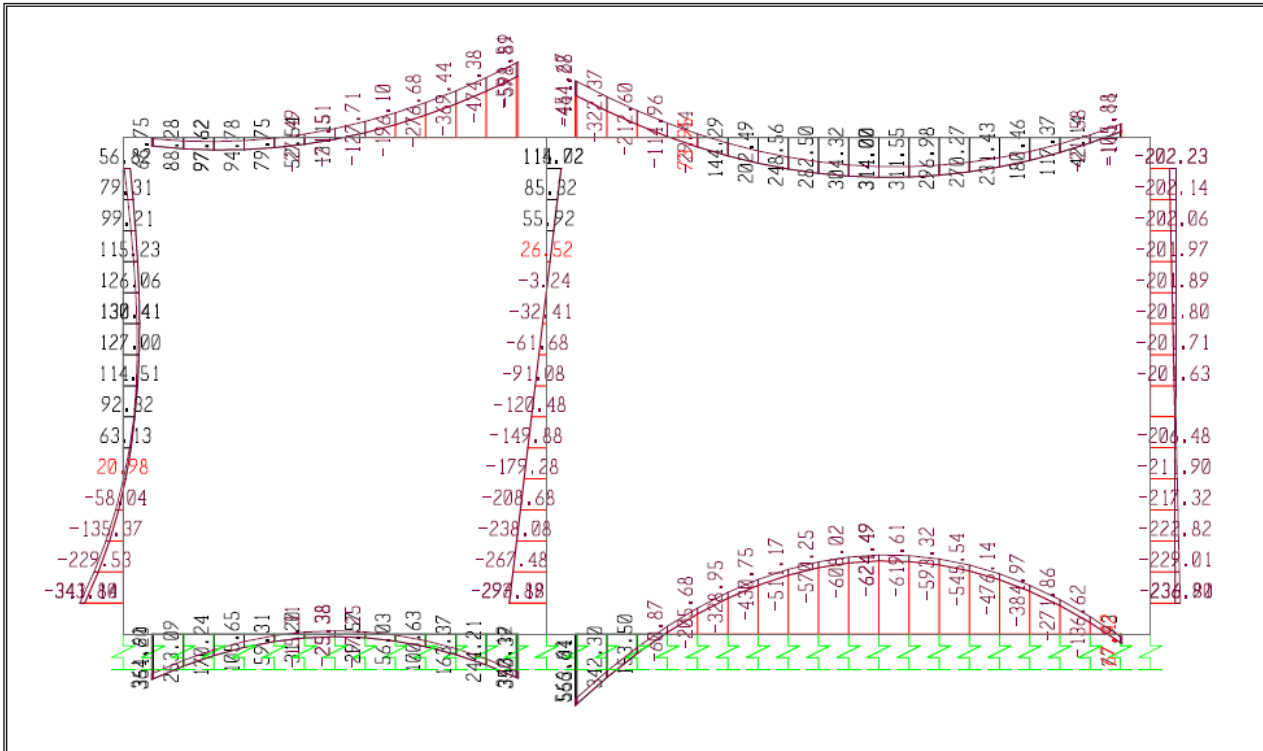
SAP2000

6/19/20 13:57:48



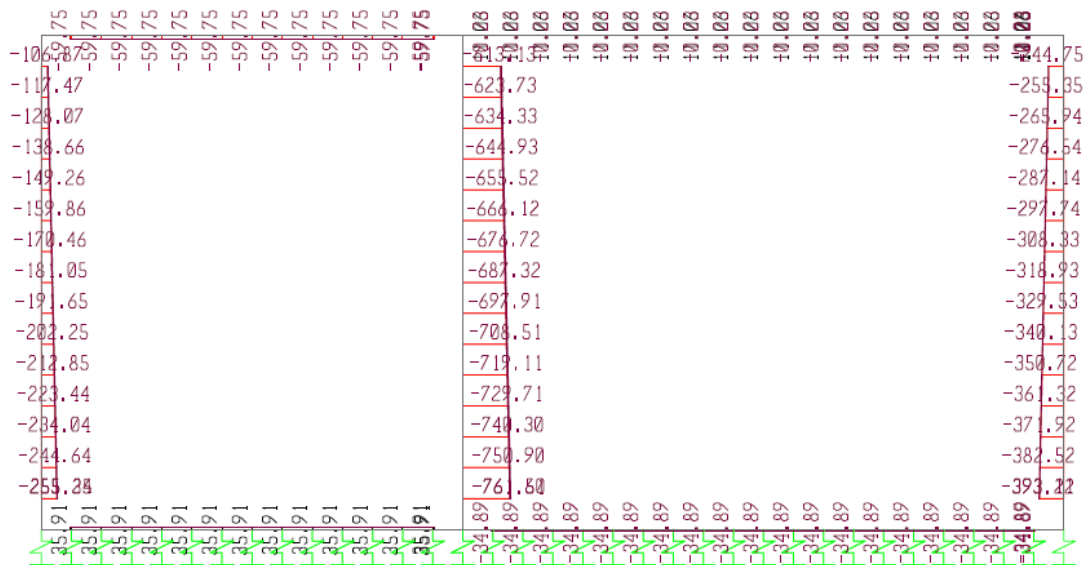
SAP2000

6/19/20 13:58:19



**SAP2000**

6/19/20 13:58:51



SAP2000 v14.1.0 - File:Sottovia-2c - Axial Force Diagram (ENVSLEqp) - KN, m, C Units



## 9.20. Riepilogo armature

Le verifiche seguenti sono state condotte con le seguenti armature:

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Arm. Specifica a taglio	Armatura secondaria
soletta inferiore	-	$\phi 24/10 + \phi 20/20$ inf. e sup.	Cavallotti $\phi 24/100 \times 50$	$\phi 16/20$ sup. e inf.
soletta superiore	-	$\phi 24/10$ sup. e inf.	Cavallotti $\phi 20/100 \times 50$	$\phi 16/20$ sup. e inf.
piedritti		$\phi 20/10$ est. e int.	spille $\phi 10/20 \times 40$	$\phi 16/20$ est. e int.

## 9.21. Verifiche di resistenza

### 9.21.1. Verifica soletta inferiore

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: Fond

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	148.50 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068



Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	110.0
3	50.0	110.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.6	8.5	24
2	-39.6	101.5	24
3	39.6	101.5	24
4	39.6	8.5	24
5	-39.6	13.0	20
6	39.6	13.0	20
7	-39.6	97.0	20
8	39.6	97.0	20

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	24
2	4	1	8	24
3	5	6	3	20
4	7	8	3	20

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-7000	164100	0	0	0
2	-2600	-173600	0	0	0

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
---	---

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-4700	114300	0
2	-1700	-122000	0

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-3200	102400 (99834)	0 (0)
