

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. INFRASTRUTTURE SUD

## PROGETTO DEFINITIVO

# LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

Elaborati Generali

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL IN0000 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Ott-2020	G.Romano	Ott-2020	M.D'Amico	Ott-2020	D.Tiberti Ott-2020

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Prof. Ing. Dante Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

NN1X.0.0.D.78.CL.IN.00.0.0.003.A

n. Elab.:

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA.....	4
3. PROGETTO NUOVO TOMBINO.....	5
.3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
.3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	6
.3.3. MATERIALI.....	7
.3.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	7
.3.5. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	10
4. TOMBINO VARATO A SPINTA.....	10
.4.1. GEOMETRIA.....	10
.4.2. MODELLAZIONE ADOTTATA.....	11
.4.3. ANALISI DEI CARICHI.....	13
.4.4. VERIFICA REQUISITI S.T.I.....	21
.4.5. COMBINAZIONI DI CARICO.....	23
.4.6. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI.....	30
.4.6.1. INVILUPPO SLU/SLV.....	30
CANNA DESTRA.....	30
CANNA SINISTRA.....	32
.4.6.2. INVILUPPO SLE (RARA).....	35
CANNA DESTRA.....	36
CANNA SINISTRA.....	37
.4.7. VERIFICHE SLU/SLV/SLE.....	41
.4.8. ARMATURA DI RIPARTIZIONE.....	48
.4.9. RIEPILOGO ARMATURE.....	50
5. TOMBINO GETTATO IN OPERA.....	51
.5.1. GEOMETRIA.....	51
.5.2. MODELLAZIONE ADOTTATA.....	53
.5.3. ANALISI DEI CARICHI.....	55

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	2 di 126

.5.4. VERIFICA REQUISITI S.T.I.....	63
.5.5. COMBINAZIONI DI CARICO .....	65
.5.6. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI.....	72
.5.6.1. INVILUPPO SLU/SLV.....	72
CANNA DESTRA.....	72
CANNA SINISTRA.....	74
.5.6.2. INVILUPPO SLE (RARA) .....	77
CANNA DESTRA.....	78
CANNA SINISTRA.....	79
.5.7. VERIFICHE SLU/SLV/SLE .....	83
.5.8. ARMATURA DI RIPARTIZIONE .....	90
.5.9. RIEPILOGO ARMATURE .....	92
.6. VERIFICHE GEOTECNICHE .....	93
.6.1. BASE REACTION.....	94
.6.2. VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI DRENATE .....	99
.6.3. VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI NON DRENATE .....	106
.6.4. VERIFICHE SLV IN CONDIZIONI DRENATE.....	112
.6.5. VERIFICHE SLV IN CONDIZIONI NON DRENATE .....	120
.6.6. TABELLA VERIFICHE GEOTECNICHE GEO.....	126
.6.7. SOLLEVAMENTO PER GALLEGGIAMENTO UPL .....	126

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo è sviluppato il progetto, ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18, di un sottopasso lungo la linea metropolitana “Salerno-Pontecagnano aeroporto”.

Lo scatolare in oggetto è situato alla progressiva 2+346.

Una prima parte del tombino sarà varata a spinta al di sotto della linea esistente (Figura 1c), una seconda parte, invece, sarà gettata in opera (Figura 1d). Nel seguito verrà riportato il calcolo separato delle due parti in quanto, come visibile dalle sezioni trasversali (figura 1c e figura 1d), hanno dimensioni interne differenti. Si riportano di seguito uno stralcio planimetrico e una sezione longitudinale dell'intero tombino, in aggiunta si riporta una sezione trasversale per ognuna delle due parti che costituiscono lo scatolare.

