

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

## IDRAULICA DI SEDE - GENERALE

### Relazione di calcolo tombini ferroviari 4.5x1.5

SCALA:

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

N M 0 Z    2 0    D    2 6    C L    R I 0 0 0 3    0 0 1    A

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

ITALFERR - UD INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Sacchi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23172 Sez. A

File: NM0Z20D26CLRI0003001A

n. Elab.:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ALLEGATI</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>12</b>
	7.1 PESO PROPRIO .....	12
	7.2 PERMANENTI PORTATI .....	12
	7.3 SPINTA DEL TERRENO.....	13
	7.4 CARICHI MOBILI .....	13
	7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico.....	13
	7.4.2 Disposizione dei convogli.....	14
	7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI .....	16
	7.6 SERPEGGIO.....	17
	7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA.....	17
	7.8 VARIAZIONI TERMICHE.....	17
	7.9 AZIONI SISMICHE .....	17
	7.10RITIRO .....	19
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE</b> .....	<b>24</b>
	9.1 CRITERI DI VERIFICA.....	24
	9.2 VERIFICA SEZIONE 1: Soletta Inferiore_Nodo Piedritto .....	27
	9.2.1 Presso-Flessione.....	27
	9.2.2 Taglio .....	27
	9.2.3 Fessurazione.....	29
	9.3 VERIFICA SEZIONE 2: Soletta Inferiore_Mezzeria.....	31
	9.3.1 Presso-Flessione.....	31
	9.3.2 Taglio .....	31
	9.3.3 Fessurazione.....	33
	9.4 VERIFICA SEZIONE 3: Piedritto_ Nodo Soletta Superiore.....	35
	9.4.1 Presso-Flessione.....	35
	9.4.2 Taglio .....	43
	9.4.3 Fessurazione.....	44
	9.5 VERIFICA SEZIONE 6: Piedritto_ Nodo Soletta Inferiore .....	46
	9.5.1 Presso-Flessione.....	46

9.5.2	Taglio .....	55
9.5.3	Fessurazione.....	56
9.6	VERIFICA SEZIONE 4: Soletta Superiore_ Nodo Piedritto.....	58
9.6.1	Presso-Flessione.....	58
9.6.2	Taglio .....	67
9.6.3	Fessurazione.....	68
9.7	VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria .....	70
9.7.1	Presso-Flessione.....	70
9.7.2	Taglio .....	79
9.7.3	Fessurazione.....	80
9.8	RIEPILOGO VERIFICHE .....	82
<b>10</b>	<b>VERIFICHE LONGITUDINALI.....</b>	<b>86</b>

## 1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia; in prima fase il quadruplicamento interesserà il tratto di linea compreso fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele, per essere esteso in fase successiva fino a Pavia.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall’uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l’attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.

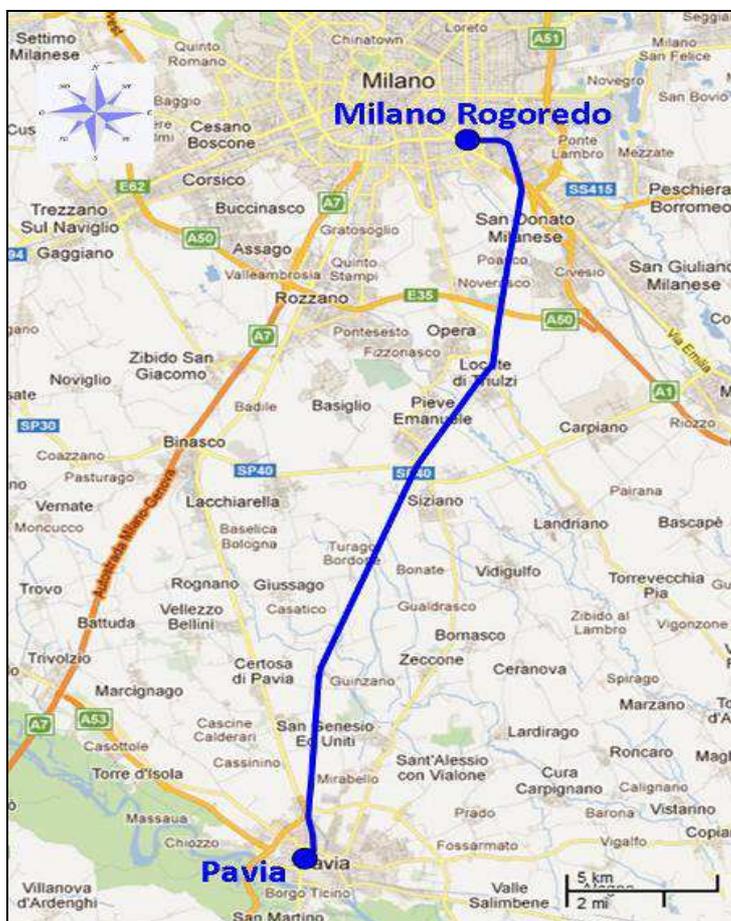


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei tombini di geometria 4.5x1.5m.

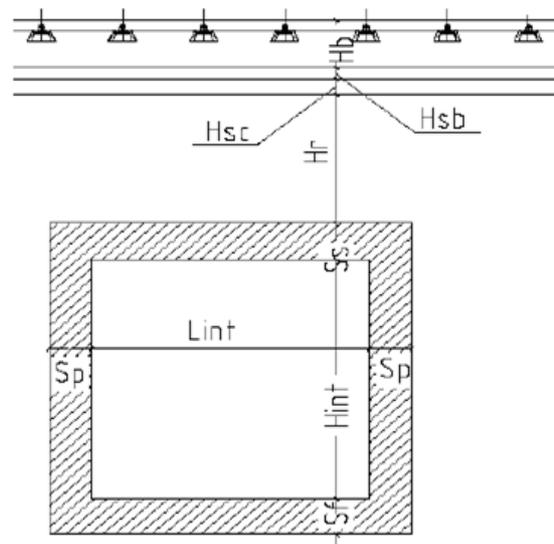
## 2 DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare, utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

I tombini saranno calcolati nell'ipotesi di minimo ricoprimento (pacchetto da 80cm), situazione che determina la condizione di carico più gravosa.

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	5.40	m
Altezza totale	Htot	2.40	m
Spessore soletta superiore	ss	0.45	m
Spessore piedritti	sp	0.45	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.45	m
Luce libera	Lint	4.50	m
Altezza libera	Hint	1.50	m

**Tabella 1**



**Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche**

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Si è tenuto conto della nuova zonazione sismica emanata tramite il D.M. 14.1.2008.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità  $\varnothing$  dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente = spessore piedritto /  $\cos \varnothing$ ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.



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

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	6 di 89

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A	FOGLIO 7 di 89

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

Riferimenti STI:

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;
- Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “energia” del sistema ferroviario dell’Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea;
- Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.



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

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	8 di 89

## 4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nei calcoli sono riportate nelle successive tabelle. Per il calcestruzzo, cautelativamente, si assume una classe di resistenza C28/35, a fronte della C30/37 con cui sarà realizzata l'opera.

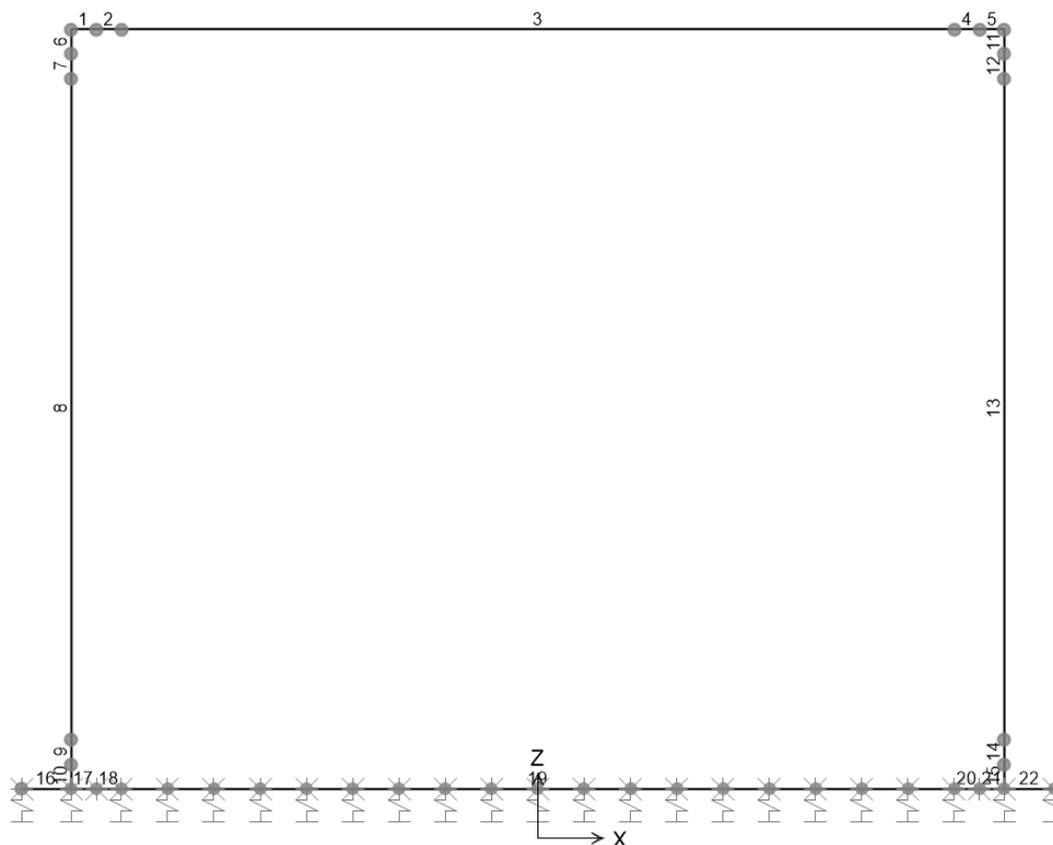
Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	35		Resistenza cubica caratteristica
fc <sub>m</sub>	36	MPa	Resistenza cilindrica media
ft <sub>m</sub>	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
ft <sub>k</sub>	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fc <sub>m</sub>	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
E <sub>cm</sub>	32308.2	MPa	Modulo Elastico
n Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
a <sub>DT</sub>	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
acc	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
g <sub>c</sub>	1.5		coeff. parziale di sicurezza
f <sub>cd</sub>	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
f <sub>ctd</sub>	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
st	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
SC limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
SC limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Acciaio Armature_B450C			
f <sub>ynom.</sub>	450	MPa	Tensione nominale di snervamento a trazione
f <sub>tnom.</sub>	540	MPa	Tensione nominale di rottura a trazione
f <sub>yk</sub>	450	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
E <sub>cm</sub>	206000	MPa	Modulo Elastico
g <sub>s</sub>	1.15		coeff. parziale di sicurezza
f <sub>yd</sub>	391.304	MPa	Resistenza di calcolo
SS limite	360	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Per la classe di esposizione del calcestruzzo, la consistenza e il rapporto acqua/cemento si faccia riferimento alle tabelle riportate negli elaborati grafici.

## 6 MODELLO DI CALCOLO

Nella figura seguente è riportato il modello di calcolo utilizzato per le analisi.



**Figura 6-1 - Modello di calcolo**

Per ottenere le sollecitazioni sulla struttura è stato realizzato un modello agli e.f. schematizzando la struttura mediante un telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Le caratteristiche geometriche delle membrature resistenti e le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzate nella modellazione sono riportate nel paragrafo 2. Per analizzare l'interazione con il terreno, la soletta inferiore è stata vincolata allo stesso mediante molle verticali.

Per la definizione delle precedenti costanti si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica forniti.

Cautelativamente, nei calcoli che seguono, si sono assunti i valori minimi di resistenza del terreno, riportati nella seguente tabella:

$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi' [^\circ]$		$\phi' [^\circ]$	$\phi' [^\circ]$	$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria terreno	$G_0$ [MPa]	
		max	min			laboratorio	scelto	max	min		max	min
19	15	30	24	23	23	46	6	347	137	C	235	37

**Tabella 6**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>												
Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NMOZ</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>11 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	11 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	11 di 89								

Per la valutazione del coefficiente di sottofondo è stata utilizzata la seguente espressione:

$$k=k_1 [(B+b)/(2B)]^2$$

dove:

-B è la larghezza della fondazione;

-b è 30 cm;

-  $k_1$  è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm<sup>3</sup>).

La rigidità delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

Il valore assunto per il coefficiente di sottofondo è riportato nella successiva tabella.

Coefficiente di Sottofondo			
valore limite di estremità	KESTR	16720	kN/m3
valore limite di mezzera	kMEZZ	8360	kN/m3

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Nei successivi paragrafi si riportano, sotto forma tabellare, i valori dei carichi caratteristici assunti nel calcolo nonché il nome dell' "Analysis Case" a cui il carico è associato.

### 7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a  $\rho_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	11.25	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	11.25	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	11.25	kN/m

Tabella 8

### 7.2 PERMANENTI PORTATI

Di seguito sono stati riassunti i valori dei carichi permanenti portati che competono la soletta superiore e inferiore:

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	g	18	kN/m <sup>3</sup>
Sub Ballast	g	20	kN/m <sup>3</sup>
Ricoprimento	g	20	kN/m <sup>3</sup>
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	g	25	kN/m <sup>3</sup>
<b>Permanenti totali (striscia di 1m)</b>		<b>14.75</b>	<b>kN/m</b>

Tabella 9

Permanente Portato soletta inf. Analysis Case: PERM			
Riempimento	g	25	kN/m <sup>3</sup>
Massetto	g	15	kN/m <sup>3</sup>
Pavimento	g	20	kN/m <sup>3</sup>
0	g	0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Permanenti totali (striscia di 1m)</b>		<b>0.00</b>	<b>kN/m</b>

Tabella 10

### 7.3 SPINTA DEL TERRENO

Una volta definito se la spinta sia prodotta dal rilevato ferroviario o dal terreno in sito non scavato (nel caso di scatolare completamente interrato) il calcolo della spinta è stato eseguito a partire dal coefficiente di spinta a riposo calcolato con la formula  $K_0 = 1 - \sin \alpha'$  dove  $\alpha'$  è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

Si assume una distribuzione lineare per l'andamento delle pressioni a tergo della parete. Nella successiva figura si riportano le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce il rinterro nonché il valore della pressione sul solettone superiore e inferiore.

N.B. in tale caso si assume che a spingere sia il terreno in sito.

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	f	23	°
Q.ta falda in esercizio	zw	2.40	m
Peso di Volume Efficace	g	9	kN/m <sup>3</sup>
Coeff. Di spinta a riposo	ko	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	10.22	kN/m <sup>2</sup>
Pressione in asse sol. inf.	PO	20.91	kN/m <sup>2</sup>

### 7.4 CARICHI MOBILI

#### 7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

Considerando una diffusione 4:1 nel ballast e 1:1 nel sub ballast, super compattato, rinterro e all'interno del c.l.s., si è ottenuta, arrivando fino all'asse della soletta superiore, la seguente larghezza di diffusione trasversale.

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.00	0
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.23	0.225
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.13	m

Nella precedente tabella si assume come larghezza di diffusione massima l'interasse tra i binari, in questo modo può essere considerato sempre il caso di singoli binari carichi.

Per il calcolo del coefficiente dinamico è stato applicato quanto è riportato al paragrafo 1.4.2 delle istruzioni per la progettazione ed esecuzione dei ponti ferroviari. In particolare per il calcolo della "luce caratteristica"  $L_{\square}$  si fa riferimento al Caso 5 della tabella 1.4.2.5.3-1 delle istruzioni. Si ipotizza uno standard manutentivo normale inoltre in funzione dell'altezza di ricoprimento il coefficiente di incremento dinamico è stato opportunamente ridotto.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

Il valore assunto per il coefficiente di incremento dinamico è riportato nelle successive tabelle.

#### 7.4.2 Disposizione dei convogli

I modelli di carico considerati per la struttura sono il treno di carico LM71 ed il treno SW/2.

Per entrambi i convogli sono state considerate le posizioni che massimizzano le sollecitazioni nei vari elementi costituenti la struttura (Cfr. figure seguenti)

Per il treno di carico LM71 è stato considerato il carico equivalente alle 4 forze concentrate di 250 kN pari a:

$$q_{eq, locomotore, LM71} = 250 \times 4 / 6.4 = 156.25 \text{ kN/m}$$

Tale carico è disposto su 6.4m (vedere schema seguente).