2	-700	-109800 (-100356)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-2400	56700 (99603)	0 (0)
2	-3500	-62400 (-99317)	0 (0)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.3 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)

Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)

Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-7000	164100	0	-6988	223087	0	1.36	76.7(22.0)
2	S	-2600	-173600	0	-2573	-225078	0	1.30	76.7(22.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45

Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.111	50.0	110.0	0.00086	39.6	101.5	-0.02807	-39.6	8.5
2	0.00350	0.112	-50.0	0.0	0.00088	-39.6	8.5	-0.02782	-39.6	101.5

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000311054	-0.030715986	0.111	0.700
2	0.000000000	-0.000308569	0.003500000	0.112	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	59.0	-50.0	110.0	-2142	-30.8	8.5	2397	60.9
2	S	63.2	-50.0	0.0	-2261	30.8	101.5	2397	60.9

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	52.9	-50.0	110.0	-1911	-30.8	8.5	2397	60.9
2	S	56.9	50.0	0.0	-2029	-4.4	101.5	2397	60.9

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $Ac_{eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00107	0	0.500	22.8	73	0.00057 (0.00057)	401	0.230 (0.30)	99834	0
2	S	-0.00114	0	0.500	22.8	73	0.00061 (0.00061)	401	0.244 (0.30)	-100356	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	29.2	-50.0	110.0	-1063	-30.8	8.5	2397	60.9
2	S	32.1	-50.0	0.0	-1177	30.8	101.5	2397	60.9

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00059	0	0.500	22.8	73	0.00032 (0.00032)	401	0.128 (0.20)	99603	0
2	S	-0.00066	0	0.500	22.8	73	0.00035 (0.00035)	401	0.141 (0.20)	-99317	0