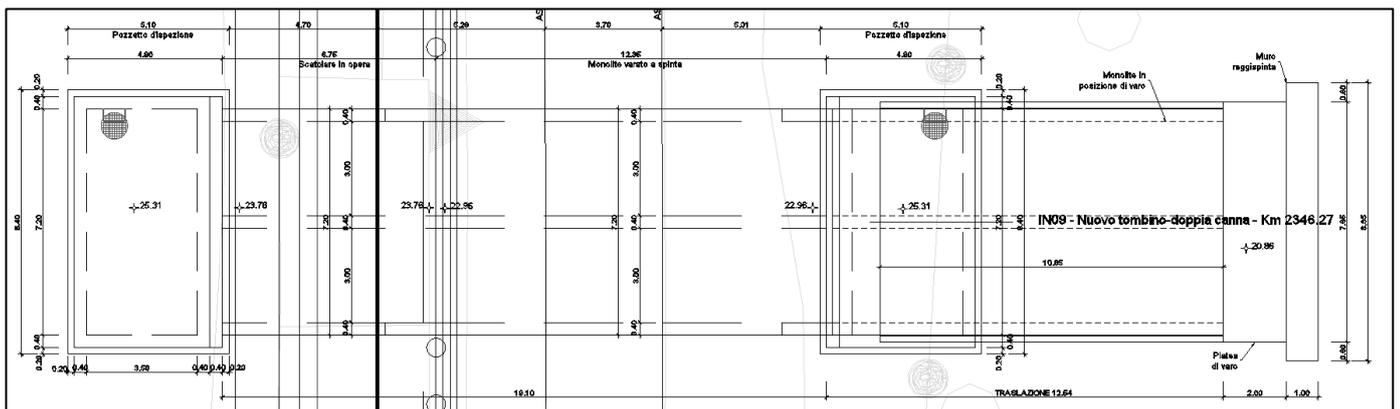


Figura 1a. Stralcio planimetrico dello scatolare

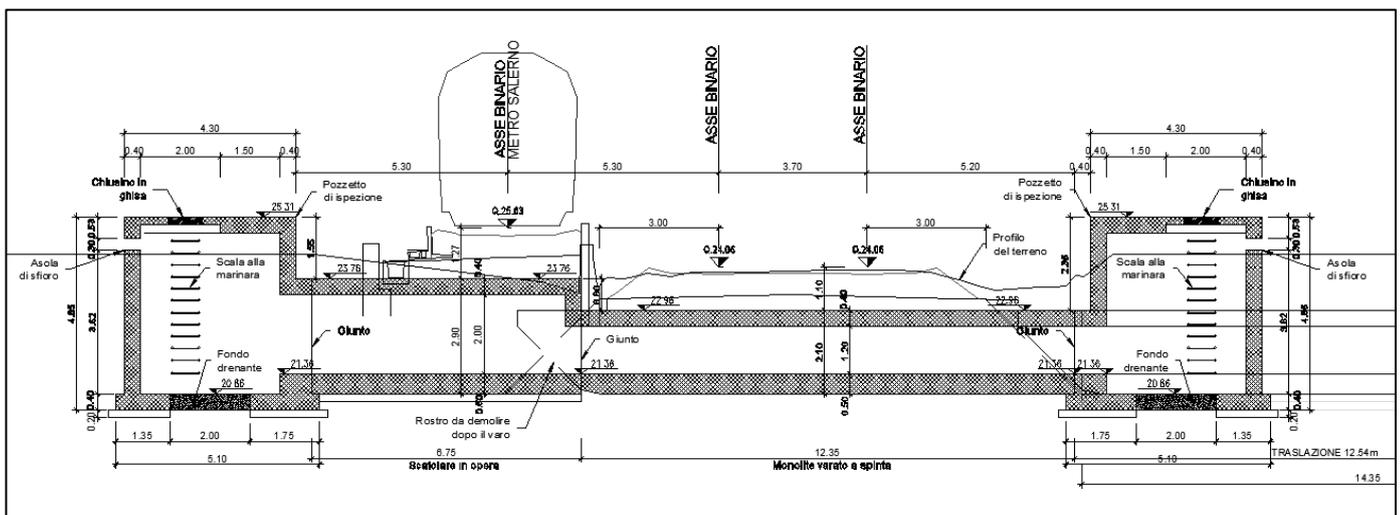


Figura 1b. Sezione longitudinale dello scatolare

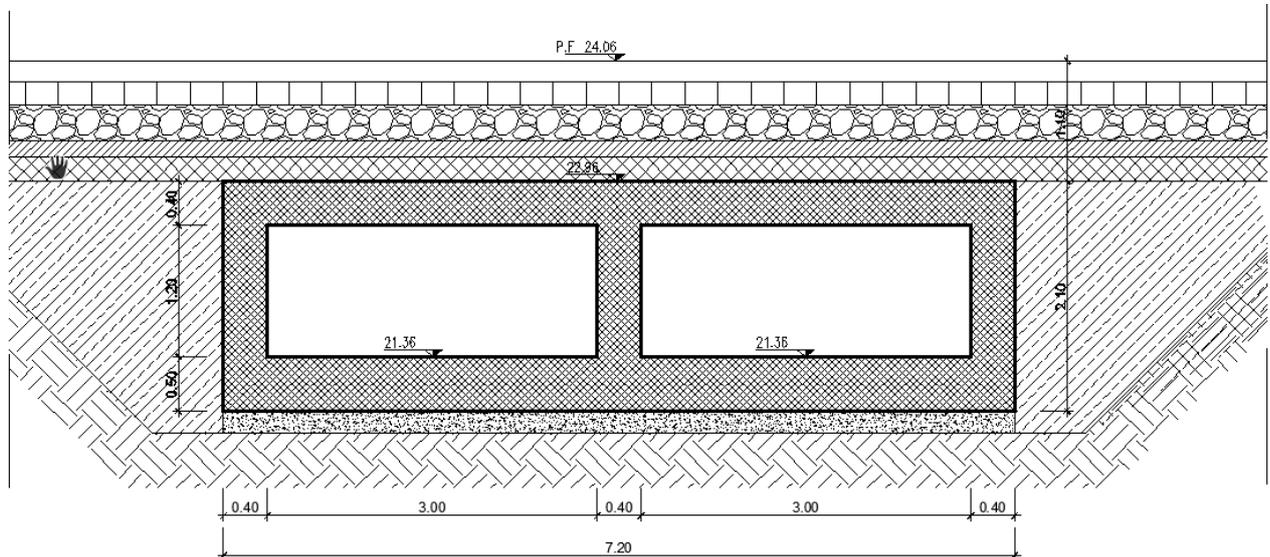


Figura 1c. Sezione trasversale dello scatolare varato a spinta

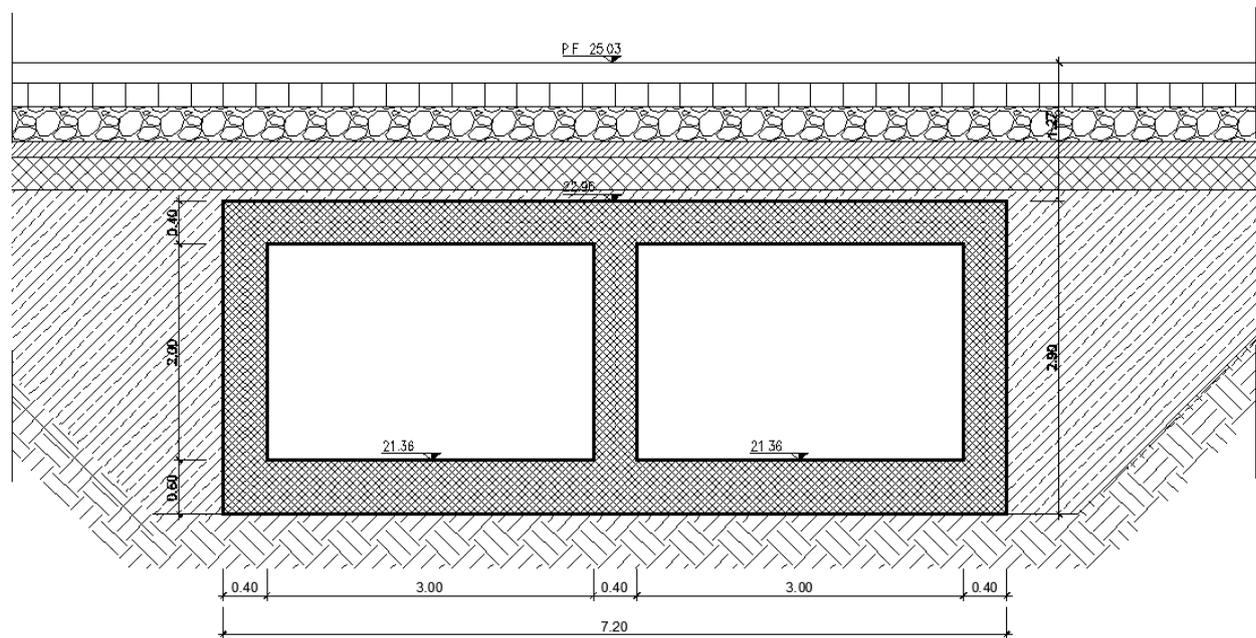


Figura 1d. Sezione trasversale dello scatolare gettato in opera

## 2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Il tombino sottopassa la linea ferroviaria ad una distanza fra piano del ferro ed estradosso soletta pari ad  $H_{ric}$ , di cui spessore ballast  $H_b$  pari a 0.80 m e la rimanente parte il rinterro  $H_r$ . Esso ha dimensioni interne

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	5 di 126

$L_{int} \times H_{int}$ , con piedritti, soletta superiore e soletta inferiore rispettivamente di spessore  $S_p$ ,  $S_s$  e  $S_f$ . Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m.

Nella figura [Fig. 2] sono riportate schematicamente la geometria dell'opera e la simbologia adottata.