Per le zone non interessate dal locomotore è stato considerato un carico pari a:

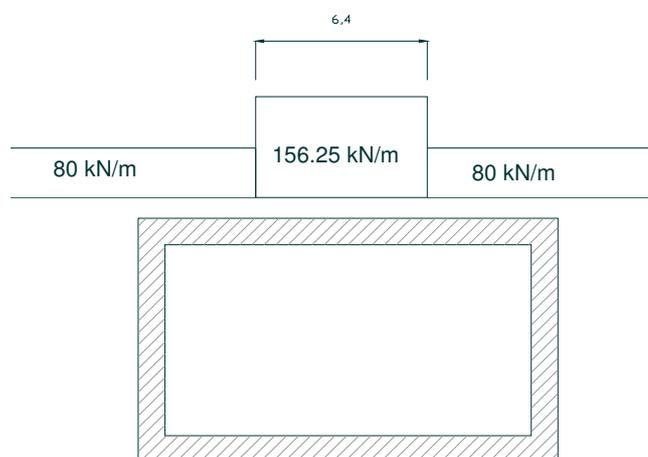
$$q_{LM71} = 80 \text{ kN/m}$$

Per il treno di carico SW2 si considerano due carichi distribuiti:

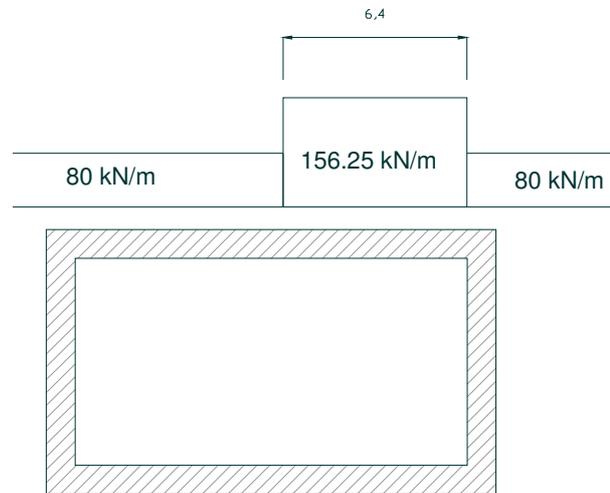
$$q_{sw2} = 150 \text{ kN/m}$$

entrambi distribuiti su 25 m e distanti tra loro di 7m.

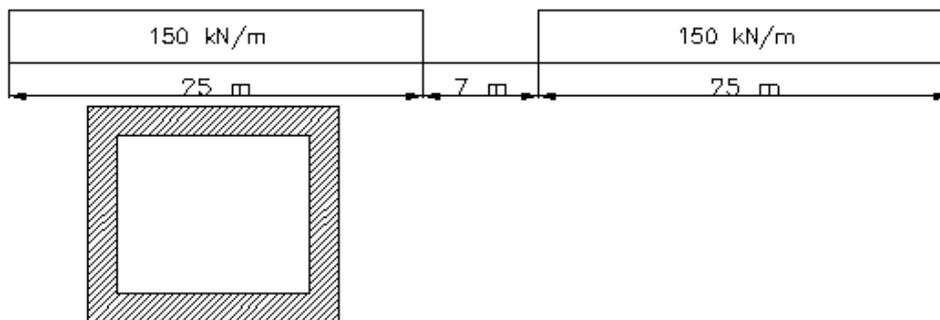
I carichi descritti sono stati ripartiti sulla larghezza di diffusione trasversale precedentemente calcolata e ad essi è stato applicato il coefficiente di adattamento  $\square$ .



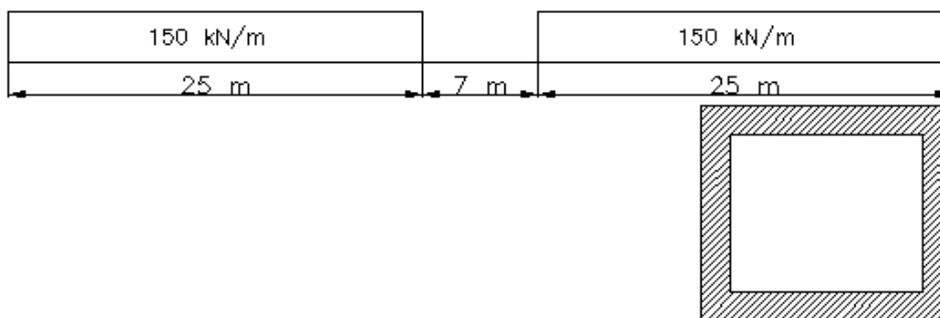
**Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)**



**Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)**



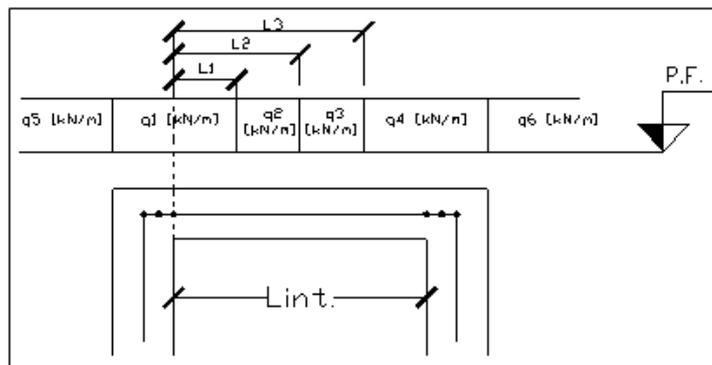
**Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)**



**Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)**

Nella successiva tabella e figura si indica, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, la discretizzazione del carico sul modello di calcolo.

Carico Variabile su solettone superiore			
Coefficiente di Adattamento	a	1	
Luce caratteristica	Lf	3.84	m
Coefficiente dinamico	F	1.35	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	1.125	m
	L2	2.25	m
	L3	3.375	m


**Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup**

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	64.80	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	64.80	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	64.80	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	64.80	kN/m

A favore di sicurezza si trascura la presenza del carico accidentale stradale sulla soletta inferiore.

## 7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI

Per il generico treno di carico è stata considerata la spinta sulle pareti sinistra/destra dovuta alla presenza del sovraccarico stesso. La spinta è congruente con il modello di carico assunto sul solettone superiore. Nella successiva tabella si riporta, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, l'intensità della spinta, avente diagramma rettangolare.

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.68	m
q5 ad estradosso soletta	q5	56.07	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	56.07	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	34.16	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	34.16	kN/m2

## 7.6 SERPEGGIO

L'azione indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata, applicata alla sommità della rotaia perpendicolare all'asse del binario. Il valore caratteristico di questa forza è pari a  $Q_{sk}=100$  KN.

L'adozione di un modello piano di analisi, ottenuto considerando una striscia unitaria parallela alla rotaia, giustifica l'aver trascurato tale sollecitazione poiché ortogonale all'asse del binario.

## 7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

Come prescritto si considera, per ogni treno, l'azione più gravosa tra avviamento e frenatura ripartita sulla larghezza di diffusione trasversale al piano medio della soletta superiore.

Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN			
Frenatura /Avviamento	ql_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	13.08	kN/m2

## 7.8 VARIAZIONI TERMICHE

È costituita da una variazione termica uniforme e da un gradiente lineare applicato al solo solettone superiore. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica. Nella successiva tabella si riportano i valori applicati al caso specifico.

Azioni Termiche Analysis Case: TEMP/TEMPFARF			
Var. di temperatura uniforme	DTunif	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	DTgrad	+/- 5	°C

## 7.9 AZIONI SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . In questo modo si definiscono le componenti inerziali verticali e orizzontali. Per i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali si usano le seguenti espressioni:

$$K_h = a_{max}/g \quad ; \quad K_v = \pm K_h$$

Definite vita nominale dell'opera e coefficiente d'uso è possibile, in base alla classificazione sismica del territorio nazionale fatta dal D.M. 14.01.2008, definire per il generico stato limite di verifica il parametro  $a_g$ .

Nelle successive tabelle si riportano i parametri necessari a definire l'azione sismica nonché l'intensità della stessa.

Carichi Sismici			
Vita Nominale dell'opera	VN	75	anni
Coefficiente D'uso	Cu	1.5	
Periodo di riferimento	VR	112.5	anni
Probabilità di Superamento Evento	PVR	10	
Periodo di Ritorno	TR	1068	anni
Acc. orizzontale di picco al sito	ag	0.069	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.637	
<i>CATEGORIA SOTTOSUOLO</i>		C	
<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i>		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
$amax = SS \times ST \times ag$	amax	0.1035	g

Gli effetti della azione sismica sono stati calcolati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  $G1+G2+0,2xQki$ .

Potendo assegnare un carico variabile da traffico non uniforme sul trasverso, anche l'azione sismica manterrà tale disuniformità. Di seguito si riportano le azioni sismiche orizzontali e verticali applicate su trasverso e piedritti.

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H			
Coefficiente Sismico Orizzontale	Kh	0.1035	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		38.96	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		38.96	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		38.96	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		38.96	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		4.0	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Lateralali</i>			
G1		11.25	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateralali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		1.2	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	<b>K<sub>v</sub></b>	0.05175	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq2		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq3		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq4		38.96	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x K <sub>v</sub>		2.0	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x K <sub>v</sub>		2.0	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x K <sub>v</sub>		2.0	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x K <sub>v</sub>		2.0	kN/m

Per completare l'azione sismica si definisce l'incremento di spinta delle terre sotto sisma. Questa è stata definita applicando la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$SE = (a_{max}/g) \times x \times H^2$$

Tale risultante è stata assunta come distribuita sull'altezza del piedritto e agente su uno solo dei due piedritti.

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	H <sub>tot</sub>	2.40	m
Peso di Volume	g	19	kN/m <sup>3</sup>
a <sub>max</sub> = SS x ST x a <sub>g</sub>	a <sub>max</sub>	0.1035	g
DSE = (a <sub>max</sub> /g) x g x H <sup>2</sup>	DSE	11.33	kN
Pressione Equivalente Uniforme: DSE / H		7.55	kN/m <sup>2</sup>

## 7.10 RITIRO

Gli effetti del ritiro trasversale sul solettone superiore sono stati modellati con una variazione termica equivalente applicata allo stesso.

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	20 di 89

<b>Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO</b>			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	ts	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h0	900	mm
Def. per ritiro da essiccamento	ecd(t)	0.000216	
Def. per ritiro autogeno	eca(t)	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	es(t,t0)	0.000261	
Var. Termica equivalente al ritiro	DTritiro	-6.3	°C

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono state effettuate secondo quanto prescritto dal D.M.14.01.2008 e dalle istruzioni ferroviarie.

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

ed  $E_x$  e  $E_y$  sono le componenti della azione sismica orizzontale e verticale.

Gli effetti dei carichi verticali, generati dalla presenza dei convogli, sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, utilizzando i coefficienti indicati in tabella. Per ogni gruppo di carico si definisce una azione dominante considerata per intero, per le altre azioni si assume una aliquota del valore caratteristico.

I gruppi, così come definiti, vanno applicati ad ogni treno di carico considerato per la verifica.

Gruppo di carico considerati	Verticali	Frenatura avviamento
Gruppo 1.1	1.0	0
Gruppo 3.1	1.0	1.0
Gruppo 3.2	0.5	1.0
Gruppo 4 (Fessurazione)	0.8	0.8

I gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come  $Q_{ki}$ . Queste sono combinate con i valori caratteristici delle azioni permanenti (portati e portanti), i carichi variabili non associati al traffico e alla azione sismica adottando i coefficienti di combinazione riportati nelle successive tabelle.

In questo modo si ottengono le sollecitazioni di progetto con cui effettuare le verifiche per lo stato limite considerato.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(2)</sup>	0,20 <sup>(2)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

In particolare per il calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione *A1 STR*.

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\Psi$  pari a 0.2 coerentemente all'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	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 neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

<i>Riepilogo Analysis Case Considerati</i>		
Peso Proprio elementi Strutturali	PP	<b>G1</b>
Permanenti portati (non strutturali)	PERM	<b>G2</b>
Spinta riempimento su piedritto sx	SPTERRA_sx	
Spinta riempimento su piedritto dx	SPTERRA_dx	
Spinta Idraulica in caso di falda	SPIDRAUL	
Ritiro	RITIRO	<b>P</b>
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1A	<b>Qtraffico</b>
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1B	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto sx	Q1AKOSX	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto dx	Q1AKODX	
Frenatura	FREN	
Variazione termica uniforme su solettone sup.	TEMP	<b>Qtemp.</b>
Gradiente termico su solettone sup.,inf. e su piedritti	TEMPFARF	
Incremento spinta sotto sisma su piedritto sx	DSe_sx	<b>E</b>
Incremento spinta sotto sisma su piedritto dx	DSe_dx	
Componente orizzontale azione sismica	Sis_H	
Componente verticale azione sismica	Sis_V	

I coefficienti di combinazione dei singoli carichi sono riportati nell'allegato A.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>												
Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMOZ</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003001</td> <td>A</td> <td>24 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	24 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	24 di 89								

## 9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

### 9.1 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza degli elementi in c.a. sono state condotte con il metodo degli Stati Limite. L'unità di misura adottata per le forze, momenti e tensioni saranno di volta in volta indicate.

#### COPRIFERRI ADOTTATO

$c=5.0$  cm

#### STAZIONI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza a flessione vengono eseguite nei nodi a  $\frac{1}{4}$  dello spessore dell'elemento (misurato a partire dal punto in cui convergono gli assi dei due frame), mentre a taglio e a fessurazione sul filo dell'elemento (ossia  $\frac{1}{2}$  dello spessore).

Nella successiva figura vengono rappresentate le sezioni dimensionate e verificate dello scatolare.



Figura 9-1 - Sezioni di verifica

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### **VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione**

La verifica secondo il metodo degli stati limite si basa sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-c.l.s.

Il controllo eseguito consiste nel verificare che lo stato di sollecitazione ( $N_{sd}$ ,  $M_{sd}$ ) sia interno alla frontiera del dominio di rottura della sezione tracciata nel piano Nrd-Mrd. Ciò viene fatto definendo due coefficienti di sicurezza o meglio due percorsi di carico che portano a rottura. Il primo è quello a sforzo normale  $N=N_{sd}$  costante il secondo è quello a rapporto  $M/N=M_{sd}/N_{sd}$  costante.

Il **coefficiente di sicurezza c.s.** rappresenta il rapporto tra la lunghezza del segmento che, per il fissato percorso di carico, collega l'origine del piano Nrd-Mrd ad un punto della frontiera e il segmento che, per lo stesso percorso, individua lo stato di sollecitazione applicato alla sezione.

La verifica è rispettata se  $c.s. \geq 1$ .

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

$\epsilon_{cu1}$	$\epsilon_{cu2}$
0.200%	0.350%

Acciaio:

$\epsilon_{ys}$	$\epsilon_{us}$	$\alpha_s$	$\epsilon_{ud}$
0.196%	1.000%	1	1.000%

### **VERIFICHE ALLO SLU: Taglio**

La resistenza a taglio  $V_{rd}$  è stata definita inizialmente pensando il generico elemento privo di armatura specifica a taglio. Qualora necessario ( $V_{rd} < V_{sd}$ ) è stata aggiunta l'apposita armatura e ricalcolato il  $V_{rd}$ . Si riporta di seguito uno stralcio del D.M.14.01.2008 in cui sono indicate le relazioni con cui la  $V_{rd}$  è stata definita.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove  $d$ ,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

$A_{sw}$	area dell'armatura trasversale;									
$s$	interasse tra due armature trasversali consecutive;									
$\alpha$	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;									
$f'_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );									
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	<table border="0"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>per membrature non compresse</td> </tr> <tr> <td><math>1 + \sigma_{cp}/f_{cd}</math></td> <td>per <math>0 \leq \sigma_{cp} &lt; 0,25 f_{cd}</math></td> </tr> <tr> <td>1,25</td> <td>per <math>0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}</math></td> </tr> <tr> <td><math>2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})</math></td> <td>per <math>0,5 f_{cd} &lt; \sigma_{cp} &lt; f_{cd}</math></td> </tr> </tbody> </table>	1	per membrature non compresse	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$	1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$	$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$
1	per membrature non compresse									
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$									
1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$									
$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$									

### VERIFICHE A FESSURAZIONE

Le verifiche a fessurazione sono state condotte utilizzando le espressioni riportate nella "Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C". In particolari sono stati assunti i seguenti coefficienti:

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$k_2 = 0,4$$

$$f_{ctk} = \sigma_t = 2,305 \text{ MPa}; \text{ tensione di trazione limite per la formazione delle fessure.}$$

La classe di esposizione dello scatolare rientra nelle condizioni ambientali aggressive inoltre l'opera è in c.a. ordinario si utilizza pertanto una armatura definita poco sensibile.

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

- Combinazione Rara;
- Armatura poco sensibile;
- Ambiente aggressivo.

Secondo quanto riportato nell'istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari l'ampiezza massima delle fessure deve essere inferiore a  $w_1 = 0,20\text{mm}$ .

Vengono riportate di seguito per ogni sezione i tabulati delle verifiche in resistenza condotte secondo quanto sopra specificato.

I valori delle resistenze di progetto di acciaio e c.l.s. assunte nei calcoli sono quelle riportate nel paragrafo relativo ai materiali.