**VERIFICA A TAGLIO**

Per la verifica a taglio si considerano cavallotti  $\phi 20/100 \times 50$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE	
Base sezione: b=	1000 mm
Altezza sezione: h =	1100 mm
Copri ferro: c =	50 mm
DATI ARMATURA	
Armatura Longitudinale	
Diametro armatura tesa=	24 mm
N° barre tese =	10
Diametro armatura compressa =	24 mm
N° barre compresse =	10
Armatura Trasversale	
Diametro armatura a Taglio (/ alla sezione)=	20 mm
Passo armatura a Taglio=	500 mm
N° bracci delle staffe=	2
Inclinazione staffe : $\alpha$ =	90 °
Inclinazione puntone : $\theta$ =	22 °

AZIONI	
$N_{Ed}$ =	0.00 kN
$V$ =	1277.00 kN
$\gamma_{Rd}$ =	1.00
$V_{Ed} = V * \gamma_{Rd}$	1277.00 kN

<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>522.90 kN</b>
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		<b>OCCORRE ARMATURA A TAGLIO</b>
<b>Resistenza sezioni armate a taglio</b>		
<b>Resistenza per rottura armatura a taglio</b>	<b><math>V_{Rsd}</math></b>	<b>1655.35 kN</b>
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$		
<b>Resistenza per sezioni armate a taglio</b>	<b><math>V_{Rcd}</math></b>	<b>2603.93 kN</b>
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$		<b>SEZIONE VERIFICATA</b>
$V_{RD} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$		<b>1655.35 kN</b>

### 9.21.2. Verifica soletta superiore

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: Soletta

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	148.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.8	8.2	24
2	-41.8	91.8	24
3	41.8	91.8	24
4	41.8	8.2	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	24
2	4	1	8	24

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	28400	-145200	0	0	0
2	5800	110300	0	0	0

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	20000	-101500	0
2	4100	75900	0

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17100	-92600 (-82515)	0 (0)
2	3100	66100 (80353)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	6000	-59900 (-81175)	0 (0)
2	-1100	31400 (79120)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.9 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	28400	-145200	0	28418	-166015	0	1.14	45.2(20.0)
2	S	5800	110300	0	5828	156559	0	1.42	45.2(20.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.108	-50.0	0.0	0.00060	-41.8	8.2	-0.02893	-41.8	91.8
2	0.00350	0.102	50.0	100.0	0.00044	41.8	91.8	-0.03074	-41.8	8.2

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000353237	0.003500000	0.108	0.700
2	0.000000000	0.000372932	-0.033793193	0.102	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	71.4	50.0	0.0	-2489	32.5	91.8	2050	45.2
2	S	52.5	-50.0	100.0	-1971	-32.5	8.2	2050	45.2



**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	65.0	50.0	0.0	-2282	32.5	91.8	2050	45.2
2	S	45.7	-50.0	100.0	-1722	-41.8	8.2	2050	45.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e\_sm - e\_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00129	0	0.500	24.0	70	0.00068 (0.00068)	423	0.290 (0.30)	-82515	0
2	S	-0.00097	0	0.500	24.0	70	0.00052 (0.00052)	423	0.218 (0.30)	80353	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	41.7	50.0	0.0	-1528	32.5	91.8	2050	45.2
2	S	21.5	-50.0	100.0	-844	-32.5	8.2	2050	45.2

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00086	0	0.500	24.0	70	0.00046 (0.00046)	423	0.194 (0.20)	-81175	0
2	S	-0.00047	0	0.500	24.0	70	0.00025 (0.00025)	423	0.107 (0.20)	79120	0

**VERIFICA A TAGLIO**

Per la verifica a taglio si considerano cavallotti  $\phi 20/100 \times 50$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE	
Base sezione: $b =$	1000 mm
Altezza sezione: $h =$	1000 mm
Copriferro: $c =$	50 mm
DATI ARMATURA	
<b>Armatura Longitudinale</b>	
Diametro armatura tesa =	24 mm
N° barre tese =	10
Diametro armatura compressa =	24 mm
N° barre compresse =	10
<b>Armatura Trasversale</b>	
Diametro armatura a Taglio (/ alla sezione) =	20 mm
Passo armatura a Taglio =	500 mm
N° bracci delle staffe =	2
Inclinazione staffe : $\alpha =$	90 °
Inclinazione puntone : $\theta =$	22 °

AZIONI	
$N_{Ed} =$	0.00 kN
$V =$	846.00 kN
$\gamma_{Rd} =$	1.00
$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{Rd} =$	846.00 kN