Le caratteristiche geometriche hanno la seguente simbologia (unità di misura metri):

Larghezza utile	$L_{int}$ [m]
Altezza libera	$H_{int}$ [m]
Spessore piedritti	$S_p$ [m]
Spessore soletta	$S_s$ [m]
Spessore fondazione	$S_f$ [m]
Altezza ballast	$H_b$ [m]
Rinterro (superiore)	$H_r$ [m]
Lunghezza traversa	$L_{tb}$ [m]
Altezza traversa	$H_{tb}$ [m]
Ricoprimento	$H_{ric}$ [m]
Larghezza totale	$L_{tot}$ [m]
Altezza totale	$H_{tot}$ [m]

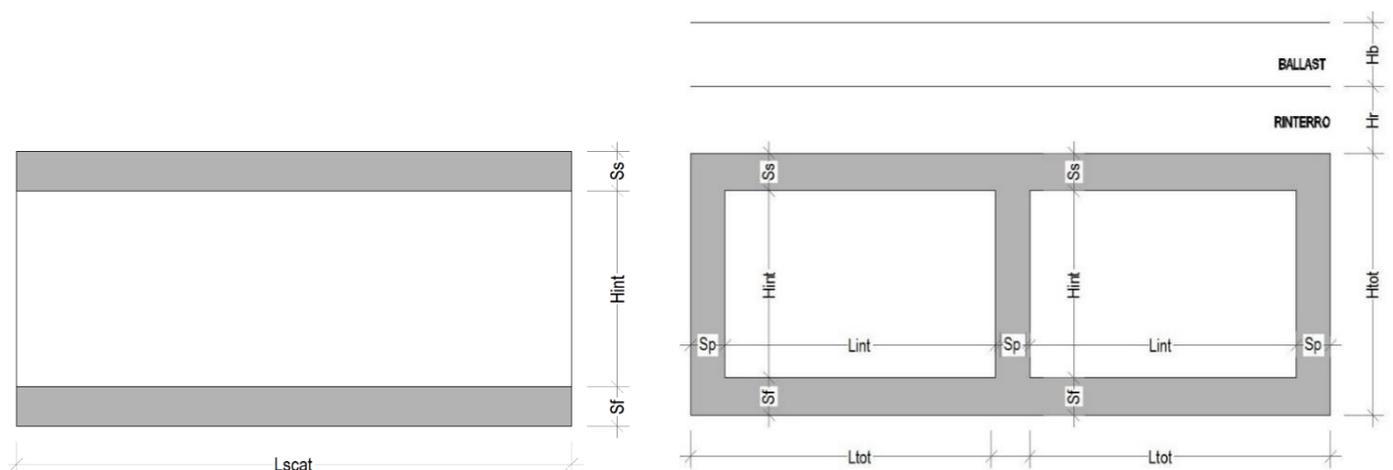


Figura 2. Simbologia adottata

### 3. PROGETTO NUOVO TOMBINO

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli statici e sismici relativi allo scatolare esistente, di cui in premessa, eseguiti secondo la norma attualmente vigente NTC18.

### 3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. 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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20 dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

### 3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| - N (Newton)      | unità di forza     |
| - m (metro)       | unità di lunghezza |
| - kg (kilogrammo) | unità di massa     |
| - s (secondo)     | unità di tempo     |

Unità di misura derivate da N

- |                |          |
|----------------|----------|
| - (kiloNewton) | $10^3$ N |
|----------------|----------|

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

- |                      |                           |                        |
|----------------------|---------------------------|------------------------|
| $\gamma$ (gamma)     | peso dell'unità di volume | (kN/m <sup>3</sup> )   |
| $\sigma$ (sigma)     | tensione normale          | (N/mm <sup>2</sup> )   |
| $\tau$ (tau)         | tensione tangenziale      | (N / mm <sup>2</sup> ) |
| $\epsilon$ (epsilon) | deformazione              | (m/m) -                |
| $\phi$ (fi)          | angolo di resistenza      | (°)                    |

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	7 di 126

### .3.3. MATERIALI

Per l'opera in c.a. si adotta:

Calcestruzzo C (28/35) le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica:  $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$ , dove:
  - $\alpha_{cc} = 0.85$  e  $\gamma_m = 1.5$ ;
  - $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice:  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$ , dove :
  - $\gamma_m = 1.5$ ;
  - $f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$ .
- Modulo elastico:  $E_c = 32308 \text{ N/mm}^2$
- Copriferro = 40 mm
- Condizioni ambientali: aggressive
- Apertura fessure limite:  $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Acciaio da cemento armato normale FeB44K controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