## 9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE\_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	45

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.6
5	14	7.70	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

### 9.2.1 Presso-Flessione

Per come è stato modellato lo scatolare la sezione risulta per lo più inflessa. Si riportano quindi le verifiche per il valore max. e min. del momento flettente applicato. Inoltre in tale caso si ha un solo possibile percorso di carico.

Si riportano le caratteristiche della armatura e il tabulato delle verifiche:

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	246	310.2	<b>1.26</b>
2	0	13	310.2	<b>24.70</b>

### 9.2.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spille  $\phi$  12 /20x20).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\varnothing_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\varnothing_{inf}$	14	
Diametro ferro ortogonale	$\varnothing_{ferro\ ortogonale}$	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	12	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	565	mm <sup>2</sup>
ctg q	1	
ctg a	0	
z = 0.9d	338	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	VR <sub>cd_y</sub>	VR <sub>sd_y</sub>	VR <sub>d_y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	KN	KN	KN	
<i>G3_I_57</i>	<i>305.449</i>	<i>0</i>	<i>1353.03</i>	<i>374</i>	<i>377</i>	<i>1.234</i>

### 9.2.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>	
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-173	-169	0.13	160742	100	69	####	0.031	0.053	Verificato
2	Fessurata	-182	-169	0.13	160742	100	69	####	0.036	0.061	Verificato
3	Fessurata	-188	-169	0.13	160742	100	69	####	0.038	0.065	Verificato
4	Fessurata	-179	-169	0.13	160742	100	69	####	0.034	0.057	Verificato
5	Non fessurata	0	-49	0.13							
6	Non fessurata	0	-58	0.13							
7	Non fessurata	0	-64	0.13							
8	Non fessurata	0	-54	0.13							
9	Fessurata	-163	-169	0.13	160742	100	69	####	0.026	0.043	Verificato
#	Fessurata	-172	-169	0.13	160742	100	69	####	0.030	0.052	Verificato
#	Fessurata	-178	-169	0.13	160742	100	69	####	0.033	0.056	Verificato
#	Fessurata	-168	-169	0.13	160742	100	69	####	0.028	0.048	Verificato
#	Non fessurata	0	-38	0.13							
#	Non fessurata	0	-47	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-96	0.13							
#	Non fessurata	0	-105	0.13							
#	Non fessurata	0	-111	0.13							
#	Non fessurata	0	-101	0.13							
#	Non fessurata	0	-85	0.13							
#	Non fessurata	0	-95	0.13							
#	Non fessurata	0	-100	0.13							
#	Non fessurata	0	-91	0.13							
#	Non fessurata	0	-111	0.13							
#	Non fessurata	0	-120	0.13							
#	Non fessurata	0	-126	0.13							
#	Non fessurata	0	-116	0.13							
#	Non fessurata	0	-49	0.13							
#	Non fessurata	0	-58	0.13							
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Non fessurata	0	-54	0.13							
#	Non fessurata	0	-100	0.13							
#	Non fessurata	0	-110	0.13							
#	Non fessurata	0	-115	0.13							
#	Non fessurata	0	-106	0.13							
#	Non fessurata	0	-38	0.13							
#	Non fessurata	0	-47	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-72	0.13							

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	30 di 89

#	Non fessurata	0	-81	0.13							
#	Non fessurata	0	-87	0.13							
#	Non fessurata	0	-78	0.13							
#	Non fessurata	0	-62	0.13							
#	Non fessurata	0	-71	0.13							
#	Non fessurata	0	-77	0.13							
#	Non fessurata	0	-67	0.13							
#	Fessurata	-173	-169	0.13	160742	100	69	####	0.031	0.053	Verificato
#	Fessurata	-182	-169	0.13	160742	100	69	####	0.036	0.061	Verificato
#	Fessurata	-188	-169	0.13	160742	100	69	####	0.038	0.065	Verificato
#	Fessurata	-179	-169	0.13	160742	100	69	####	0.034	0.057	Verificato
#	Fessurata	-163	-169	0.13	160742	100	69	####	0.026	0.043	Verificato
#	Fessurata	-172	-169	0.13	160742	100	69	####	0.030	0.052	Verificato
#	Fessurata	-178	-169	0.13	160742	100	69	####	0.033	0.056	Verificato
#	Fessurata	-168	-169	0.13	160742	100	69	####	0.028	0.048	Verificato

### 9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE\_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	45

#### 9.3.1 Presso-Flessione

Analogamente alla sezione S1 si riportano le verifiche per i soli valori max e min. del momento flettente. Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	18	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
5	14	7.70	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-25	-310.2	<b>12.63</b>
2	0	-206	-310.2	<b>1.50</b>

#### 9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.



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

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	32 di 89

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	
<b><i>G3_1_1</i></b>	<b><i>28.271</i></b>	<b><i>0</i></b>	<b><i>0</i></b>	<b><i>166.8274</i></b>	<b><i>5.901</i></b>

### 9.3.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Fessurata	-180	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.034	0.058
2	Fessurata	-171	-169	0.125	160742	100	69	0.0004	0.030	0.051
3	Fessurata	-166	-169	0.125	160742	100	69	0.0004	0.027	0.046
4	Fessurata	-174	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.032	0.054
5	Non fessurata	0	-62	0.125						
6	Non fessurata	0	-54	0.125						
7	Non fessurata	0	-49	0.125						
8	Non fessurata	0	-57	0.125						
9	Fessurata	-189	-169	0.125	160742	100	69	0.0006	0.039	0.066
10	Fessurata	-181	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.035	0.059
11	Fessurata	-175	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.032	0.055
12	Fessurata	-184	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.036	0.062
13	Non fessurata	0	-72	0.125						
14	Non fessurata	0	-64	0.125						
15	Non fessurata	0	-58	0.125						
16	Non fessurata	0	-67	0.125						
17	Fessurata	-180	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.034	0.058
18	Fessurata	-171	-169	0.125	160742	100	69	0.0004	0.030	0.051
19	Fessurata	-166	-169	0.125	160742	100	69	0.0004	0.027	0.046
20	Fessurata	-174	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.032	0.054
21	Fessurata	-189	-169	0.125	160742	100	69	0.0006	0.039	0.066
22	Fessurata	-181	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.035	0.059
23	Fessurata	-175	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.032	0.055
24	Fessurata	-184	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.036	0.062
25	Non fessurata	0	-121	0.125						
26	Non fessurata	0	-112	0.125						
27	Non fessurata	0	-107	0.125						
28	Non fessurata	0	-116	0.125						
29	Non fessurata	0	-62	0.125						
30	Non fessurata	0	-54	0.125						
31	Non fessurata	0	-49	0.125						
32	Non fessurata	0	-57	0.125						
33	Non fessurata	0	-131	0.125						
34	Non fessurata	0	-122	0.125						
35	Non fessurata	0	-117	0.125						
36	Non fessurata	0	-125	0.125						
37	Non fessurata	0	-72	0.125						
38	Non fessurata	0	-64	0.125						
39	Non fessurata	0	-58	0.125						
40	Non fessurata	0	-67	0.125						
41	Non fessurata	0	-121	0.125						

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	34 di 89

42	Non fessurata	0	-112	0.125						
43	Non fessurata	0	-107	0.125						
44	Non fessurata	0	-116	0.125						
45	Non fessurata	0	-131	0.125						
46	Non fessurata	0	-122	0.125						
47	Non fessurata	0	-117	0.125						
48	Non fessurata	0	-125	0.125						
49	Fessurata	-180	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.034	0.058
50	Fessurata	-171	-169	0.125	160742	100	69	0.0004	0.030	0.051
51	Fessurata	-166	-169	0.125	160742	100	69	0.0004	0.027	0.046
52	Fessurata	-174	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.032	0.054
53	Fessurata	-189	-169	0.125	160742	100	69	0.0006	0.039	0.066
54	Fessurata	-181	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.035	0.059
55	Fessurata	-175	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.032	0.055
56	Fessurata	-184	-169	0.125	160742	100	69	0.0005	0.036	0.062

#### 9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO\_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	45

##### 9.4.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
5	14	7.70	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<u>N</u>	<u>M</u>	<u>Mu</u>	<u>CN<sub>=cost</sub></u>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	390	-210	-367.3	<b>1.752</b>
2	332	-178	-358.9	<b>2.012</b>
3	390	-185	-367.3	<b>1.986</b>
4	332	-154	-358.9	<b>2.335</b>
5	390	-197	-367.3	<b>1.868</b>
6	332	-165	-358.9	<b>2.170</b>
7	390	-221	-367.3	<b>1.660</b>
8	332	-190	-358.9	<b>1.889</b>
9	332	-183	-358.9	<b>1.965</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	36 di 89

10	332	-142	-358.9	<b>2.534</b>
11	332	-161	-358.9	<b>2.228</b>
12	332	-202	-358.9	<b>1.776</b>
13	390	-210	-367.3	<b>1.752</b>
14	99	-53	-324.9	<b>6.100</b>
15	390	-185	-367.3	<b>1.986</b>
16	99	-29	-324.9	<b>11.354</b>
17	390	-197	-367.3	<b>1.868</b>
18	99	-40	-324.9	<b>8.065</b>
19	390	-221	-367.3	<b>1.660</b>
20	99	-65	-324.9	<b>5.004</b>
21	99	-58	-324.9	<b>5.642</b>
22	99	-17	-324.9	<b>19.680</b>
23	99	-36	-324.9	<b>9.035</b>
24	99	-77	-324.9	<b>4.218</b>
25	390	-211	-367.3	<b>1.742</b>
26	332	-180	-358.9	<b>1.999</b>
27	390	-186	-367.3	<b>1.973</b>
28	332	-155	-358.9	<b>2.317</b>
29	390	-198	-367.3	<b>1.856</b>
30	332	-167	-358.9	<b>2.154</b>
31	390	-223	-367.3	<b>1.651</b>
32	332	-191	-358.9	<b>1.877</b>
33	332	-184	-358.9	<b>1.952</b>
34	332	-143	-358.9	<b>2.513</b>
35	332	-162	-358.9	<b>2.212</b>
36	332	-203	-358.9	<b>1.765</b>
37	390	-211	-367.3	<b>1.742</b>
38	99	-54	-324.9	<b>5.965</b>
39	390	-186	-367.3	<b>1.973</b>
40	99	-30	-324.9	<b>10.893</b>
41	390	-198	-367.3	<b>1.856</b>
42	99	-41	-324.9	<b>7.830</b>
43	390	-223	-367.3	<b>1.651</b>
44	99	-66	-324.9	<b>4.912</b>
45	99	-59	-324.9	<b>5.526</b>
46	99	-18	-324.9	<b>18.335</b>
47	99	-37	-324.9	<b>8.741</b>
48	99	-78	-324.9	<b>4.152</b>
49	69	-20	-320.4	<b>16.364</b>
50	69	-61	-320.4	<b>5.283</b>
51	69	-48	-320.4	<b>6.611</b>
52	69	-7	-320.4	<b>43.322</b>
53	370	-166	-364.4	<b>2.197</b>
54	316	-143	-356.6	<b>2.488</b>
55	370	-141	-364.4	<b>2.581</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	37 di 89

56	316	-119	-356.6	<b>3.004</b>
57	370	-153	-364.4	<b>2.384</b>
58	316	-130	-356.6	<b>2.735</b>
59	370	-178	-364.4	<b>2.053</b>
60	316	-155	-356.6	<b>2.300</b>
61	316	-148	-356.6	<b>2.415</b>
62	316	-107	-356.6	<b>3.345</b>
63	316	-126	-356.6	<b>2.829</b>
64	316	-167	-356.6	<b>2.134</b>
65	370	-166	-364.4	<b>2.197</b>
66	99	-53	-324.9	<b>6.100</b>
67	370	-141	-364.4	<b>2.581</b>
68	99	-29	-324.9	<b>11.354</b>
69	370	-153	-364.4	<b>2.384</b>
70	99	-40	-324.9	<b>8.065</b>
71	370	-178	-364.4	<b>2.053</b>
72	99	-65	-324.9	<b>5.004</b>
73	99	-58	-324.9	<b>5.642</b>
74	99	-17	-324.9	<b>19.680</b>
75	99	-36	-324.9	<b>9.035</b>
76	99	-77	-324.9	<b>4.218</b>
77	370	-167	-364.4	<b>2.181</b>
78	316	-145	-356.6	<b>2.467</b>
79	370	-142	-364.4	<b>2.559</b>
80	316	-120	-356.6	<b>2.974</b>
81	370	-154	-364.4	<b>2.365</b>
82	316	-132	-356.6	<b>2.710</b>
83	370	-179	-364.4	<b>2.039</b>
84	316	-156	-356.6	<b>2.283</b>
85	316	-149	-356.6	<b>2.395</b>
86	316	-108	-356.6	<b>3.308</b>
87	316	-127	-356.6	<b>2.802</b>
88	316	-168	-356.6	<b>2.118</b>
89	370	-167	-364.4	<b>2.181</b>
90	99	-54	-324.9	<b>5.965</b>
91	370	-142	-364.4	<b>2.559</b>
92	99	-30	-324.9	<b>10.893</b>
93	370	-154	-364.4	<b>2.365</b>
94	99	-41	-324.9	<b>7.830</b>
95	370	-179	-364.4	<b>2.039</b>
96	99	-66	-324.9	<b>4.912</b>
97	99	-59	-324.9	<b>5.526</b>
98	99	-18	-324.9	<b>18.335</b>
99	99	-37	-324.9	<b>8.741</b>
100	99	-78	-324.9	<b>4.152</b>
101	69	-20	-320.4	<b>16.364</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	38 di 89

102	69	-61	-320.4	<b>5.283</b>
103	69	-48	-320.4	<b>6.611</b>
104	69	-7	-320.4	<b>43.322</b>
105	410	-253	-370.2	<b>1.461</b>
106	347	-213	-361.2	<b>1.693</b>
107	410	-229	-370.2	<b>1.618</b>
108	347	-189	-361.2	<b>1.914</b>
109	410	-240	-370.2	<b>1.540</b>
110	347	-200	-361.2	<b>1.802</b>
111	410	-265	-370.2	<b>1.396</b>
112	347	-225	-361.2	<b>1.605</b>
113	347	-218	-361.2	<b>1.659</b>
114	347	-177	-361.2	<b>2.045</b>
115	347	-196	-361.2	<b>1.842</b>
116	347	-237	-361.2	<b>1.523</b>
117	410	-253	-370.2	<b>1.461</b>
118	115	-88	-327.2	<b>3.707</b>
119	410	-229	-370.2	<b>1.618</b>
120	115	-64	-327.2	<b>5.143</b>
121	410	-240	-370.2	<b>1.540</b>
122	115	-75	-327.2	<b>4.346</b>
123	410	-265	-370.2	<b>1.396</b>
124	115	-100	-327.2	<b>3.274</b>
125	115	-93	-327.2	<b>3.534</b>
126	115	-52	-327.2	<b>6.351</b>
127	115	-71	-327.2	<b>4.610</b>
128	115	-112	-327.2	<b>2.920</b>
129	410	-255	-370.2	<b>1.454</b>
130	347	-215	-361.2	<b>1.683</b>
131	410	-230	-370.2	<b>1.610</b>
132	347	-190	-361.2	<b>1.902</b>
133	410	-242	-370.2	<b>1.532</b>
134	347	-202	-361.2	<b>1.792</b>
135	410	-266	-370.2	<b>1.390</b>
136	347	-226	-361.2	<b>1.596</b>
137	347	-219	-361.2	<b>1.650</b>
138	347	-178	-361.2	<b>2.031</b>
139	347	-197	-361.2	<b>1.831</b>
140	347	-238	-361.2	<b>1.515</b>
141	410	-255	-370.2	<b>1.454</b>
142	115	-89	-327.2	<b>3.657</b>
143	410	-230	-370.2	<b>1.610</b>
144	115	-65	-327.2	<b>5.047</b>
145	410	-242	-370.2	<b>1.532</b>
146	115	-77	-327.2	<b>4.277</b>
147	410	-266	-370.2	<b>1.390</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	39 di 89