<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>	$V_{Rd}$	496.78 kN
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		OCCORRE ARMATURA A TAGLIO
<b>Resistenza sezioni armate a taglio</b>		
Resistenza per rottura armatura a taglio	$V_{Rsd}$	1040.07 kN
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$		
Resistenza per sezioni armate a taglio	$V_{Rcd}$	2355.93 kN
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$		SEZIONE VERIFICATA
$V_{RD} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$		1040.07 kN

### 9.21.3. Verifica piedritti

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: Piedritto

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	198.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	148.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.7	8.3	20
2	-41.7	81.7	20
3	41.7	81.7	20
4	41.7	8.3	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	20
2	4	1	8	20

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	167700	-93200	0	0	0
2	87700	-91500	0	0	0

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	117400	-65900	0
2	60800	-63700	0

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	109100	-58900 (-87240)	0 (0)
2	53500	-54600 (-72351)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	75200	-29700 (-103897)	0 (0)
2	38900	-23700 (-83105)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.3	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.3	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	167700	-93200	0	167703	-157281	0	1.69	31.4(18.0)
2	S	87700	-91500	0	87702	-128688	0	1.41	31.4(18.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.165	-50.0	0.0	0.00135	-41.7	8.3	-0.01766	-41.7	81.7
2	0.00350	0.130	-50.0	0.0	0.00077	-41.7	8.3	-0.02335	-41.7	81.7

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000258940	0.003500000	0.165	0.700
2	0.000000000	-0.000328608	0.003500000	0.130	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	52.2	-50.0	0.0	-317	32.4	81.7	----	----

2	S	45.1	-50.0	0.0	-386	32.4	81.7	---	---
---	---	------	-------	-----	------	------	------	-----	-----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	47.1	-50.0	0.0	-277	32.4	81.7	---	---
2	S	38.8	-50.0	0.0	-329	32.4	81.7	---	---

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00129	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.30)	-87240	0
2	S	-0.00097	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.30)	-72351	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	25.8	-50.0	0.0	-109	32.4	81.7	---	---
2	S	18.4	-50.0	0.0	-119	32.4	81.7	---	---

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00086	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-103897	0
2	S	-0.00047	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-83105	0

## VERIFICA A TAGLIO

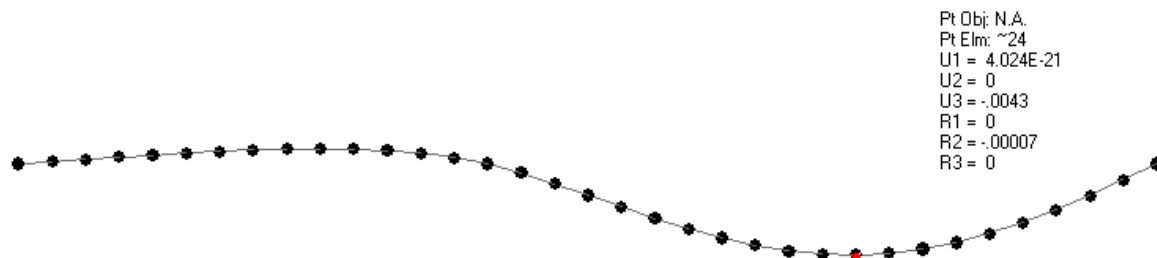
Per la verifica a taglio si considerano spille  $\phi 10/40 \times 20$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE	
Base sezione: $b =$	1000 mm
Altezza sezione: $h =$	900 mm
Copriferro: $c =$	50 mm
DATI ARMATURA	
Armatura Longitudinale	
Diametro armatura tesa =	20 mm
N° barre tese =	10
Diametro armatura compressa =	20 mm
N° barre compresse =	10
Armatura Trasversale	
Diametro armatura a Taglio (/ alla sezione) =	10 mm
Passo armatura a Taglio =	250 mm
N° bracci delle staffe =	3
Inclinazione staffe : $\alpha =$	90 °
Inclinazione puntone : $\theta =$	22 °

AZIONI	
$N_{Ed} =$	0.00 kN
$V =$	552.00 kN
$\gamma_{Rd} =$	1.00
$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{Rd} =$	552.00 kN

Resistenza sezioni non armate a taglio	$V_{Rd}$	415.83 kN
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		OCCORRE ARMATURA A TAGLIO
Resistenza sezioni armate a taglio		
Resistenza per rottura armatura a taglio	$V_{Rsd}$	697.94 kN
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$		
Resistenza per sezioni armate a taglio	$V_{Rcd}$	2107.94 kN
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$		SEZIONE VERIFICATA
$V_{RD} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$		697.94 kN