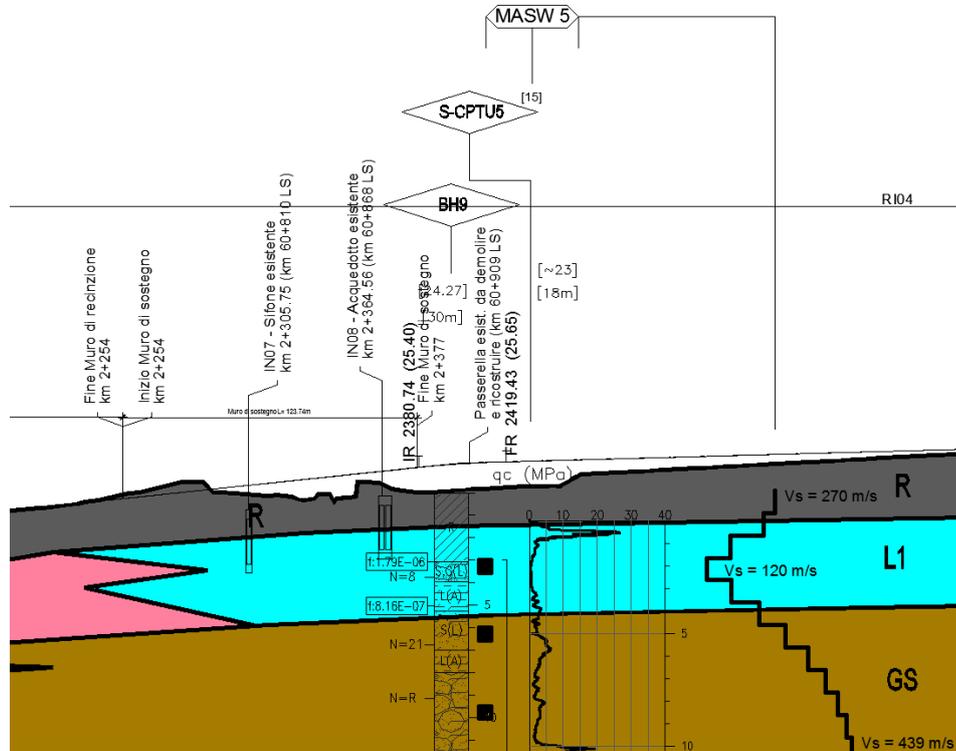
- Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$   
 dove  $\gamma_s = 1.15$

### .3.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si riporta di seguito la stratigrafia in corrispondenza della zona di riferimento:

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	8 di 126



**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	9 di 126

Per l'inquadramento geotecnico si fa riferimento alla relazione geotecnica, della quale si riportano gli stralci significativi del profilo geotecnico e dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, del rinterro e del rinfiacco.

Lo strato significativo del profilo geotecnico è l'unità  
 la cui descrizione nella relazione geotecnica è:

1) L1

Peso specifico terreno	$\gamma_t$	18.0 kN/m <sup>3</sup>
angolo d'attrito terreno	$\phi$	22.0 [°]
coesione efficace terreno	$c'$	2.0 kN/m <sup>2</sup>
coesione non drenata terreno	$c_u$	70.0 kN/m <sup>2</sup>

I parametri geotecnici del rinterro e del terreno di rinfiacco sono i seguenti:

Peso specifico rinterro	<b>FERROVIARIO</b>	$\gamma_t$	20.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito rinterro		$\phi'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione rinterro		$c_u$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	
Peso specifico terreno di rinfiacco		$\gamma_t$	20.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito terreno di rinfiacco		$\phi'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione terreno di rinfiacco		$c_u$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	

---

**FALDA**


---

Quota falda dal p.c.	$q_w$	12.90 m
Peso specifico	$\gamma_w$	10.00 kN/m <sup>3</sup>

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	10 di 126

#### 4. TOMBINO VARATO A SPINTA

##### 4.1. GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	3.00 m	<i>luce interna scatolare</i>
Altezza libera	Hint	1.20 m	<i>altezza interna scatolare</i>
Numero di canne	n	2.00	
Spessore piedritti	Sp	0.40 m	
Spessore soletta	Ss	0.40 m	
Spessore fondazione	Sf	0.50 m	
Altezza ballast	Hb	0.80 m	
Rinterro (superiore)	Hr	0.30 m	
Lunghezza traversa	Ltb	2.30 m	
Altezza traversa	Htb	0.35 m	
Ricoprimento	Hric	1.10 m	<i>Hb+Hr</i>
Larghezza totale	Ltot	7.20 m	<i>Lint+2xSPp</i>
Altezza totale	Htot	2.10 m	<i>Hint+SPs+SPf</i>