148	115	-101	-327.2	<b>3.235</b>
149	115	-94	-327.2	<b>3.488</b>
150	115	-53	-327.2	<b>6.205</b>
151	115	-72	-327.2	<b>4.533</b>
152	115	-113	-327.2	<b>2.889</b>
153	69	-20	-320.4	<b>16.364</b>
154	69	-61	-320.4	<b>5.283</b>
155	69	-48	-320.4	<b>6.611</b>
156	69	-7	-320.4	<b>43.322</b>
157	224	-88	-343.3	<b>3.916</b>
158	199	-81	-339.6	<b>4.204</b>
159	224	-63	-343.3	<b>5.447</b>
160	199	-56	-339.6	<b>6.049</b>
161	224	-75	-343.3	<b>4.596</b>
162	199	-68	-339.6	<b>5.008</b>
163	224	-99	-343.3	<b>3.456</b>
164	199	-92	-339.6	<b>3.673</b>
165	199	-85	-339.6	<b>3.990</b>
166	199	-44	-339.6	<b>7.712</b>
167	199	-63	-339.6	<b>5.349</b>
168	199	-105	-339.6	<b>3.248</b>
169	224	-88	-343.3	<b>3.916</b>
170	215	-116	-342.0	<b>2.953</b>
171	224	-63	-343.3	<b>5.447</b>
172	215	-91	-342.0	<b>3.751</b>
173	224	-75	-343.3	<b>4.596</b>
174	215	-103	-342.0	<b>3.325</b>
175	224	-99	-343.3	<b>3.456</b>
176	215	-127	-342.0	<b>2.683</b>
177	215	-120	-342.0	<b>2.847</b>
178	215	-79	-342.0	<b>4.325</b>
179	215	-99	-342.0	<b>3.471</b>
180	215	-140	-342.0	<b>2.450</b>
181	224	-89	-343.3	<b>3.863</b>
182	199	-82	-339.6	<b>4.142</b>
183	224	-64	-343.3	<b>5.344</b>
184	199	-57	-339.6	<b>5.921</b>
185	224	-76	-343.3	<b>4.523</b>
186	199	-69	-339.6	<b>4.920</b>
187	224	-101	-343.3	<b>3.414</b>
188	199	-94	-339.6	<b>3.626</b>
189	199	-86	-339.6	<b>3.934</b>
190	199	-45	-339.6	<b>7.505</b>
191	199	-65	-339.6	<b>5.249</b>
192	199	-106	-339.6	<b>3.211</b>
193	224	-89	-343.3	<b>3.863</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	40 di 89

194	215	-117	-342.0	<b>2.922</b>
195	224	-64	-343.3	<b>5.344</b>
196	215	-92	-342.0	<b>3.702</b>
197	224	-76	-343.3	<b>4.523</b>
198	215	-104	-342.0	<b>3.287</b>
199	224	-101	-343.3	<b>3.414</b>
200	215	-129	-342.0	<b>2.657</b>
201	215	-121	-342.0	<b>2.818</b>
202	215	-80	-342.0	<b>4.260</b>
203	215	-100	-342.0	<b>3.429</b>
204	215	-141	-342.0	<b>2.429</b>
205	69	-20	-320.4	<b>16.364</b>
206	69	-61	-320.4	<b>5.283</b>
207	69	-48	-320.4	<b>6.611</b>
208	69	-7	-320.4	<b>43.322</b>
209	264	-175	-349.1	<b>1.993</b>
210	231	-151	-344.3	<b>2.283</b>
211	264	-151	-349.1	<b>2.319</b>
212	231	-126	-344.3	<b>2.729</b>
213	264	-162	-349.1	<b>2.152</b>
214	231	-138	-344.3	<b>2.498</b>
215	264	-187	-349.1	<b>1.868</b>
216	231	-162	-344.3	<b>2.119</b>
217	231	-155	-344.3	<b>2.219</b>
218	231	-114	-344.3	<b>3.018</b>
219	231	-134	-344.3	<b>2.578</b>
220	231	-175	-344.3	<b>1.972</b>
221	264	-175	-349.1	<b>1.993</b>
222	231	-151	-344.3	<b>2.283</b>
223	264	-151	-349.1	<b>2.319</b>
224	231	-126	-344.3	<b>2.729</b>
225	264	-162	-349.1	<b>2.152</b>
226	231	-138	-344.3	<b>2.498</b>
227	264	-187	-349.1	<b>1.868</b>
228	231	-162	-344.3	<b>2.119</b>
229	231	-155	-344.3	<b>2.219</b>
230	231	-114	-344.3	<b>3.018</b>
231	231	-134	-344.3	<b>2.578</b>
232	231	-175	-344.3	<b>1.972</b>
233	264	-176	-349.1	<b>1.979</b>
234	231	-152	-344.3	<b>2.265</b>
235	264	-152	-349.1	<b>2.300</b>
236	231	-127	-344.3	<b>2.703</b>
237	264	-163	-349.1	<b>2.136</b>
238	231	-139	-344.3	<b>2.476</b>
239	264	-188	-349.1	<b>1.856</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	41 di 89

240	231	-164	-344.3	<b>2.103</b>
241	231	-156	-344.3	<b>2.202</b>
242	231	-115	-344.3	<b>2.986</b>
243	231	-135	-344.3	<b>2.555</b>
244	231	-176	-344.3	<b>1.958</b>
245	264	-176	-349.1	<b>1.979</b>
246	231	-152	-344.3	<b>2.265</b>
247	264	-152	-349.1	<b>2.300</b>
248	231	-127	-344.3	<b>2.703</b>
249	264	-163	-349.1	<b>2.136</b>
250	231	-139	-344.3	<b>2.476</b>
251	264	-188	-349.1	<b>1.856</b>
252	231	-164	-344.3	<b>2.103</b>
253	231	-156	-344.3	<b>2.202</b>
254	231	-115	-344.3	<b>2.986</b>
255	231	-135	-344.3	<b>2.555</b>
256	231	-176	-344.3	<b>1.958</b>
257	69	-20	-320.4	<b>16.364</b>
258	69	-61	-320.4	<b>5.283</b>
259	69	-48	-320.4	<b>6.611</b>
260	69	-7	-320.4	<b>43.322</b>
261	102	-43	-325.3	<b>7.516</b>
262	102	-30	-325.3	<b>10.993</b>
263	107	-55	-326.1	<b>5.891</b>
264	107	-42	-326.1	<b>7.826</b>
265	102	-36	-325.3	<b>9.017</b>
266	102	-50	-325.3	<b>6.536</b>
267	114	-72	-327.1	<b>4.544</b>
268	114	-58	-327.1	<b>5.610</b>
269	107	-48	-326.1	<b>6.773</b>
270	107	-62	-326.1	<b>5.273</b>
271	120	-84	-327.9	<b>3.901</b>
272	120	-70	-327.9	<b>4.659</b>
273	114	-65	-327.1	<b>5.049</b>
274	114	-78	-327.1	<b>4.168</b>
275	120	-77	-327.9	<b>4.266</b>
276	120	-91	-327.9	<b>3.621</b>
277	98	-41	-324.7	<b>7.838</b>
278	98	-28	-324.7	<b>11.705</b>
279	104	-54	-325.6	<b>6.084</b>
280	104	-40	-325.6	<b>8.176</b>
281	98	-34	-324.7	<b>9.488</b>
282	98	-48	-324.7	<b>6.777</b>
283	111	-70	-326.6	<b>4.656</b>
284	111	-56	-326.6	<b>5.785</b>
285	104	-46	-325.6	<b>7.031</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	42 di 89

286	104	-60	-325.6	<b>5.427</b>
287	116	-82	-327.4	<b>3.982</b>
288	116	-69	-327.4	<b>4.777</b>
289	111	-63	-326.6	<b>5.189</b>
290	111	-77	-326.6	<b>4.262</b>
291	116	-75	-327.4	<b>4.365</b>
292	116	-89	-327.4	<b>3.691</b>
293	110	-56	-326.5	<b>5.879</b>
294	110	-42	-326.5	<b>7.803</b>
295	116	-68	-327.3	<b>4.841</b>
296	116	-54	-327.3	<b>6.070</b>
297	110	-48	-326.5	<b>6.756</b>
298	110	-62	-326.5	<b>5.265</b>
299	114	-64	-327.1	<b>5.098</b>
300	114	-50	-327.1	<b>6.482</b>
301	116	-60	-327.3	<b>5.419</b>
302	116	-74	-327.3	<b>4.418</b>
303	119	-76	-327.9	<b>4.301</b>
304	119	-63	-327.9	<b>5.243</b>
305	114	-57	-327.1	<b>5.744</b>
306	114	-71	-327.1	<b>4.630</b>
307	119	-69	-327.9	<b>4.751</b>
308	119	-83	-327.9	<b>3.964</b>
309	99	-49	-324.8	<b>6.577</b>
310	99	-36	-324.8	<b>9.099</b>
311	104	-61	-325.6	<b>5.298</b>
312	104	-48	-325.6	<b>6.816</b>
313	99	-42	-324.8	<b>7.701</b>
314	99	-56	-324.8	<b>5.814</b>
315	102	-58	-325.4	<b>5.610</b>
316	102	-44	-325.4	<b>7.343</b>
317	104	-54	-325.6	<b>6.002</b>
318	104	-68	-325.6	<b>4.792</b>
319	108	-70	-326.2	<b>4.655</b>
320	108	-56	-326.2	<b>5.785</b>
321	102	-51	-325.4	<b>6.405</b>
322	102	-64	-325.4	<b>5.046</b>
323	108	-63	-326.2	<b>5.188</b>
324	108	-77	-326.2	<b>4.260</b>

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

### 9.4.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	14	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	0	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	0	
Passo Staffe	s	0	cm
Inclinazione del puntone	q	0	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	0	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm <sup>2</sup>
ctg q	#DIV/0!	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	341	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd_y</sub>	VR <sub>sd_y</sub>	VR <sub>d_y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_1_83</i>	<i>-114.958</i>	<i>411.314</i>	<i>0.914031</i>	<i>243.7062</i>				<i>2.120</i>

### 9.4.3 Fessurazione

	<i>Formazione fessure</i>	<i>ss</i> [MPa]	<i>ssr</i> [MPa]	<i>k3</i> [-]	<i>Aeff</i> [mm <sup>2</sup> ]	<i>s</i> [mm]	<i>srm</i> [mm]	<i>esm</i> [-]	<i>wm</i> [mm]	<i>wd</i> [mm]
1	Non fessurata	0	-96	0.125						
2	Non fessurata	0	-74	0.125						
3	Non fessurata	0	-85	0.125						
4	Non fessurata	0	-106	0.125						
5	Non fessurata	0	-36	0.125						
6	Non fessurata	0	-14	0.125						
7	Non fessurata	0	-25	0.125						
8	Non fessurata	0	-47	0.125						
9	Non fessurata	0	-103	0.125						
10	Non fessurata	0	-81	0.125						
11	Non fessurata	0	-92	0.125						
12	Non fessurata	0	-114	0.125						
13	Non fessurata	0	-43	0.125						
14	Non fessurata	0	-21	0.125						
15	Non fessurata	0	-32	0.125						
16	Non fessurata	0	-54	0.125						
17	Fessurata	-153	-146	0.125	143988	100	62	0.0004	0.026	0.044
18	Fessurata	-131	-143	0.125	141692	100	61	0.0003	0.016	0.027
19	Fessurata	-142	-144	0.125	142917	100	62	0.0003	0.021	0.036
20	Fessurata	-164	-147	0.125	144943	100	62	0.0005	0.031	0.052
21	Fessurata	-160	-147	0.125	144664	100	62	0.0005	0.029	0.049
22	Fessurata	-138	-144	0.125	142562	100	62	0.0003	0.020	0.033
23	Fessurata	-149	-145	0.125	143681	100	62	0.0004	0.024	0.041
24	Fessurata	-171	-148	0.125	145546	100	63	0.0005	0.034	0.057
25	Non fessurata	0	-65	0.125						
26	Non fessurata	0	-44	0.125						
27	Non fessurata	0	-55	0.125						
28	Non fessurata	0	-76	0.125						
29	Non fessurata	0	-36	0.125						
30	Non fessurata	0	-14	0.125						
31	Non fessurata	0	-25	0.125						
32	Non fessurata	0	-47	0.125						
33	Non fessurata	0	-73	0.125						
34	Non fessurata	0	-51	0.125						
35	Non fessurata	0	-62	0.125						
36	Non fessurata	0	-84	0.125						
37	Non fessurata	0	-43	0.125						
38	Non fessurata	0	-21	0.125						
39	Non fessurata	0	-32	0.125						
40	Non fessurata	0	-54	0.125						
41	Non fessurata	0	-94	0.125						
42	Non fessurata	0	-72	0.125						
43	Non fessurata	0	-83	0.125						
44	Non fessurata	0	-105	0.125						

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	45 di 89

45	Non fessurata	0	-102	0.125
46	Non fessurata	0	-80	0.125
47	Non fessurata	0	-91	0.125
48	Non fessurata	0	-113	0.125
49	Non fessurata	0	-96	0.125
50	Non fessurata	0	-74	0.125
51	Non fessurata	0	-85	0.125
52	Non fessurata	0	-106	0.125
53	Non fessurata	0	-103	0.125
54	Non fessurata	0	-81	0.125
55	Non fessurata	0	-92	0.125
56	Non fessurata	0	-114	0.125

## 9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO\_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<b><i>[cm]</i></b>	<b><i>[cm]</i></b>
100	45

### 9.5.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
5	16	10.05	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	368	-204	-390.3	<b>1.91</b>
2	320	-176	-383.3	<b>2.18</b>
3	368	-212	-390.3	<b>1.84</b>
4	320	-183	-383.3	<b>2.09</b>
5	368	-218	-390.3	<b>1.79</b>
6	320	-190	-383.3	<b>2.02</b>
7	368	-210	-390.3	<b>1.85</b>
8	320	-182	-383.3	<b>2.10</b>
9	320	-171	-383.3	<b>2.24</b>
10	320	-184	-383.3	<b>2.08</b>
11	320	-194	-383.3	<b>1.97</b>
12	320	-182	-383.3	<b>2.11</b>
13	368	-204	-390.3	<b>1.91</b>
14	125	-63	-355.1	<b>5.64</b>
15	368	-212	-390.3	<b>1.84</b>
16	125	-70	-355.1	<b>5.05</b>
17	368	-218	-390.3	<b>1.79</b>
18	125	-77	-355.1	<b>4.64</b>
19	368	-210	-390.3	<b>1.85</b>
20	125	-69	-355.1	<b>5.14</b>
21	125	-58	-355.1	<b>6.08</b>
22	125	-71	-355.1	<b>5.02</b>
23	125	-81	-355.1	<b>4.38</b>
24	125	-69	-355.1	<b>5.17</b>
25	368	-203	-390.3	<b>1.92</b>
26	320	-175	-383.3	<b>2.19</b>
27	368	-210	-390.3	<b>1.85</b>
28	320	-182	-383.3	<b>2.10</b>
29	368	-217	-390.3	<b>1.80</b>
30	320	-188	-383.3	<b>2.04</b>
31	368	-209	-390.3	<b>1.87</b>
32	320	-181	-383.3	<b>2.12</b>
33	320	-170	-383.3	<b>2.25</b>
34	320	-183	-383.3	<b>2.10</b>
35	320	-193	-383.3	<b>1.99</b>
36	320	-180	-383.3	<b>2.12</b>
37	368	-203	-390.3	<b>1.92</b>
38	125	-62	-355.1	<b>5.76</b>
39	368	-210	-390.3	<b>1.85</b>
40	125	-69	-355.1	<b>5.14</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	48 di 89

41	368	-217	-390.3	<b>1.80</b>
42	125	-75	-355.1	<b>4.72</b>
43	368	-209	-390.3	<b>1.87</b>
44	125	-68	-355.1	<b>5.24</b>
45	125	-57	-355.1	<b>6.21</b>
46	125	-70	-355.1	<b>5.11</b>
47	125	-80	-355.1	<b>4.45</b>
48	125	-67	-355.1	<b>5.27</b>
49	88	-62	-349.7	<b>5.60</b>
50	88	-50	-349.7	<b>6.99</b>
51	88	-32	-349.7	<b>10.87</b>
52	88	-45	-349.7	<b>7.85</b>
53	347	-246	-387.2	<b>1.57</b>
54	303	-210	-380.9	<b>1.82</b>
55	347	-254	-387.2	<b>1.53</b>
56	303	-217	-380.9	<b>1.76</b>
57	347	-260	-387.2	<b>1.49</b>
58	303	-223	-380.9	<b>1.71</b>
59	347	-252	-387.2	<b>1.53</b>
60	303	-216	-380.9	<b>1.77</b>
61	303	-205	-380.9	<b>1.86</b>
62	303	-217	-380.9	<b>1.75</b>
63	303	-228	-380.9	<b>1.67</b>
64	303	-215	-380.9	<b>1.77</b>
65	347	-246	-387.2	<b>1.57</b>
66	125	-63	-355.1	<b>5.64</b>
67	347	-254	-387.2	<b>1.53</b>
68	125	-70	-355.1	<b>5.05</b>
69	347	-260	-387.2	<b>1.49</b>
70	125	-77	-355.1	<b>4.64</b>
71	347	-252	-387.2	<b>1.53</b>
72	125	-69	-355.1	<b>5.14</b>
73	125	-58	-355.1	<b>6.08</b>
74	125	-71	-355.1	<b>5.02</b>
75	125	-81	-355.1	<b>4.38</b>
76	125	-69	-355.1	<b>5.17</b>
77	347	-245	-387.2	<b>1.58</b>
78	303	-208	-380.9	<b>1.83</b>
79	347	-252	-387.2	<b>1.53</b>
80	303	-216	-380.9	<b>1.77</b>
81	347	-259	-387.2	<b>1.50</b>
82	303	-222	-380.9	<b>1.72</b>
83	347	-251	-387.2	<b>1.54</b>
84	303	-214	-380.9	<b>1.78</b>
85	303	-204	-380.9	<b>1.87</b>
86	303	-216	-380.9	<b>1.76</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	49 di 89