## 9.22. Verifica SLE di deformazione



Nella combinazione SLE, lo spostamento relativo in mezzeria espresso in m, come da grafico precedente è dato da: 0.43cm

Con riferimento alla “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” (rif. RFI-DTC-INC-PO-SP-IFS-001-A) 1.8.3.2.2.2 e 1.8.3.2.2.3, la deformata massima ammissibile è pari a  $L/1000 = 866/1000 = 0.86 \text{ cm} = 0.0086\text{m}$

La verifica è soddisfatta.



### 9.23. Verifica di capacita' portante fondazione

La fondazione dell'opera è posta a circa 8.0 metri da piano campagna, ed interesserà il terreno con le seguenti caratteristiche:

$$c' = 0 \text{ KPa}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/mc}$$

Nella tabella seguente sono riportate le sollecitazioni in corrispondenza dell'attacco tra piedritto e fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Si esegue la verifica nelle condizioni più gravose. Il valore massimo delle sollecitazioni vale:

		RISULTANTI NEL BARICENTRO AD INTRADOSSO FONDAZIONE		
		N	T	M
		kN	kN	kNm
	ENV SLU	-4011	386	-1584
	ENV SLU	-1908	972	3718
	ENV M2	-3065	565	-650
	ENV M2	-1910	1005	3690
	ENV SIS	-2184	483	-40
	ENV SIS	-1939	770	1458

La superficie sulla quale si considerano agenti tali azioni è pari alla lunghezza della fondazione di base, per 10m di profondità della stessa.

Ponendo quindi

$$B = 17 \text{ metri}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

Le verifiche risultano soddisfatte come mostrato nel seguito.

**COMB. SLU M1**

DATI			
<i>Carichi alla base della fondazione</i>			
<i>Grandezza</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>
Carico verticale	N	40115	kN
Momento flettente nel senso della larghezza	$M_B$	15840	kNm
Momento flettente nel senso della lunghezza	$M_L$	0	kNm
Carico orizzontale	H	-3859	kN
<i>Caratteristiche geometriche della fondazione</i>			
Larghezza della fondazione	B	17.00	m
Lunghezza della fondazione	L	10.00	m
Profondità della fondazione da p.c.	D	8.50	m
Eccentricità lungo la larghezza	$e_B$	0.39	m
Eccentricità lungo la lunghezza	$e_L$	0.00	m
Larghezza equivalente	$B'$	16.21	m
Lunghezza equivalente	$L'$	10.00	m
Inclinazione fondazione	$\alpha$	0.00	gradi
	$\alpha$	0.00	rad
<i>Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione</i>			
Peso naturale del terreno	$\gamma_n$	19.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dell'acqua	$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo del terreno	$\gamma_{sat}$	9.00	kN/m <sup>3</sup>
Coesione	$c'$	0.00	kPa
Pendenza p.c	$\omega$	0.00	gradi
	$\omega$	0.00	rad
Angolo di attrito terreno di fondazione	$\phi'$	35.00	gradi
	$\phi'$	0.61	rad
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione	$\tan\phi'$	0.70	
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione/M1	$\tan\phi' / M1$	0.70	
Angolo di attrito ridotto del terreno di fondazione	$\phi'_{rid}$	0.61	rad
	$\phi'_{rid}$	35.00	gradi

Formula trinomia			
	$k_p =$	3.69	
	$m =$	1.38	
Fattore capacità portante	$N_\gamma =$	<b>48.03</b>	
Fattori correttivi di forma	$s_\gamma =$	0.35	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_\gamma =$	1.24	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_\gamma =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_\gamma =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_c =$	<b>46.12</b>	
Fattore correttivo di forma	$s_c =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_c =$	1.14	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_c =$	1.14	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_c =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_c =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_q =$	<b>33.30</b>	
Contributo sovraccarico	$q' =$	161.50	
Fattori correttivi di forma	$s_q =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_q =$	1.13	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_q =$	1.14	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_q =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_q =$	1.00	
<b>Tensione sul terreno (kPa)</b>	$E_d =$	<b>247.46</b>	kPa
<b>termine 1 (<math>\gamma</math>):</b>		<b>3236.28</b>	kPa
<b>termine 2 (c):</b>		<b>0.00</b>	kPa
<b>termine 2 (q):</b>		<b>6920.03</b>	kPa
<b>Portanza limite caratteristica (kPa)</b>	$q_{lim} =$	<b>10156</b>	kPa
<b>Coefficiente <math>\gamma_R</math></b>		<b>1.00</b>	
<b>Portanza limite di progetto</b>	$R_d =$	<b>10156</b>	kPa
<b><math>R_d &gt; E_d</math></b>	<b>OK</b>	$R_d/E_d$	41.04