##### 4.2. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot ct \cdot (q - \sigma_v0) \cdot (1 - \nu^2) / E'_{op}$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- ct = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$ct = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

- q = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_v0$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;
- $E'_{op}$  = modulo elastico operativo del terreno sottostante.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	11 di 126

Il valore della costante di sottofondo kw è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$• kw = E'_{op} / [(1-\nu^2) \cdot B \cdot ct]$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, avendo considerato per E'op il valore minimo tra quelli indicati per l'Unità Geotecnica in esame ed una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaborante nella diffusione dei carichi:

Unità stratigrafica	1) L1	
Modulo elastico medio terreno	E'op	<b>17000</b> kN/m <sup>2</sup> <i>(il minore tra i valori proposti)</i>
Coefficiente di Poisson medio terreno	$\nu$	0.3
Lato minore della fondazione	B	7.2 m
Lato maggiore della fondazione	L	12.4 m
Rapporto dei lati	L/B	1.7
Coefficiente adimensionale	ct	1.141
Costante di sottofondo	Kw	<b>2274</b> kN/m <sup>3</sup>

#### 4.3. MODELLAZIONE ADOTTATA

Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

asta	base	altezza	descrizione
Asta 1	100 cm	50 cm	(soletta inferiore)
Aste 2, 4	100 cm	40 cm	(Piedritti)
Asta 3	100 cm	40 cm	(soletta superiore)

Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

#### Nodi

N.nodi	13
N.nodi sup	2
N.nodi inf	11
N.spazi inf	10
Linterasse	3.40 m
Hinterasse	1.65 m



**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	13 di 126

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidità delle molle, nel il caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dai parametri della relazione geotecnica:

**Rigidità molle nodali SAP**

ks		<b>2274</b> kN/m <sup>3</sup>
nodi centrali (7,6,5,4,3,-4,-5,-6,-7)		
Linfl		0.340 m
Kcentrale	ks x Linfl x 1	<b>773</b> kN/m
nodi intermedi (11,10,9,8,-11,-10,-9,-8)		
Linfl		0.340 m
Kintermedio	1,5 x ks x Linfl x 1	<b>1160</b> kN/m
nodi estremità (12,13,-12,-13)		
Linfl		0.370 m
Kestremità	2,0 x ks x Linfl x 1	<b>1683</b> kN/m

#### .4.4. ANALISI DEI CARICHI

**Peso proprio della struttura (condizione DEAD)**

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{ds}$	<b>25</b> kN/m <sup>3</sup>	
peso singolo piedritto	Pp	<b>10.00</b> kN/m	$\gamma_{cls} \times Sp$
peso soletta superiore	Pss	<b>10.00</b> kN/m	$\gamma_{cls} \times Ss$
peso fondazione	Psf	<b>12.50</b> kN/m	$\gamma_{cls} \times Sf$

**Permanenti portati (condizione PERM)**

peso specifico ballast	$\gamma_b$	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	
altezza ballast	Hb	0.80 m	
peso ballast	Pb	<b>14.40</b> kN/m	$\gamma_b \times Hb$
peso specifico rinterro	$\gamma_r$	<b>20.0</b> kN/m <sup>3</sup>	
altezza rinterro	Hr	0.30 m	
peso rinterro	Pr	<b>6.00</b> kN/m	$\gamma_r \times Hr$
peso specifico massetto di protezione	$\gamma_m$	<b>24</b> kN/m <sup>3</sup>	
altezza massetto di protezione	Hm	0.05 m	
peso massetto di protezione	Pm	<b>1.20</b> kN/m	$\gamma_m \times Hm$
Permanente totale	G2p	<b>21.60</b> kN/m	$Pb + Pr$
Permanente nodi 1 e 2	G2P	<b>4.32</b> kN	$G2p \times Sp / 2$