87	303	-226	-380.9	<b>1.68</b>
88	303	-214	-380.9	<b>1.78</b>
89	347	-245	-387.2	<b>1.58</b>
90	125	-62	-355.1	<b>5.76</b>
91	347	-252	-387.2	<b>1.53</b>
92	125	-69	-355.1	<b>5.14</b>
93	347	-259	-387.2	<b>1.50</b>
94	125	-75	-355.1	<b>4.72</b>
95	347	-251	-387.2	<b>1.54</b>
96	125	-68	-355.1	<b>5.24</b>
97	125	-57	-355.1	<b>6.21</b>
98	125	-70	-355.1	<b>5.11</b>
99	125	-80	-355.1	<b>4.45</b>
100	125	-67	-355.1	<b>5.27</b>
101	88	-62	-349.7	<b>5.60</b>
102	88	-50	-349.7	<b>6.99</b>
103	88	-32	-349.7	<b>10.87</b>
104	88	-45	-349.7	<b>7.85</b>
105	389	-162	-393.3	<b>2.42</b>
106	337	-142	-385.7	<b>2.71</b>
107	389	-170	-393.3	<b>2.32</b>
108	337	-150	-385.7	<b>2.57</b>
109	389	-176	-393.3	<b>2.24</b>
110	337	-156	-385.7	<b>2.47</b>
111	389	-169	-393.3	<b>2.33</b>
112	337	-149	-385.7	<b>2.60</b>
113	337	-138	-385.7	<b>2.80</b>
114	337	-150	-385.7	<b>2.57</b>
115	337	-161	-385.7	<b>2.40</b>
116	337	-148	-385.7	<b>2.60</b>
117	389	-162	-393.3	<b>2.42</b>
118	142	-29	-357.6	<b>12.17</b>
119	389	-170	-393.3	<b>2.32</b>
120	142	-37	-357.6	<b>9.71</b>
121	389	-176	-393.3	<b>2.24</b>
122	142	-43	-357.6	<b>8.32</b>
123	389	-169	-393.3	<b>2.33</b>
124	142	-36	-357.6	<b>10.06</b>
125	142	-25	-357.6	<b>14.38</b>
126	142	-37	-357.6	<b>9.60</b>
127	142	-47	-357.6	<b>7.53</b>
128	142	-35	-357.6	<b>10.18</b>
129	389	-161	-393.3	<b>2.44</b>
130	337	-141	-385.7	<b>2.73</b>
131	389	-169	-393.3	<b>2.33</b>
132	337	-149	-385.7	<b>2.60</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	50 di 89

133	389	-175	-393.3	<b>2.25</b>
134	337	-155	-385.7	<b>2.49</b>
135	389	-167	-393.3	<b>2.35</b>
136	337	-147	-385.7	<b>2.62</b>
137	337	-137	-385.7	<b>2.82</b>
138	337	-149	-385.7	<b>2.59</b>
139	337	-159	-385.7	<b>2.42</b>
140	337	-147	-385.7	<b>2.63</b>
141	389	-161	-393.3	<b>2.44</b>
142	142	-28	-357.6	<b>12.72</b>
143	389	-169	-393.3	<b>2.33</b>
144	142	-36	-357.6	<b>10.06</b>
145	389	-175	-393.3	<b>2.25</b>
146	142	-42	-357.6	<b>8.57</b>
147	389	-167	-393.3	<b>2.35</b>
148	142	-34	-357.6	<b>10.43</b>
149	142	-24	-357.6	<b>15.16</b>
150	142	-36	-357.6	<b>9.94</b>
151	142	-46	-357.6	<b>7.73</b>
152	142	-34	-357.6	<b>10.56</b>
153	88	-62	-349.7	<b>5.60</b>
154	88	-50	-349.7	<b>6.99</b>
155	88	-32	-349.7	<b>10.87</b>
156	88	-45	-349.7	<b>7.85</b>
157	226	-176	-369.7	<b>2.11</b>
158	206	-153	-366.8	<b>2.40</b>
159	226	-183	-369.7	<b>2.02</b>
160	206	-160	-366.8	<b>2.29</b>
161	226	-189	-369.7	<b>1.95</b>
162	206	-167	-366.8	<b>2.20</b>
163	226	-182	-369.7	<b>2.03</b>
164	206	-159	-366.8	<b>2.30</b>
165	206	-148	-366.8	<b>2.47</b>
166	206	-161	-366.8	<b>2.28</b>
167	206	-171	-366.8	<b>2.14</b>
168	206	-159	-366.8	<b>2.31</b>
169	226	-176	-369.7	<b>2.11</b>
170	222	-119	-369.3	<b>3.09</b>
171	226	-183	-369.7	<b>2.02</b>
172	222	-127	-369.3	<b>2.91</b>
173	226	-189	-369.7	<b>1.95</b>
174	222	-133	-369.3	<b>2.78</b>
175	226	-182	-369.7	<b>2.03</b>
176	222	-126	-369.3	<b>2.94</b>
177	222	-115	-369.3	<b>3.21</b>
178	222	-127	-369.3	<b>2.90</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	51 di 89

179	222	-138	-369.3	<b>2.68</b>
180	222	-125	-369.3	<b>2.95</b>
181	226	-174	-369.7	<b>2.12</b>
182	206	-152	-366.8	<b>2.42</b>
183	226	-182	-369.7	<b>2.03</b>
184	206	-159	-366.8	<b>2.30</b>
185	226	-188	-369.7	<b>1.97</b>
186	206	-165	-366.8	<b>2.22</b>
187	226	-180	-369.7	<b>2.05</b>
188	206	-158	-366.8	<b>2.32</b>
189	206	-147	-366.8	<b>2.49</b>
190	206	-160	-366.8	<b>2.30</b>
191	206	-170	-366.8	<b>2.16</b>
192	206	-157	-366.8	<b>2.33</b>
193	226	-174	-369.7	<b>2.12</b>
194	222	-118	-369.3	<b>3.12</b>
195	226	-182	-369.7	<b>2.03</b>
196	222	-126	-369.3	<b>2.94</b>
197	226	-188	-369.7	<b>1.97</b>
198	222	-132	-369.3	<b>2.80</b>
199	226	-180	-369.7	<b>2.05</b>
200	222	-124	-369.3	<b>2.97</b>
201	222	-114	-369.3	<b>3.25</b>
202	222	-126	-369.3	<b>2.93</b>
203	222	-136	-369.3	<b>2.71</b>
204	222	-124	-369.3	<b>2.98</b>
205	88	-62	-349.7	<b>5.60</b>
206	88	-50	-349.7	<b>6.99</b>
207	88	-32	-349.7	<b>10.87</b>
208	88	-45	-349.7	<b>7.85</b>
209	268	-92	-375.8	<b>4.10</b>
210	239	-86	-371.7	<b>4.33</b>
211	268	-99	-375.8	<b>3.79</b>
212	239	-93	-371.7	<b>3.98</b>
213	268	-105	-375.8	<b>3.57</b>
214	239	-100	-371.7	<b>3.74</b>
215	268	-98	-375.8	<b>3.84</b>
216	239	-92	-371.7	<b>4.04</b>
217	239	-81	-371.7	<b>4.57</b>
218	239	-94	-371.7	<b>3.96</b>
219	239	-104	-371.7	<b>3.57</b>
220	239	-92	-371.7	<b>4.06</b>
221	268	-92	-375.8	<b>4.10</b>
222	239	-86	-371.7	<b>4.33</b>
223	268	-99	-375.8	<b>3.79</b>
224	239	-93	-371.7	<b>3.98</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	52 di 89

225	268	-105	-375.8	<b>3.57</b>
226	239	-100	-371.7	<b>3.74</b>
227	268	-98	-375.8	<b>3.84</b>
228	239	-92	-371.7	<b>4.04</b>
229	239	-81	-371.7	<b>4.57</b>
230	239	-94	-371.7	<b>3.96</b>
231	239	-104	-371.7	<b>3.57</b>
232	239	-92	-371.7	<b>4.06</b>
233	268	-90	-375.8	<b>4.16</b>
234	239	-85	-371.7	<b>4.39</b>
235	268	-98	-375.8	<b>3.84</b>
236	239	-92	-371.7	<b>4.04</b>
237	268	-104	-375.8	<b>3.61</b>
238	239	-98	-371.7	<b>3.78</b>
239	268	-97	-375.8	<b>3.89</b>
240	239	-91	-371.7	<b>4.09</b>
241	239	-80	-371.7	<b>4.64</b>
242	239	-93	-371.7	<b>4.02</b>
243	239	-103	-371.7	<b>3.62</b>
244	239	-90	-371.7	<b>4.11</b>
245	268	-90	-375.8	<b>4.16</b>
246	239	-85	-371.7	<b>4.39</b>
247	268	-98	-375.8	<b>3.84</b>
248	239	-92	-371.7	<b>4.04</b>
249	268	-104	-375.8	<b>3.61</b>
250	239	-98	-371.7	<b>3.78</b>
251	268	-97	-375.8	<b>3.89</b>
252	239	-91	-371.7	<b>4.09</b>
253	239	-80	-371.7	<b>4.64</b>
254	239	-93	-371.7	<b>4.02</b>
255	239	-103	-371.7	<b>3.62</b>
256	239	-90	-371.7	<b>4.11</b>
257	88	-62	-349.7	<b>5.60</b>
258	88	-50	-349.7	<b>6.99</b>
259	88	-32	-349.7	<b>10.87</b>
260	88	-45	-349.7	<b>7.85</b>
261	114	-79	-353.5	<b>4.48</b>
262	114	-83	-353.5	<b>4.26</b>
263	120	-67	-354.4	<b>5.26</b>
264	120	-71	-354.4	<b>4.96</b>
265	114	-86	-353.5	<b>4.09</b>
266	114	-82	-353.5	<b>4.29</b>
267	127	-53	-355.3	<b>6.76</b>
268	127	-57	-355.3	<b>6.27</b>
269	120	-75	-354.4	<b>4.73</b>
270	120	-71	-354.4	<b>5.01</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	53 di 89

271	133	-41	-356.2	<b>8.70</b>
272	133	-45	-356.2	<b>7.90</b>
273	127	-60	-355.3	<b>5.91</b>
274	127	-56	-355.3	<b>6.35</b>
275	133	-49	-356.2	<b>7.34</b>
276	133	-44	-356.2	<b>8.03</b>
277	111	-77	-353.0	<b>4.56</b>
278	111	-82	-353.0	<b>4.33</b>
279	117	-66	-353.9	<b>5.37</b>
280	117	-70	-353.9	<b>5.05</b>
281	111	-85	-353.0	<b>4.15</b>
282	111	-81	-353.0	<b>4.36</b>
283	123	-51	-354.8	<b>6.95</b>
284	123	-55	-354.8	<b>6.43</b>
285	117	-73	-353.9	<b>4.82</b>
286	117	-69	-353.9	<b>5.11</b>
287	129	-39	-355.7	<b>9.01</b>
288	129	-44	-355.7	<b>8.16</b>
289	123	-59	-354.8	<b>6.06</b>
290	123	-54	-354.8	<b>6.51</b>
291	129	-47	-355.7	<b>7.56</b>
292	129	-43	-355.7	<b>8.29</b>
293	123	-71	-354.7	<b>4.97</b>
294	123	-76	-354.7	<b>4.69</b>
295	128	-60	-355.6	<b>5.94</b>
296	128	-64	-355.6	<b>5.56</b>
297	123	-79	-354.7	<b>4.49</b>
298	123	-75	-354.7	<b>4.74</b>
299	126	-64	-355.2	<b>5.59</b>
300	126	-68	-355.2	<b>5.25</b>
301	128	-67	-355.6	<b>5.28</b>
302	128	-63	-355.6	<b>5.62</b>
303	132	-52	-356.1	<b>6.86</b>
304	132	-56	-356.1	<b>6.35</b>
305	126	-71	-355.2	<b>5.00</b>
306	126	-67	-355.2	<b>5.31</b>
307	132	-59	-356.1	<b>5.99</b>
308	132	-55	-356.1	<b>6.43</b>
309	112	-67	-353.1	<b>5.31</b>
310	112	-71	-353.1	<b>5.00</b>
311	117	-55	-354.0	<b>6.44</b>
312	117	-59	-354.0	<b>5.99</b>
313	112	-74	-353.1	<b>4.77</b>
314	112	-70	-353.1	<b>5.05</b>
315	115	-59	-353.6	<b>6.04</b>
316	115	-63	-353.6	<b>5.64</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	54 di 89

317	117	-62	-354.0	<b>5.67</b>
318	117	-58	-354.0	<b>6.07</b>
319	121	-47	-354.5	<b>7.54</b>
320	121	-51	-354.5	<b>6.93</b>
321	115	-66	-353.6	<b>5.35</b>
322	115	-62	-353.6	<b>5.70</b>
323	121	-55	-354.5	<b>6.50</b>
324	121	-50	-354.5	<b>7.03</b>

### 9.5.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	0	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	0	
Passo Staffe	s	0	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm <sup>2</sup>
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	338	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<b>G3_1_3</b>	<b>164.55</b>	<b>345.459</b>	<b>0.767687</b>	<b>240.0327</b>				<b>1.459</b>

### 9.5.3 Fessurazione

	<i>Formazione fessure</i>	<i>ss</i> [MPa]	<i>ssr</i> [MPa]	<i>k3</i> [-]	<i>Aeff</i> [mm <sup>2</sup> ]	<i>s</i> [mm]	<i>srm</i> [mm]	<i>esm</i> [-]	<i>wm</i> [mm]	<i>wd</i> [mm]	
1	Fessurata	-126	-115	0.125	148185	200	249	0.0004	0.091	0.154	Verificato
2	Fessurata	-130	-116	0.125	148550	200	249	0.0004	0.098	0.166	Verificato
3	Fessurata	-135	-116	0.125	148970	200	250	0.0004	0.106	0.181	Verificato
4	Fessurata	-131	-116	0.125	148629	200	249	0.0004	0.099	0.169	Verificato
5	Non fessurata	0	-34	0.125							
6	Non fessurata	0	-39	0.125							
7	Non fessurata	0	-44	0.125							
8	Non fessurata	0	-40	0.125							
9	Fessurata	-119	-114	0.125	147572	200	249	0.0003	0.080	0.135	Verificato
10	Fessurata	-123	-115	0.125	147972	200	249	0.0003	0.087	0.147	Verificato
11	Fessurata	-128	-116	0.125	148431	200	249	0.0004	0.095	0.162	Verificato
12	Fessurata	-124	-115	0.125	148058	200	249	0.0004	0.088	0.150	Verificato
13	Non fessurata	0	-28	0.125							
14	Non fessurata	0	-32	0.125							
15	Non fessurata	0	-37	0.125							
16	Non fessurata	0	-33	0.125							
17	Non fessurata	0	-73	0.125							
18	Non fessurata	0	-77	0.125							
19	Non fessurata	0	-82	0.125							
20	Non fessurata	0	-78	0.125							
21	Non fessurata	0	-66	0.125							
22	Non fessurata	0	-71	0.125							
23	Non fessurata	0	-76	0.125							
24	Non fessurata	0	-72	0.125							
25	Non fessurata	0	-80	0.125							
26	Non fessurata	0	-84	0.125							
27	Non fessurata	0	-89	0.125							
28	Non fessurata	0	-85	0.125							
29	Non fessurata	0	-34	0.125							
30	Non fessurata	0	-39	0.125							
31	Non fessurata	0	-44	0.125							
32	Non fessurata	0	-40	0.125							
33	Non fessurata	0	-73	0.125							
34	Non fessurata	0	-78	0.125							
35	Non fessurata	0	-83	0.125							
36	Non fessurata	0	-78	0.125							
37	Non fessurata	0	-28	0.125							
38	Non fessurata	0	-32	0.125							
39	Non fessurata	0	-37	0.125							
40	Non fessurata	0	-33	0.125							
41	Non fessurata	0	-54	0.125							

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	57 di 89

42	Non fessurata	0	-58	0.125							
43	Non fessurata	0	-63	0.125							
44	Non fessurata	0	-59	0.125							
45	Non fessurata	0	-47	0.125							
46	Non fessurata	0	-51	0.125							
47	Non fessurata	0	-56	0.125							
48	Non fessurata	0	-52	0.125							
49	Fessurata	-126	-115	0.125	148185	200	249	0.0004	0.091	0.154	Verificato
50	Fessurata	-130	-116	0.125	148550	200	249	0.0004	0.098	0.166	Verificato
51	Fessurata	-135	-116	0.125	148970	200	250	0.0004	0.106	0.181	Verificato
52	Fessurata	-131	-116	0.125	148629	200	249	0.0004	0.099	0.169	Verificato
53	Fessurata	-119	-114	0.125	147572	200	249	0.0003	0.080	0.135	Verificato
54	Fessurata	-123	-115	0.125	147972	200	249	0.0003	0.087	0.147	Verificato
55	Fessurata	-128	-116	0.125	148431	200	249	0.0004	0.095	0.162	Verificato
56	Fessurata	-124	-115	0.125	148058	200	249	0.0004	0.088	0.150	Verificato