**COMB. SLU M2**

DATI			
<i>Carichi alla base della fondazione</i>			
<i>Grandezza</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>
Carico verticale	N	30650	kN
Momento flettente nel senso della larghezza	$M_B$	6500	kNm
Momento flettente nel senso della lunghezza	$M_L$	0	kNm
Carico orizzontale	H	-5650	kN
<i>Caratteristiche geometriche della fondazione</i>			
Larghezza della fondazione	B	17.00	m
Lunghezza della fondazione	L	10.00	m
Profondità della fondazione da p.c.	D	8.50	m
Eccentricità lungo la larghezza	$e_B$	0.21	m
Eccentricità lungo la lunghezza	$e_L$	0.00	m
Larghezza equivalente	$B'$	16.58	m
Lunghezza equivalente	$L'$	10.00	m
Inclinazione fondazione	$\alpha$	0.00	gradi
	$\alpha$	0.00	rad
<i>Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione</i>			
Peso naturale del terreno	$\gamma_n$	19	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dell'acqua	$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo del terreno	$\gamma_{sat}$	9.00	kN/m <sup>3</sup>
Coesione	$c'$	0.00	kPa
Pendenza p.c.	$\omega$	0.00	gradi
	$\omega$	0.00	rad
Angolo di attrito terreno di fondazione	$\phi'$	35.00	gradi
	$\phi'$	0.61	rad
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione	$\tan\phi'$	0.70	
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione/M1	$\tan\phi' / M2$	0.56	
Angolo di attrito ridotto del terreno di fondazione	$\phi'_{rid}$	0.51	rad
	$\phi'_{rid}$	29.26	gradi

Formula trinomia			
	$k_p =$	2.91	
	$m =$	1.38	
Fattore capacità portante	$N_\gamma =$	<b>20.08</b>	
Fattori correttivi di forma	$s_\gamma =$	0.34	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_\gamma =$	1.49	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_\gamma =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_\gamma =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_c =$	<b>28.42</b>	
Fattore correttivo di forma	$s_c =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_c =$	1.16	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_c =$	1.28	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_c =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_c =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_q =$	<b>16.92</b>	
Contributo sovraccarico	$q' =$	161.50	
Fattori correttivi di forma	$s_q =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_q =$	1.15	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_q =$	1.26	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_q =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_q =$	1.00	
<b>Tensione sul terreno (kPa)</b>	$E_d =$	<b>184.91</b>	kPa
<b>termine 1 (<math>\gamma</math>):</b>		<b>1592.57</b>	kPa
<b>termine 2 (c):</b>		<b>0.00</b>	kPa
<b>termine 2 (q):</b>		<b>3967.28</b>	kPa
<b>Portanza limite caratteristica (kPa)</b>	$q_{lim} =$	<b>5559.84</b>	kPa
<b>Coefficiente <math>\gamma_R</math></b>		<b>1.00</b>	
<b>Portanza limite di progetto</b>	$R_d =$	<b>5559.84</b>	kPa
<b><math>R_d &gt; E_d</math></b>	<b>OK</b>	$R_d/E_d$	30.07