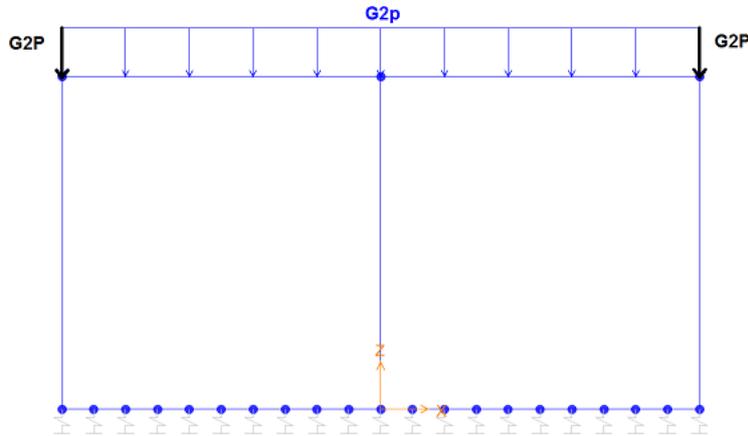


Figura 5 - Condizioni di carico PERM da SAP2000

**Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)**

angolo di attrito rinterro	$\varnothing'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coefficiente spinta attiva $k_a$	$k_a$	0.238	$(1 - \sin\varnothing) / (1 + \sin\varnothing)$
coefficiente spinta riposo $k_o$	$k_o$	<b>0.384</b>	$(1 - \sin\varnothing)$
coefficiente spinta passiva $k_p$	$k_p$	4.204	$(1 + \sin\varnothing) / (1 - \sin\varnothing)$
Pressione estradosso soletta superiore	P1	<b>7.84</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r)$
Pressione asse soletta superiore	P2	<b>9.38</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma_r \times S_s / 2)$
Pressione asse soletta inferiore	P3	<b>22.06</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times [P_b + P_r + \gamma_r \times (S_s + H_{int} + S_f / 2)]$
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	<b>23.98</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma_r \times H_{tot})$
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	<b>1.72</b> kN/m	$(P1 + P2) / 2 \times S_s / 2$
Forza concentrata asse soletta inferiore	F2	<b>5.76</b> kN/m	$(P3 + P4) / 2 \times S_f / 2$

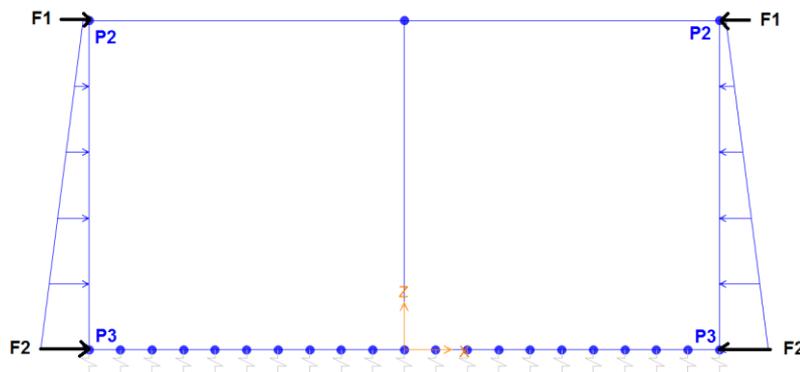


Figura 6 - Condizioni di carico SPTDX/SPTSX da SAP2000

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	15 di 126

**Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)**

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno LM 71 rispetto al carico dovuto al treno SW/2.

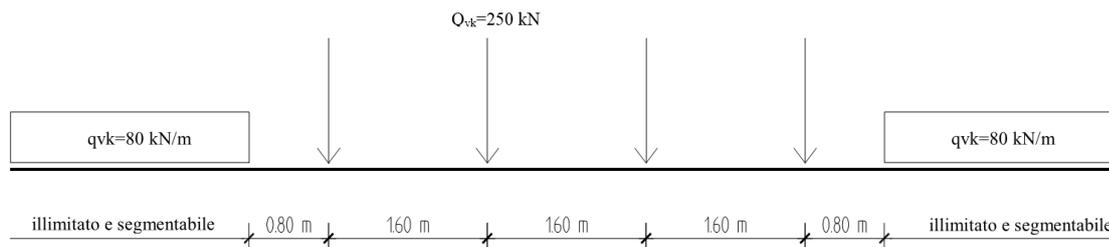


Figura 7. Treno LM71

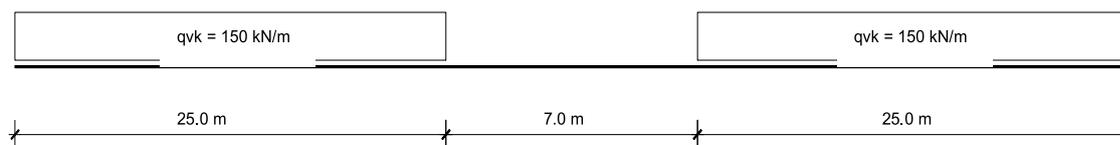


Figura 8. Treno SW/2

Per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$  si fa riferimento al paragrafo 1.4.2 “effetti dinamici” delle istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari.