## 9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE\_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	45

### 9.6.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni di carico più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.8
2.5	16	5.03	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	86	-180	-291.9	<b>1.62</b>
2	75	-153	-290.3	<b>1.89</b>
3	68	-154	-289.2	<b>1.88</b>
4	56	-127	-287.5	<b>2.27</b>
5	71	-166	-289.6	<b>1.75</b>
6	60	-139	-288.0	<b>2.08</b>
7	89	-192	-292.4	<b>1.52</b>
8	78	-165	-290.7	<b>1.76</b>
9	80	-158	-291.0	<b>1.84</b>
10	49	-114	-286.4	<b>2.52</b>
11	54	-134	-287.2	<b>2.15</b>
12	85	-178	-291.8	<b>1.64</b>
13	86	-180	-291.9	<b>1.62</b>
14	30	-46	-283.7	<b>6.15</b>
15	68	-154	-289.2	<b>1.88</b>
16	12	-19	-280.9	<b>14.49</b>
17	71	-166	-289.6	<b>1.75</b>
18	15	-31	-281.4	<b>8.96</b>
19	89	-192	-292.4	<b>1.52</b>
20	33	-58	-284.1	<b>4.89</b>
21	35	-51	-284.4	<b>5.57</b>
22	4	-6	-279.8	<b>43.31</b>
23	10	-27	-280.6	<b>10.59</b>
24	41	-71	-285.2	<b>4.01</b>
25	88	-182	-292.1	<b>1.61</b>
26	76	-155	-290.5	<b>1.88</b>
27	69	-155	-289.4	<b>1.87</b>
28	58	-128	-287.7	<b>2.25</b>
29	72	-167	-289.8	<b>1.74</b>
30	61	-140	-288.2	<b>2.06</b>
31	91	-194	-292.6	<b>1.51</b>
32	80	-167	-290.9	<b>1.74</b>
33	82	-160	-291.2	<b>1.82</b>
34	51	-115	-286.7	<b>2.49</b>
35	56	-135	-287.4	<b>2.13</b>
36	87	-180	-292.0	<b>1.62</b>
37	88	-182	-292.1	<b>1.61</b>
38	32	-47	-283.9	<b>5.98</b>
39	69	-155	-289.4	<b>1.87</b>
40	13	-21	-281.1	<b>13.54</b>
41	72	-167	-289.8	<b>1.74</b>
42	16	-33	-281.6	<b>8.59</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	60 di 89

43	91	-194	-292.6	<b>1.51</b>
44	35	-60	-284.3	<b>4.78</b>
45	37	-52	-284.6	<b>5.43</b>
46	6	-8	-280.0	<b>35.75</b>
47	11	-28	-280.8	<b>10.07</b>
48	42	-72	-285.4	<b>3.94</b>
49	-1	-12	-279.1	<b>22.98</b>
50	30	-57	-283.6	<b>5.00</b>
51	33	-45	-284.1	<b>6.33</b>
52	2	0	-279.5	<b>849.15</b>
53	44	-133	-285.7	<b>2.14</b>
54	41	-116	-285.3	<b>2.46</b>
55	25	-107	-282.9	<b>2.66</b>
56	23	-89	-282.5	<b>3.17</b>
57	28	-119	-283.4	<b>2.39</b>
58	26	-101	-283.0	<b>2.80</b>
59	47	-145	-286.1	<b>1.97</b>
60	44	-128	-285.7	<b>2.23</b>
61	46	-121	-286.0	<b>2.37</b>
62	15	-76	-281.5	<b>3.69</b>
63	21	-96	-282.2	<b>2.93</b>
64	52	-141	-286.8	<b>2.04</b>
65	44	-133	-285.7	<b>2.14</b>
66	30	-46	-283.7	<b>6.15</b>
67	25	-107	-282.9	<b>2.66</b>
68	12	-19	-280.9	<b>14.49</b>
69	28	-119	-283.4	<b>2.39</b>
70	15	-31	-281.4	<b>8.96</b>
71	47	-145	-286.1	<b>1.97</b>
72	33	-58	-284.1	<b>4.89</b>
73	35	-51	-284.4	<b>5.57</b>
74	4	-6	-279.8	<b>43.31</b>
75	10	-27	-280.6	<b>10.59</b>
76	41	-71	-285.2	<b>4.01</b>
77	45	-135	-285.9	<b>2.12</b>
78	43	-117	-285.5	<b>2.44</b>
79	27	-108	-283.1	<b>2.62</b>
80	24	-90	-282.7	<b>3.13</b>
81	30	-120	-283.6	<b>2.36</b>
82	27	-103	-283.2	<b>2.76</b>
83	48	-147	-286.4	<b>1.95</b>
84	46	-129	-286.0	<b>2.21</b>
85	48	-122	-286.2	<b>2.34</b>
86	17	-78	-281.7	<b>3.63</b>
87	22	-98	-282.5	<b>2.89</b>
88	53	-142	-287.0	<b>2.02</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	61 di 89

89	45	-135	-285.9	<b>2.12</b>
90	32	-47	-283.9	<b>5.98</b>
91	27	-108	-283.1	<b>2.62</b>
92	13	-21	-281.1	<b>13.54</b>
93	30	-120	-283.6	<b>2.36</b>
94	16	-33	-281.6	<b>8.59</b>
95	48	-147	-286.4	<b>1.95</b>
96	35	-60	-284.3	<b>4.78</b>
97	37	-52	-284.6	<b>5.43</b>
98	6	-8	-280.0	<b>35.75</b>
99	11	-28	-280.8	<b>10.07</b>
100	42	-72	-285.4	<b>3.94</b>
101	-1	-12	-279.1	<b>22.98</b>
102	30	-57	-283.6	<b>5.00</b>
103	33	-45	-284.1	<b>6.33</b>
104	2	0	-279.5	<b>849.15</b>
105	128	-227	-298.1	<b>1.31</b>
106	109	-191	-295.2	<b>1.55</b>
107	110	-200	-295.4	<b>1.47</b>
108	90	-164	-292.5	<b>1.78</b>
109	113	-213	-295.9	<b>1.39</b>
110	93	-176	-293.0	<b>1.66</b>
111	132	-239	-298.6	<b>1.25</b>
112	112	-203	-295.7	<b>1.46</b>
113	114	-196	-296.0	<b>1.51</b>
114	83	-151	-291.4	<b>1.93</b>
115	88	-171	-292.2	<b>1.71</b>
116	119	-216	-296.8	<b>1.37</b>
117	128	-227	-298.1	<b>1.31</b>
118	64	-84	-288.6	<b>3.45</b>
119	110	-200	-295.4	<b>1.47</b>
120	45	-57	-285.9	<b>5.02</b>
121	113	-213	-295.9	<b>1.39</b>
122	49	-69	-286.4	<b>4.15</b>
123	132	-239	-298.6	<b>1.25</b>
124	67	-96	-289.1	<b>3.02</b>
125	69	-89	-289.4	<b>3.27</b>
126	38	-44	-284.8	<b>6.47</b>
127	43	-64	-285.6	<b>4.46</b>
128	74	-109	-290.2	<b>2.67</b>
129	130	-229	-298.3	<b>1.31</b>
130	110	-192	-295.4	<b>1.54</b>
131	111	-202	-295.6	<b>1.46</b>
132	92	-166	-292.7	<b>1.77</b>
133	114	-214	-296.1	<b>1.38</b>
134	95	-178	-293.2	<b>1.65</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	62 di 89

135	133	-241	-298.8	<b>1.24</b>
136	113	-204	-295.9	<b>1.45</b>
137	115	-197	-296.2	<b>1.50</b>
138	84	-153	-291.6	<b>1.91</b>
139	90	-173	-292.4	<b>1.69</b>
140	121	-217	-297.0	<b>1.37</b>
141	130	-229	-298.3	<b>1.31</b>
142	65	-85	-288.9	<b>3.40</b>
143	111	-202	-295.6	<b>1.46</b>
144	47	-58	-286.1	<b>4.91</b>
145	114	-214	-296.1	<b>1.38</b>
146	50	-70	-286.6	<b>4.07</b>
147	133	-241	-298.8	<b>1.24</b>
148	69	-97	-289.3	<b>2.98</b>
149	71	-90	-289.6	<b>3.22</b>
150	40	-45	-285.0	<b>6.28</b>
151	45	-65	-285.8	<b>4.37</b>
152	76	-110	-290.4	<b>2.64</b>
153	-1	-12	-279.1	<b>22.98</b>
154	30	-57	-283.6	<b>5.00</b>
155	33	-45	-284.1	<b>6.33</b>
156	2	0	-279.5	<b>849.15</b>
157	16	-66	-281.5	<b>4.25</b>
158	19	-62	-282.0	<b>4.53</b>
159	-3	-39	-278.8	<b>7.06</b>
160	0	-35	-279.2	<b>7.88</b>
161	0	-52	-279.3	<b>5.42</b>
162	3	-47	-279.7	<b>5.89</b>
163	19	-78	-282.0	<b>3.60</b>
164	22	-74	-282.4	<b>3.81</b>
165	24	-67	-282.7	<b>4.21</b>
166	-7	-23	-278.1	<b>12.34</b>
167	-2	-43	-278.9	<b>6.55</b>
168	29	-87	-283.5	<b>3.25</b>
169	16	-66	-281.5	<b>4.25</b>
170	53	-100	-287.0	<b>2.88</b>
171	-3	-39	-278.8	<b>7.06</b>
172	34	-73	-284.2	<b>3.89</b>
173	0	-52	-279.3	<b>5.42</b>
174	37	-85	-284.7	<b>3.35</b>
175	19	-78	-282.0	<b>3.60</b>
176	56	-112	-287.4	<b>2.57</b>
177	58	-105	-287.7	<b>2.75</b>
178	27	-60	-283.1	<b>4.71</b>
179	32	-80	-283.9	<b>3.54</b>
180	63	-125	-288.5	<b>2.31</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	63 di 89

181	17	-68	-281.8	<b>4.17</b>
182	20	-64	-282.2	<b>4.44</b>
183	-1	-41	-279.0	<b>6.83</b>
184	2	-37	-279.4	<b>7.59</b>
185	2	-53	-279.5	<b>5.29</b>
186	5	-49	-279.9	<b>5.73</b>
187	21	-80	-282.2	<b>3.55</b>
188	23	-76	-282.7	<b>3.74</b>
189	25	-68	-282.9	<b>4.13</b>
190	-6	-24	-278.4	<b>11.64</b>
191	0	-44	-279.1	<b>6.35</b>
192	31	-89	-283.7	<b>3.21</b>
193	17	-68	-281.8	<b>4.17</b>
194	54	-101	-287.2	<b>2.84</b>
195	-1	-41	-279.0	<b>6.83</b>
196	35	-74	-284.4	<b>3.82</b>
197	2	-53	-279.5	<b>5.29</b>
198	39	-86	-284.9	<b>3.30</b>
199	21	-80	-282.2	<b>3.55</b>
200	57	-113	-287.6	<b>2.54</b>
201	59	-106	-287.9	<b>2.72</b>
202	28	-61	-283.4	<b>4.61</b>
203	33	-82	-284.1	<b>3.49</b>
204	64	-126	-288.7	<b>2.29</b>
205	-1	-12	-279.1	<b>22.98</b>
206	30	-57	-283.6	<b>5.00</b>
207	33	-45	-284.1	<b>6.33</b>
208	2	0	-279.5	<b>849.15</b>
209	100	-160	-294.0	<b>1.84</b>
210	86	-137	-291.9	<b>2.13</b>
211	82	-133	-291.3	<b>2.18</b>
212	68	-111	-289.2	<b>2.61</b>
213	85	-145	-291.7	<b>2.01</b>
214	71	-123	-289.7	<b>2.36</b>
215	104	-172	-294.5	<b>1.71</b>
216	90	-149	-292.4	<b>1.96</b>
217	91	-142	-292.7	<b>2.06</b>
218	61	-98	-288.1	<b>2.95</b>
219	66	-118	-288.9	<b>2.45</b>
220	97	-162	-293.5	<b>1.81</b>
221	100	-160	-294.0	<b>1.84</b>
222	86	-137	-291.9	<b>2.13</b>
223	82	-133	-291.3	<b>2.18</b>
224	68	-111	-289.2	<b>2.61</b>
225	85	-145	-291.7	<b>2.01</b>
226	71	-123	-289.7	<b>2.36</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	64 di 89

227	104	-172	-294.5	<b>1.71</b>
228	90	-149	-292.4	<b>1.96</b>
229	91	-142	-292.7	<b>2.06</b>
230	61	-98	-288.1	<b>2.95</b>
231	66	-118	-288.9	<b>2.45</b>
232	97	-162	-293.5	<b>1.81</b>
233	102	-162	-294.2	<b>1.82</b>
234	88	-139	-292.1	<b>2.11</b>
235	83	-135	-291.5	<b>2.16</b>
236	69	-112	-289.4	<b>2.58</b>
237	86	-147	-292.0	<b>1.99</b>
238	72	-124	-289.9	<b>2.34</b>
239	105	-174	-294.7	<b>1.70</b>
240	91	-151	-292.6	<b>1.94</b>
241	93	-144	-292.9	<b>2.04</b>
242	62	-99	-288.3	<b>2.91</b>
243	67	-119	-289.1	<b>2.43</b>
244	98	-164	-293.7	<b>1.79</b>
245	102	-162	-294.2	<b>1.82</b>
246	88	-139	-292.1	<b>2.11</b>
247	83	-135	-291.5	<b>2.16</b>
248	69	-112	-289.4	<b>2.58</b>
249	86	-147	-292.0	<b>1.99</b>
250	72	-124	-289.9	<b>2.34</b>
251	105	-174	-294.7	<b>1.70</b>
252	91	-151	-292.6	<b>1.94</b>
253	93	-144	-292.9	<b>2.04</b>
254	62	-99	-288.3	<b>2.91</b>
255	67	-119	-289.1	<b>2.43</b>
256	98	-164	-293.7	<b>1.79</b>
257	-1	-12	-279.1	<b>22.98</b>
258	30	-57	-283.6	<b>5.00</b>
259	33	-45	-284.1	<b>6.33</b>
260	2	0	-279.5	<b>849.15</b>
261	20	-35	-282.2	<b>8.12</b>
262	10	-20	-280.7	<b>14.10</b>
263	32	-48	-283.9	<b>5.95</b>
264	22	-33	-282.4	<b>8.59</b>
265	12	-27	-280.9	<b>10.57</b>
266	22	-41	-282.5	<b>6.82</b>
267	40	-65	-285.2	<b>4.39</b>
268	30	-50	-283.6	<b>5.67</b>
269	23	-40	-282.7	<b>7.15</b>
270	34	-54	-284.2	<b>5.22</b>
271	52	-78	-286.9	<b>3.69</b>
272	42	-63	-285.4	<b>4.53</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	65 di 89

273	32	-57	-283.9	<b>5.01</b>
274	42	-72	-285.4	<b>3.99</b>
275	43	-70	-285.6	<b>4.10</b>
276	54	-85	-287.1	<b>3.40</b>
277	20	-33	-282.2	<b>8.50</b>
278	10	-18	-280.7	<b>15.29</b>
279	32	-46	-283.9	<b>6.15</b>
280	22	-31	-282.4	<b>9.02</b>
281	12	-25	-280.9	<b>11.22</b>
282	22	-40	-282.4	<b>7.08</b>
283	40	-63	-285.1	<b>4.50</b>
284	30	-48	-283.6	<b>5.85</b>
285	23	-38	-282.6	<b>7.44</b>
286	34	-53	-284.2	<b>5.38</b>
287	52	-76	-286.9	<b>3.76</b>
288	42	-61	-285.3	<b>4.64</b>
289	32	-55	-283.9	<b>5.15</b>
290	42	-70	-285.4	<b>4.08</b>
291	43	-68	-285.6	<b>4.19</b>
292	54	-83	-287.1	<b>3.46</b>
293	25	-47	-282.9	<b>6.03</b>
294	15	-32	-281.4	<b>8.78</b>
295	37	-60	-284.6	<b>4.76</b>
296	26	-45	-283.1	<b>6.29</b>
297	16	-39	-281.6	<b>7.27</b>
298	27	-54	-283.2	<b>5.29</b>
299	31	-56	-283.8	<b>5.07</b>
300	21	-41	-282.3	<b>6.87</b>
301	28	-52	-283.4	<b>5.48</b>
302	38	-67	-284.9	<b>4.28</b>
303	43	-69	-285.5	<b>4.14</b>
304	32	-54	-284.0	<b>5.26</b>
305	22	-48	-282.5	<b>5.91</b>
306	33	-63	-284.0	<b>4.54</b>
307	34	-61	-284.2	<b>4.68</b>
308	44	-76	-285.8	<b>3.78</b>
309	24	-42	-282.8	<b>6.78</b>
310	14	-27	-281.3	<b>10.47</b>
311	36	-55	-284.5	<b>5.20</b>
312	26	-40	-283.0	<b>7.10</b>
313	16	-34	-281.5	<b>8.39</b>
314	26	-48	-283.1	<b>5.85</b>
315	30	-51	-283.7	<b>5.59</b>
316	20	-36	-282.2	<b>7.86</b>
317	28	-47	-283.3	<b>6.09</b>
318	38	-61	-284.8	<b>4.64</b>