**COMB. Sismica**

DATI			
Carichi alla base della fondazione			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Carico verticale	N	21837	kN
Momento flettente nel senso della larghezza	$M_B$	397	kNm
Momento flettente nel senso della lunghezza	$M_L$	0	kNm
Carico orizzontale	H	-4826	kN
Caratteristiche geometriche della fondazione			
Larghezza della fondazione	B	17.00	m
Lunghezza della fondazione	L	10.00	m
Profondità della fondazione da p.c.	D	8.50	m
Eccentricità lungo la larghezza	$e_B$	0.02	m
Eccentricità lungo la lunghezza	$e_L$	0.00	m
Larghezza equivalente	$B'$	16.96	m
Lunghezza equivalente	$L'$	10.00	m
Inclinazione fondazione	$\alpha$	0.00	gradi
	$\alpha$	0.00	rad
Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione			
Peso naturale del terreno	$\gamma_n$	19.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume dell'acqua	$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo del terreno	$\gamma_{sat}$	9.00	kN/m <sup>3</sup>
Coesione	$c'$	0.00	kPa
Pendenza p.c.	$\omega$	0.00	gradi
	$\omega$	0.00	rad
Angolo di attrito terreno di fondazione	$\phi'$	35.00	gradi
	$\phi'$	0.61	rad
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione	$\tan\phi'$	0.70	
Tangente dell'angolo di attrito terreno di fondazione/M1	$\tan\phi' / M1$	0.70	
Angolo di attrito ridotto del terreno di fondazione	$\phi'_{rid}$	0.61	rad
	$\phi'_{rid}$	35.00	gradi

Formula trinomia			
	$k_p =$	3.69	
	$k_h =$	0.03	
	$m =$	1.37	
Fattore capacità portante	$N_\gamma =$	48.03	
Fattori correttivi di forma	$s_\gamma =$	0.32	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_\gamma =$	1.61	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_\gamma =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_\gamma =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_c =$	46.12	
Fattore correttivo di forma	$s_c =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_c =$	1.13	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_c =$	1.32	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_c =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_c =$	1.00	
Fattore capacità portante	$N_q =$	33.30	
Contributo sovraccarico	$q' =$	161.50	
Fattori correttivi di forma	$s_q =$	1.00	
Fattore correttivo di forma	$d_q =$	1.13	
Fattore correttivo di inclinazione del carico	$i_q =$	1.31	
Fattore correttivo di inclinazione della fondazione	$b_q =$	1.00	
Fattore correttivo di inclinazione del piano campagna	$g_q =$	1.00	
<b>Coefficienti correttivi di Maugeri</b>			
	$B =$	4.49	
	$C =$	-4.04	
	$D =$	-0.052	
	$E =$	-0.18	
	$H =$	1.13	
	$I =$	-2.51	
	$h_{yf} =$	0.894	
	$h_{cf} =$	0.995	
	$h_{qf} =$	0.933	
Tensione sul terreno (kPa)	$E_d =$	128.73	kPa
termine 1 ( $\gamma$ ):		3571.71	kPa
termine 2 (c):		0.00	kPa
termine 2 (q):		7438.80	kPa
Portanza limite caratteristica (kPa)	$q_{lim} =$	11010.51	kPa
Coefficiente $\gamma_R$		1.00	
Portanza limite di progetto	$R_d =$	11010.51	kPa
$R_d > E_d$	OK	$R_d/E_d$	85.53

## 9.24. Verifica dei cedimenti

Data le condizioni al contorno per l'opera, che prevedono l'asimmetria delle spinte in gioco, si

	<b>RISULTANTE NEL BARICENTRO AD INTRADOSSO FONDAZIONE</b>
	<b>N</b>
	<b>kN</b>
<b>ENVSLerare</b>	<b>2824</b>

$$q = 2824 / (1.0\text{m} * 17.0\text{m}) = 166 \text{ kPa}$$

Si applica il metodo di Burland & Burbridge basato sui risultati delle prove dinamiche SPT.

L'espressione del calcolo del cedimento è la seguente:

$$s = K * q * B^{0.7}$$

con:

s = cedimento

q = sovraccarico indotto alla base della fondazione

B = larghezza della fondazione

K = fattore funzione della geometria della fondazione, del tempo e della reologia del terreno,

Vengono restituite le stime dei cedimenti immediati secondo 3 valori di confidenza: 50%, 67% e 98%.

L'andamento temporale dei cedimenti, stimato per un periodo di 100 anni, è rappresentato in maniera grafica nei grafici "Grafico 50%, Grafico 67% e Grafico 98% relativi ai 3 valori di confidenza.



L (m)	=	17.00	Input Dati
B (m)	=	17.00	
D (m)	=	6.00	
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	=	1.90	
H (m)	=	8.00	
N <sub>spt</sub>	=	55.00	
q (Kg/cm <sup>2</sup> )	=	1.66	
Carichi statici?	=	s	

Si <sub>50%</sub>	=	3.95	mm	Output
Si <sub>67%</sub>	=	7.25	mm	
Si <sub>98%</sub>	=	13.28	mm	