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

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	66 di 89

319	42	-64	-285.4	<b>4.48</b>
320	32	-49	-283.9	<b>5.81</b>
321	22	-43	-282.4	<b>6.63</b>
322	32	-57	-284.0	<b>4.94</b>
323	34	-56	-284.2	<b>5.11</b>
324	44	-70	-285.7	<b>4.06</b>

### 9.6.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12/20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.}/m$	5	1/m
Asw	770	mm <sup>2</sup>
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	340	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sep	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<b>G3_1_53</b>	<b>-346.075</b>	<b>126.37</b>			<b>1373.344</b>	<b>513</b>	<b>513</b>	<b>1.481</b>

### 9.6.3 Fessurazione

	<i>Formazione fessure</i>	<i>ss [MPa]</i>	<i>ssr [MPa]</i>	<i>k3 [-]</i>	<i>Aeff [mm<sup>2</sup>]</i>	<i>s [mm]</i>	<i>srm [mm]</i>	<i>esm [-]</i>	<i>wm [mm]</i>	<i>wd [mm]</i>
1	Non fessurata	0	-93	0.125						
2	Non fessurata	0	-65	0.125						
3	Non fessurata	0	-79	0.125						
4	Non fessurata	0	-106	0.125						
5	Non fessurata	0	-37	0.125						
6	Non fessurata	0	-9	0.125						
7	Non fessurata	0	-22	0.125						
8	Non fessurata	0	-50	0.125						
9	Non fessurata	0	-103	0.125						
10	Non fessurata	0	-75	0.125						
11	Non fessurata	0	-89	0.125						
12	Non fessurata	0	-116	0.125						
13	Non fessurata	0	-47	0.125						
14	Non fessurata	0	-19	0.125						
15	Non fessurata	0	-32	0.125						
16	Non fessurata	0	-60	0.125						
17	Fessurata	-167	-182	0.125	158183	200	86	0.0003	0.029	0.049
18	Non fessurata	0	-139	0.125						
19	Fessurata	-152	-182	0.125	158513	200	87	0.0003	0.026	0.045
20	Fessurata	-180	-182	0.125	158424	200	87	0.0004	0.031	0.053
21	Fessurata	-177	-181	0.125	157986	200	86	0.0004	0.031	0.052
22	Non fessurata	0	-149	0.125						
23	Fessurata	-162	-182	0.125	158276	200	86	0.0003	0.028	0.048
24	Fessurata	-190	-182	0.125	158227	200	86	0.0004	0.033	0.056
25	Non fessurata	0	-65	0.125						
26	Non fessurata	0	-37	0.125						
27	Non fessurata	0	-51	0.125						
28	Non fessurata	0	-78	0.125						
29	Non fessurata	0	-37	0.125						
30	Non fessurata	0	-9	0.125						
31	Non fessurata	0	-22	0.125						
32	Non fessurata	0	-50	0.125						
33	Non fessurata	0	-75	0.125						
34	Non fessurata	0	-47	0.125						
35	Non fessurata	0	-61	0.125						
36	Non fessurata	0	-88	0.125						
37	Non fessurata	0	-47	0.125						
38	Non fessurata	0	-19	0.125						
39	Non fessurata	0	-32	0.125						
40	Non fessurata	0	-60	0.125						
41	Non fessurata	0	-102	0.125						
42	Non fessurata	0	-74	0.125						
43	Non fessurata	0	-87	0.125						
44	Non fessurata	0	-115	0.125						

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	69 di 89

45	Non fessurata	0	-112	0.125
46	Non fessurata	0	-84	0.125
47	Non fessurata	0	-97	0.125
48	Non fessurata	0	-125	0.125
49	Non fessurata	0	-93	0.125
50	Non fessurata	0	-65	0.125
51	Non fessurata	0	-79	0.125
52	Non fessurata	0	-106	0.125
53	Non fessurata	0	-103	0.125
54	Non fessurata	0	-75	0.125
55	Non fessurata	0	-89	0.125
56	Non fessurata	0	-116	0.125

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	Tombini 4.5 x 1.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003001	REV. A

## 9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE\_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	45

### 9.7.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
5	22	19.01	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	20	15.71	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	86	224	448.7	<b>2.00</b>
2	75	191	447.1	<b>2.34</b>
3	68	251	446.0	<b>1.78</b>
4	56	218	444.4	<b>2.04</b>
5	71	239	446.5	<b>1.87</b>
6	60	206	444.9	<b>2.16</b>
7	89	212	449.1	<b>2.12</b>
8	78	179	447.5	<b>2.50</b>
9	80	186	447.8	<b>2.41</b>
10	49	231	443.4	<b>1.92</b>
11	54	211	444.2	<b>2.11</b>
12	85	166	448.6	<b>2.70</b>
13	86	224	448.7	<b>2.00</b>
14	30	58	440.7	<b>7.60</b>
15	68	251	446.0	<b>1.78</b>
16	12	85	438.0	<b>5.17</b>
17	71	239	446.5	<b>1.87</b>
18	15	73	438.5	<b>6.03</b>
19	89	212	449.1	<b>2.12</b>
20	33	46	441.2	<b>9.59</b>
21	35	53	441.4	<b>8.31</b>
22	4	98	437.0	<b>4.47</b>
23	10	78	437.8	<b>5.64</b>
24	41	33	442.2	<b>13.38</b>
25	88	223	448.9	<b>2.01</b>
26	76	190	447.3	<b>2.36</b>
27	69	250	446.2	<b>1.79</b>
28	58	216	444.7	<b>2.05</b>
29	72	238	446.7	<b>1.88</b>
30	61	204	445.1	<b>2.18</b>
31	91	211	449.3	<b>2.13</b>
32	80	178	447.7	<b>2.52</b>
33	82	185	448.0	<b>2.42</b>
34	51	229	443.6	<b>1.93</b>
35	56	209	444.4	<b>2.12</b>
36	87	165	448.8	<b>2.72</b>
37	88	223	448.9	<b>2.01</b>
38	32	57	440.9	<b>7.78</b>
39	69	250	446.2	<b>1.79</b>
40	13	83	438.3	<b>5.26</b>
41	72	238	446.7	<b>1.88</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	72 di 89

42	16	71	438.7	<b>6.15</b>
43	91	211	449.3	<b>2.13</b>
44	35	45	441.4	<b>9.89</b>
45	37	52	441.6	<b>8.54</b>
46	6	96	437.2	<b>4.54</b>
47	11	76	438.0	<b>5.74</b>
48	42	32	442.4	<b>13.96</b>
49	-1	60	436.3	<b>7.22</b>
50	30	16	440.7	<b>27.79</b>
51	33	28	441.2	<b>15.94</b>
52	2	72	436.7	<b>6.05</b>
53	86	224	448.7	<b>2.00</b>
54	75	191	447.1	<b>2.34</b>
55	68	251	446.0	<b>1.78</b>
56	56	218	444.4	<b>2.04</b>
57	71	239	446.5	<b>1.87</b>
58	60	206	444.9	<b>2.16</b>
59	89	212	449.1	<b>2.12</b>
60	78	179	447.5	<b>2.50</b>
61	80	186	447.8	<b>2.41</b>
62	49	231	443.4	<b>1.92</b>
63	54	211	444.2	<b>2.11</b>
64	85	166	448.6	<b>2.70</b>
65	86	224	448.7	<b>2.00</b>
66	30	58	440.7	<b>7.60</b>
67	68	251	446.0	<b>1.78</b>
68	12	85	438.0	<b>5.17</b>
69	71	239	446.5	<b>1.87</b>
70	15	73	438.5	<b>6.03</b>
71	89	212	449.1	<b>2.12</b>
72	33	46	441.2	<b>9.59</b>
73	35	53	441.4	<b>8.31</b>
74	4	98	437.0	<b>4.47</b>
75	10	78	437.8	<b>5.64</b>
76	41	33	442.2	<b>13.38</b>
77	88	223	448.9	<b>2.01</b>
78	76	190	447.3	<b>2.36</b>
79	69	250	446.2	<b>1.79</b>
80	58	216	444.7	<b>2.05</b>
81	72	238	446.7	<b>1.88</b>
82	61	204	445.1	<b>2.18</b>
83	91	211	449.3	<b>2.13</b>
84	80	178	447.7	<b>2.52</b>
85	82	185	448.0	<b>2.42</b>
86	51	229	443.6	<b>1.93</b>
87	56	209	444.4	<b>2.12</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	73 di 89

88	87	165	448.8	<b>2.72</b>
89	88	223	448.9	<b>2.01</b>
90	32	57	440.9	<b>7.78</b>
91	69	250	446.2	<b>1.79</b>
92	13	83	438.3	<b>5.26</b>
93	72	238	446.7	<b>1.88</b>
94	16	71	438.7	<b>6.15</b>
95	91	211	449.3	<b>2.13</b>
96	35	45	441.4	<b>9.89</b>
97	37	52	441.6	<b>8.54</b>
98	6	96	437.2	<b>4.54</b>
99	11	76	438.0	<b>5.74</b>
100	42	32	442.4	<b>13.96</b>
101	-1	60	436.3	<b>7.22</b>
102	30	16	440.7	<b>27.79</b>
103	33	28	441.2	<b>15.94</b>
104	2	72	436.7	<b>6.05</b>
105	86	224	448.7	<b>2.00</b>
106	75	191	447.1	<b>2.34</b>
107	68	251	446.0	<b>1.78</b>
108	56	218	444.4	<b>2.04</b>
109	71	239	446.5	<b>1.87</b>
110	60	206	444.9	<b>2.16</b>
111	89	212	449.1	<b>2.12</b>
112	78	179	447.5	<b>2.50</b>
113	80	186	447.8	<b>2.41</b>
114	49	231	443.4	<b>1.92</b>
115	54	211	444.2	<b>2.11</b>
116	85	166	448.6	<b>2.70</b>
117	86	224	448.7	<b>2.00</b>
118	30	58	440.7	<b>7.60</b>
119	68	251	446.0	<b>1.78</b>
120	12	85	438.0	<b>5.17</b>
121	71	239	446.5	<b>1.87</b>
122	15	73	438.5	<b>6.03</b>
123	89	212	449.1	<b>2.12</b>
124	33	46	441.2	<b>9.59</b>
125	35	53	441.4	<b>8.31</b>
126	4	98	437.0	<b>4.47</b>
127	10	78	437.8	<b>5.64</b>
128	41	33	442.2	<b>13.38</b>
129	88	223	448.9	<b>2.01</b>
130	76	190	447.3	<b>2.36</b>
131	69	250	446.2	<b>1.79</b>
132	58	216	444.7	<b>2.05</b>
133	72	238	446.7	<b>1.88</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	74 di 89

134	61	204	445.1	<b>2.18</b>
135	91	211	449.3	<b>2.13</b>
136	80	178	447.7	<b>2.52</b>
137	82	185	448.0	<b>2.42</b>
138	51	229	443.6	<b>1.93</b>
139	56	209	444.4	<b>2.12</b>
140	87	165	448.8	<b>2.72</b>
141	88	223	448.9	<b>2.01</b>
142	32	57	440.9	<b>7.78</b>
143	69	250	446.2	<b>1.79</b>
144	13	83	438.3	<b>5.26</b>
145	72	238	446.7	<b>1.88</b>
146	16	71	438.7	<b>6.15</b>
147	91	211	449.3	<b>2.13</b>
148	35	45	441.4	<b>9.89</b>
149	37	52	441.6	<b>8.54</b>
150	6	96	437.2	<b>4.54</b>
151	11	76	438.0	<b>5.74</b>
152	42	32	442.4	<b>13.96</b>
153	-1	60	436.3	<b>7.22</b>
154	30	16	440.7	<b>27.79</b>
155	33	28	441.2	<b>15.94</b>
156	2	72	436.7	<b>6.05</b>
157	58	141	444.7	<b>3.15</b>
158	53	125	443.9	<b>3.56</b>
159	40	168	442.1	<b>2.63</b>
160	34	151	441.3	<b>2.92</b>
161	43	156	442.5	<b>2.84</b>
162	37	139	441.7	<b>3.17</b>
163	61	129	445.2	<b>3.45</b>
164	56	113	444.4	<b>3.95</b>
165	58	120	444.6	<b>3.72</b>
166	27	164	440.2	<b>2.68</b>
167	32	144	441.0	<b>3.06</b>
168	63	100	445.4	<b>4.47</b>
169	58	141	444.7	<b>3.15</b>
170	53	125	443.9	<b>3.56</b>
171	40	168	442.1	<b>2.63</b>
172	34	151	441.3	<b>2.92</b>
173	43	156	442.5	<b>2.84</b>
174	37	139	441.7	<b>3.17</b>
175	61	129	445.2	<b>3.45</b>
176	56	113	444.4	<b>3.95</b>
177	58	120	444.6	<b>3.72</b>
178	27	164	440.2	<b>2.68</b>
179	32	144	441.0	<b>3.06</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	75 di 89

180	63	100	445.4	<b>4.47</b>
181	60	140	444.9	<b>3.18</b>
182	54	123	444.1	<b>3.61</b>
183	41	167	442.3	<b>2.66</b>
184	35	150	441.5	<b>2.94</b>
185	44	155	442.7	<b>2.87</b>
186	39	138	441.9	<b>3.21</b>
187	63	128	445.4	<b>3.49</b>
188	57	111	444.6	<b>4.00</b>
189	59	118	444.8	<b>3.76</b>
190	28	163	440.4	<b>2.70</b>
191	33	143	441.2	<b>3.09</b>
192	64	98	445.6	<b>4.54</b>
193	60	140	444.9	<b>3.18</b>
194	54	123	444.1	<b>3.61</b>
195	41	167	442.3	<b>2.66</b>
196	35	150	441.5	<b>2.94</b>
197	44	155	442.7	<b>2.87</b>
198	39	138	441.9	<b>3.21</b>
199	63	128	445.4	<b>3.49</b>
200	57	111	444.6	<b>4.00</b>
201	59	118	444.8	<b>3.76</b>
202	28	163	440.4	<b>2.70</b>
203	33	143	441.2	<b>3.09</b>
204	64	98	445.6	<b>4.54</b>
205	-1	60	436.3	<b>7.22</b>
206	30	16	440.7	<b>27.79</b>
207	33	28	441.2	<b>15.94</b>
208	2	72	436.7	<b>6.05</b>
209	58	141	444.7	<b>3.15</b>
210	53	125	443.9	<b>3.56</b>
211	40	168	442.1	<b>2.63</b>
212	34	151	441.3	<b>2.92</b>
213	43	156	442.5	<b>2.84</b>
214	37	139	441.7	<b>3.17</b>
215	61	129	445.2	<b>3.45</b>
216	56	113	444.4	<b>3.95</b>
217	58	120	444.6	<b>3.72</b>
218	27	164	440.2	<b>2.68</b>
219	32	144	441.0	<b>3.06</b>
220	63	100	445.4	<b>4.47</b>
221	58	141	444.7	<b>3.15</b>
222	53	125	443.9	<b>3.56</b>
223	40	168	442.1	<b>2.63</b>
224	34	151	441.3	<b>2.92</b>
225	43	156	442.5	<b>2.84</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	76 di 89

226	37	139	441.7	<b>3.17</b>
227	61	129	445.2	<b>3.45</b>
228	56	113	444.4	<b>3.95</b>
229	58	120	444.6	<b>3.72</b>
230	27	164	440.2	<b>2.68</b>
231	32	144	441.0	<b>3.06</b>
232	63	100	445.4	<b>4.47</b>
233	60	140	444.9	<b>3.18</b>
234	54	123	444.1	<b>3.61</b>
235	41	167	442.3	<b>2.66</b>
236	35	150	441.5	<b>2.94</b>
237	44	155	442.7	<b>2.87</b>
238	39	138	441.9	<b>3.21</b>
239	63	128	445.4	<b>3.49</b>
240	57	111	444.6	<b>4.00</b>
241	59	118	444.8	<b>3.76</b>
242	28	163	440.4	<b>2.70</b>
243	33	143	441.2	<b>3.09</b>
244	64	98	445.6	<b>4.54</b>
245	60	140	444.9	<b>3.18</b>
246	54	123	444.1	<b>3.61</b>
247	41	167	442.3	<b>2.66</b>
248	35	150	441.5	<b>2.94</b>
249	44	155	442.7	<b>2.87</b>
250	39	138	441.9	<b>3.21</b>
251	63	128	445.4	<b>3.49</b>
252	57	111	444.6	<b>4.00</b>
253	59	118	444.8	<b>3.76</b>
254	28	163	440.4	<b>2.70</b>
255	33	143	441.2	<b>3.09</b>
256	64	98	445.6	<b>4.54</b>
257	-1	60	436.3	<b>7.22</b>
258	30	16	440.7	<b>27.79</b>
259	33	28	441.2	<b>15.94</b>
260	2	72	436.7	<b>6.05</b>
261	36	59	441.6	<b>7.43</b>
262	26	74	440.1	<b>5.92</b>
263	36	59	441.6	<b>7.43</b>
264	26	74	440.1	<b>5.92</b>
265	28	68	440.3	<b>6.51</b>
266	38	53	441.8	<b>8.37</b>
267	36	59	441.6	<b>7.43</b>
268	26	74	440.1	<b>5.92</b>
269	28	68	440.3	<b>6.51</b>
270	38	53	441.8	<b>8.37</b>
271	36	59	441.6	<b>7.43</b>

Tombini 4.5 x 1.5 m  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003001	A	77 di 89

272	26	74	440.1	<b>5.92</b>
273	28	68	440.3	<b>6.51</b>
274	38	53	441.8	<b>8.37</b>
275	28	68	440.3	<b>6.51</b>
276	38	53	441.8	<b>8.37</b>
277	36	57	441.5	<b>7.68</b>
278	26	72	440.1	<b>6.08</b>
279	36	57	441.5	<b>7.68</b>
280	26	72	440.1	<b>6.08</b>
281	27	66	440.3	<b>6.71</b>
282	38	51	441.8	<b>8.70</b>
283	36	57	441.5	<b>7.68</b>
284	26	72	440.1	<b>6.08</b>
285	27	66	440.3	<b>6.71</b>
286	38	51	441.8	<b>8.70</b>
287	36	57	441.5	<b>7.68</b>
288	26	72	440.1	<b>6.08</b>
289	27	66	440.3	<b>6.71</b>
290	38	51	441.8	<b>8.70</b>
291	27	66	440.3	<b>6.71</b>
292	38	51	441.8	<b>8.70</b>
293	34	62	441.2	<b>7.12</b>
294	24	77	439.8	<b>5.72</b>
295	34	62	441.2	<b>7.12</b>
296	24	77	439.8	<b>5.72</b>
297	25	70	440.0	<b>6.27</b>
298	36	55	441.5	<b>7.98</b>
299	34	62	441.2	<b>7.12</b>
300	24	77	439.8	<b>5.72</b>
301	25	70	440.0	<b>6.27</b>
302	36	55	441.5	<b>7.98</b>
303	34	62	441.2	<b>7.12</b>
304	24	77	439.8	<b>5.72</b>
305	25	70	440.0	<b>6.27</b>
306	36	55	441.5	<b>7.98</b>
307	25	70	440.0	<b>6.27</b>
308	36	55	441.5	<b>7.98</b>
309	33	55	441.2	<b>7.97</b>
310	23	70	439.7	<b>6.26</b>
311	33	55	441.2	<b>7.97</b>
312	23	70	439.7	<b>6.26</b>
313	25	64	439.9	<b>6.92</b>
314	35	49	441.4	<b>9.07</b>
315	33	55	441.2	<b>7.97</b>
316	23	70	439.7	<b>6.26</b>
317	25	64	439.9	<b>6.92</b>



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

Tombini 4.5 x 1.5 m  
*Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003001	A	78 di 89

318	35	49	441.4	<b>9.07</b>
319	33	55	441.2	<b>7.97</b>
320	23	70	439.7	<b>6.26</b>
321	25	64	439.9	<b>6.92</b>
322	35	49	441.4	<b>9.07</b>
323	25	64	439.9	<b>6.92</b>
324	35	49	441.4	<b>9.07</b>

### 9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S. <sub>y,min</sub>
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_0.5_3</i>	<i>19.881</i>	<i>39.555</i>	<i>0.0879</i>	<i>222.2602</i>				<i>11.180</i>

### 9.7.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>	
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-116	-103	0.125	150541	200	236	0.0004	0.083	0.141	Verificato
2	Fessurata	-134	-104	0.125	151606	200	236	0.0005	0.111	0.189	Verificato
3	Fessurata	-127	-104	0.125	151365	200	236	0.0004	0.099	0.169	Verificato
4	Fessurata	-108	-102	0.125	150194	200	236	0.0003	0.071	0.120	Verificato
5	Non fessurata	0	-36	0.125							
6	Non fessurata	0	-54	0.125							
7	Non fessurata	0	-46	0.125							
8	Non fessurata	0	-28	0.125							
9	Fessurata	-109	-102	0.125	149883	200	236	0.0003	0.072	0.122	Verificato
10	Fessurata	-127	-103	0.125	151087	200	236	0.0004	0.100	0.170	Verificato
11	Fessurata	-119	-103	0.125	150802	200	236	0.0004	0.088	0.150	Verificato
12	Fessurata	-101	-101	0.125	149467	200	235	0.0002	0.059	0.100	Verificato
13	Non fessurata	0	-29	0.125							
14	Non fessurata	0	-47	0.125							
15	Non fessurata	0	-39	0.125							
16	Non fessurata	0	-21	0.125							
17	Fessurata	-116	-103	0.125	150541	200	236	0.0004	0.083	0.141	Verificato
18	Fessurata	-134	-104	0.125	151606	200	236	0.0005	0.111	0.189	Verificato
19	Fessurata	-127	-104	0.125	151365	200	236	0.0004	0.099	0.169	Verificato
20	Fessurata	-108	-102	0.125	150194	200	236	0.0003	0.071	0.120	Verificato
21	Fessurata	-109	-102	0.125	149883	200	236	0.0003	0.072	0.122	Verificato
22	Fessurata	-127	-103	0.125	151087	200	236	0.0004	0.100	0.170	Verificato
23	Fessurata	-119	-103	0.125	150802	200	236	0.0004	0.088	0.150	Verificato
24	Fessurata	-101	-101	0.125	149467	200	235	0.0002	0.059	0.100	Verificato
25	Non fessurata	0	-76	0.125							
26	Fessurata	-94	-104	0.125	151946	200	236	0.0002	0.045	0.076	Verificato
27	Fessurata	-87	-104	0.125	151621	200	236	0.0002	0.041	0.069	Verificato
28	Non fessurata	0	-68	0.125							
29	Non fessurata	0	-36	0.125							
30	Non fessurata	0	-54	0.125							
31	Non fessurata	0	-46	0.125							
32	Non fessurata	0	-28	0.125							
33	Non fessurata	0	-69	0.125							
34	Fessurata	-87	-103	0.125	151212	200	236	0.0002	0.041	0.070	Verificato
35	Non fessurata	0	-79	0.125							
36	Non fessurata	0	-61	0.125							
37	Non fessurata	0	-29	0.125							
38	Non fessurata	0	-47	0.125							
39	Non fessurata	0	-39	0.125							
40	Non fessurata	0	-21	0.125							

41	Non fessurata	0	-76	0.125							
42	Fessurata	-94	-104	0.125	151946	200	236	0.0002	0.045	0.076	Verificato
43	Fessurata	-87	-104	0.125	151621	200	236	0.0002	0.041	0.069	Verificato
44	Non fessurata	0	-68	0.125							
45	Non fessurata	0	-69	0.125							
46	Fessurata	-87	-103	0.125	151212	200	236	0.0002	0.041	0.070	Verificato
47	Non fessurata	0	-79	0.125							
48	Non fessurata	0	-61	0.125							
49	Fessurata	-116	-103	0.125	150541	200	236	0.0004	0.083	0.141	Verificato
50	Fessurata	-134	-104	0.125	151606	200	236	0.0005	0.111	0.189	Verificato
51	Fessurata	-127	-104	0.125	151365	200	236	0.0004	0.099	0.169	Verificato
52	Fessurata	-108	-102	0.125	150194	200	236	0.0003	0.071	0.120	Verificato
53	Fessurata	-109	-102	0.125	149883	200	236	0.0003	0.072	0.122	Verificato
54	Fessurata	-127	-103	0.125	151087	200	236	0.0004	0.100	0.170	Verificato
55	Fessurata	-119	-103	0.125	150802	200	236	0.0004	0.088	0.150	Verificato
56	Fessurata	-101	-101	0.125	149467	200	235	0.0002	0.059	0.100	Verificato

## 9.8 RIEPILOGO VERIFICHE

Nel seguito per le varie posizioni dei due treni di carico si riportano le verifiche riassuntive delle verifiche allo SLU.

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	217	-	1.427
	Taglio	G3_1_57	0	-	306	1.233
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-186	-	1.665
	Taglio	G3_1_1	0	-	167	5.564
3	Presso-flessione	G3_1_83	374	-249	-	1.466
	Taglio	G3_1_83	376	0	-127	1.885
4	Presso-flessione	G3_1_83	151	-228	-	1.323
	Taglio	G3_1_53	144	0	-316	1.620
5	Presso-flessione	G3_1_3	83	229	-	1.962
	Taglio	G3_0.5_3	47	-	21	10.587
6	Presso-flessione	G3_1_5	358	-234	-	1.662
	Taglio	G3_1_3	356	-	135	1.787

**02\_SW2 ASIMM**

SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_5	0	246	-	1.261
	Taglio	G3_1_57	0	-	305	1.234
2	Pressoflessione	G3_1_77	0	-188	-	1.646
	Taglio	G3_1_1	0	-	167	3.410
3	Pressoflessione	G3_1_83	363	-224	-	1.622
	Taglio	G3_1_83	365	0	-97	2.441
4	Pressoflessione	G3_1_83	122	-201	-	1.480
	Taglio	G3_1_53	115	0	-306	1.676
5	Pressoflessione	G3_1_3	54	230	-	1.928
	Taglio	G3_1_3	54	-	32	7.054
6	Pressoflessione	G3_1_5	347	-260	-	1.491
	Taglio	G3_1_3	345	-	165	1.459

**03\_LM71 SIMM**

SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_5	0	227	-	1.366
	Taglio	G3_1_57	0	-	335	1.127
2	Pressoflessione	G3_1_77	0	-206	-	1.505
	Taglio	G3_1_1	0	-	167	5.901
3	Pressoflessione	G3_1_83	410	-266	-	1.390
	Taglio	G3_1_83	411	0	-115	2.120
4	Pressoflessione	G3_1_83	133	-241	-	1.242
	Taglio	G3_1_53	126	0	-346	1.481
5	Pressoflessione	G3_1_3	68	251	-	1.776
	Taglio	G3_0.5_3	40	-	20	11.180
6	Pressoflessione	G3_1_5	396	-248	-	1.589
	Taglio	G3_0.5_3	249	-	113	2.015

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	234	-	1.324
	Taglio	G3_1_57	0	-	335	1.127
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-206	-	1.505
	Taglio	G3_1_1	0	-	167	5.104
3	Presso-flessione	G3_1_83	407	-260	-	1.420
	Taglio	G3_1_83	409	0	-112	2.166
4	Presso-flessione	G3_1_83	133	-235	-	1.273
	Taglio	G3_1_53	126	0	-344	1.492
5	Presso-flessione	G1_3	68	251	-	1.776
	Taglio	G3_1_3	68	-	22	10.094
6	Presso-flessione	G3_1_5	394	-254	-	1.550
	Taglio	G3_1_3	392	-	130	1.886

## 10 VERIFICHE LONGITUDINALI

Nel presente paragrafo sono riportati i criteri da utilizzare sulla singola opera per la determinazione del quantitativo di armatura longitudinale.

### LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

Per lunghezze dei conci dello scatolare inferiori a 20m non si effettua il calcolo dell'armatura longitudinale e si dispone il quantitativo minimo.

La minima armatura longitudinale da disporre è pari al 20% dell'armatura trasversale disposta in mezzeria della sezione trasversale stessa.

### LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

Per lunghezze dei conci superiori a 20m si effettua il dimensionamento dell'armatura longitudinale considerando l'azione di trazione che si sviluppa per effetto dell'attrito offerto dal terreno.

La formulazione per il calcolo di tale azione (e quindi dell'armatura longitudinale antiritiro) è mutuata dall'EC2:

$$A_s = \text{armatura longitudinale} = N_{tr} / \sigma_s$$

in cui:

$$N_{tr} = k_c \times k \times \sigma_{tr} \times A_c \quad \text{azione normale di trazione dovuta alle } \sigma_r \text{ di ritiro}$$

$$\sigma_s \quad \text{massima tensione ammessa nell'armatura}$$

$$A_c \quad \text{area della sezione di cls che si ritira}$$

$$\sigma_{tr} = \sigma_r \times E_c / 3 \quad \text{tensione di trazione indotta dal ritiro}$$

$$k_c = 1.0 \quad \text{coefficiente di distribuzione delle tensioni nella sezione}$$

$$k = 0.8 \text{ per } h \leq 30 \text{ cm, } 0.5 \text{ per } h \geq 80 \text{ cm} \quad \text{coefficiente che tiene conto degli effetti di tensione autoequilibrata non uniforme}$$

Per tenere in conto del fatto che il grado di impedimento del terreno sullo scatolare è parziale e non totale si fa riferimento alla norma ACI 207.2R-95 che propone di utilizzare il seguente coefficiente:

$$K_r = [(L/H-2)/(L/H+1)]^{h/H} \quad \text{grado di impedimento}$$

$$m = 1/(1+Ac/At*Ec/Et) \quad \text{moltiplicatore del grado di impedimento}$$

L = lunghezza del cono di scatolare

H = altezza dell'elemento di cls a contatto con il terreno

h = H/2 = altezza all'interno dell'elemento in cui si valuta il grado di impedimento

Ec = modulo elastico del cls ridotto a 1/3 per tenere in conto gli effetti viscosi

$E_t$  = modulo elastico del terreno

$A_c$  = area dell'elemento in cls

$A_t$  = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di  $E_t$  si considerano le seguenti ipotesi:

$E_{t1}$  = terreno a contatto con la soletta di fondazione = 750 MPa

$E_{t2}$  = terreno a contatto con la soletta di copertura = 300 MPa

$E_{t3}$  = terreno a contatto con i piedritti = 525 MPa

$E_t = (E_{t1} \cdot A_{sf} + E_{t2} \cdot A_s + E_{t3} \cdot A_{sp}) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$

In cui

$A_{sf}$  = sezione della soletta inferiore

$A_s$  = sezione della soletta superiore

$A_{sp}$  = sezione dei piedritti

A seguito di quanto esposto, prendendo in considerazione una striscia di larghezza unitaria pari a 1.00m, l'armatura antiritiro longitudinale si ottiene da:

$$A_s = (k_c \cdot k_{tr} \cdot A_c / \sigma_s) \cdot m \cdot K_r$$

Per il calcolo della tensione di trazione dovuta al ritiro, sempre utilizzando le prescrizioni dell'EC2, è stata calcolata mediante le seguenti formule:

$$\sigma_{tr} = \sigma_{cs,m} \cdot E_{cs} / 3$$

in cui:

$\sigma_{cs}(t_1, t_0) = \sigma_{cr0} \cdot \sigma_s(t_1 - t_0)$  deformazione di ritiro del cls

$\sigma_{cr0} = \sigma_s(f_{cm}) \cdot \sigma_{RH}$  coefficiente nominale di ritiro

$\sigma_s(t_1, t_0) = [(t_1 - t_0) / (0.035 \cdot h_0^2 + t_1 - t_0)]^{0.5}$  coefficiente di sviluppo del ritiro nel tempo

$\sigma_s(f_{cm}) = [160 + \sigma_{sc} \cdot (90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6}$  fattore che tiene conto della  $R_{ck}$

$\sigma_{RH} = 1.55 \cdot [1 - (RH/100)^3]$  fattore che tiene conto delle condizioni di maturazione

$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$  [MPa] resistenza media a compressione del cls

$t_0 = 1$  età del cls all'inizio della contrazione

$t_1 = 18000$  età finale del cls (18000 giorni = 50 anni)



Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs_m	0.00011	
Tensione per ritiro impedito	str	1.13368	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	40000	mm
Altezza elemento equivalente	H	450	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	15600	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.98317	
Moltiplicatore Kr	m	0.07625	
Tensione di lavoro assunta	ss_L	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m	1+1Ø 12 / 20		
Verifica	OK		
coefficiente di sicurezza C.S.	8.125787932		

La scelta del diametro della armatura longitudinale tiene conto anche del contenuto minimo richiesto in questa direzione.