Considerando un normale standard manutentivo si ha:

*(b) per linee con normale standard manutentivo:*

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \quad \text{con la limitazione } 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00 \quad (5.2.7)$$

Per il calcolo della lunghezza caratteristica  $L_\phi$  si fa riferimento alla Tab. 5.2.II di cui nel seguito se ne



**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	17 di 126

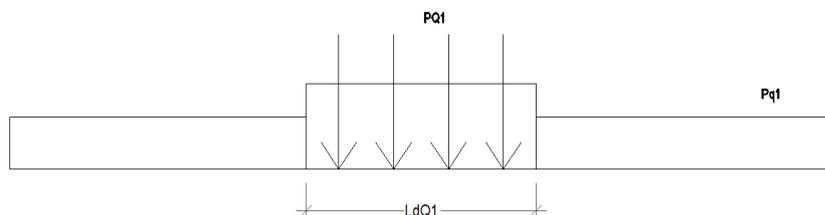


Figura 10. Carichi Treno LM71 su Ld

Sia per il calcolo delle sollecitazioni massime in mezzeria della soletta superiore che per quelle massime all'incastro con i piedritti di detta soletta, il carico dovuto al treno LM71 viene distribuito per tutta la larghezza  $LdQ1$  del treno di carico.

**Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)**

Standard manutentivo

**NORMALE**

Lunghezza media caratteristica	Lm	2.53 m	tab. 5.2.II - NTC2018
Numero di luci	nL	4.00	
Lunghezza caratteristica	$L\phi$	3.54 m	tab. 5.2.II - NTC2018
Incremento dinamico	$\Phi 3$	1.35	
Incremento dinamico ridotto	$\Phi_{rid}$	1.35	
Tipo di treno di carico		<b>LM71</b>	
Coefficiente di adattamento	$\alpha$	1.10	
Larghezza di diffusione nel ballast	Ldb	0.23 m	Diffusione 1:4 nel ballast
Larghezza di diffusione nel rinterro	Ldr	0.47 m	Diffusione secondo angolo attrito
Larghezza di diffusione nel cls	Ldc	0.40 m	Diffusione 45° nel cls
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ld	<b>3.39 m</b>	$Ltb + Ldb + Ldr + Ldc$
Carico distribuito per treno di carico	q1	<b>80.00 kN/m</b>	
Carico concentrato per treno di carico	Q1	<b>250.00 kN</b>	
N°. carichi concentrati per treno di carico	NQ1	<b>4</b>	
Larghezza distribuzione carichi conc. Q1	LdQ1	<b>6.40 m</b>	
Carico ripartito vert. per treno di carico (q1)	Pq1	<b>35.01 kN/m<sup>2</sup></b>	$q1 \times \Phi 3 \times \alpha / Ld$
Carico ripartito vert. per treno di carico (Q1)	PQ1	<b>68.37 kN/m<sup>2</sup></b>	

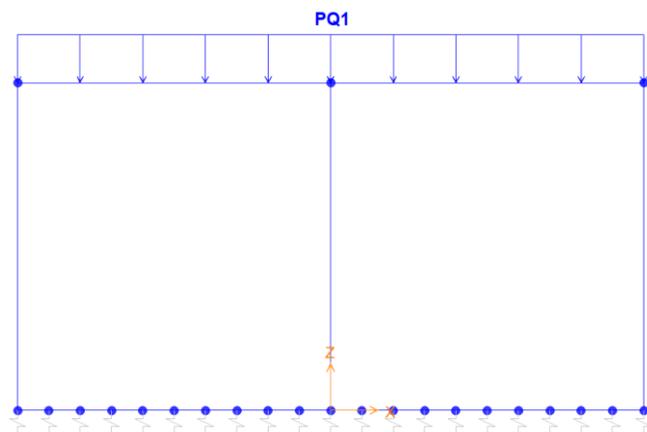


Figura 11 - Condizioni di carico ACCM da SAP2000

**Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCSX e SPACCDX)**

Carico distribuito per treno LM71	Sq1	<b>9.97</b> kN/m <sup>2</sup>	$(q1 \times \alpha / Ld) \times Ko$
Carico concentrato per treno LM71	SQ1	<b>19.46</b> kN/m <sup>2</sup>	$Q1 \times NQ1 \times \alpha / (Ld \times LdQ1) \times Ko$
Spinta semispessore soletta superiore	Fq1sup	<b>3.89</b> kN/m	$SPQ1 \times SPs / 2$
spinta semispessore soletta inferiore	Fq1inf	<b>4.87</b> kN/m	$SPQ1 \times SPi / 2$

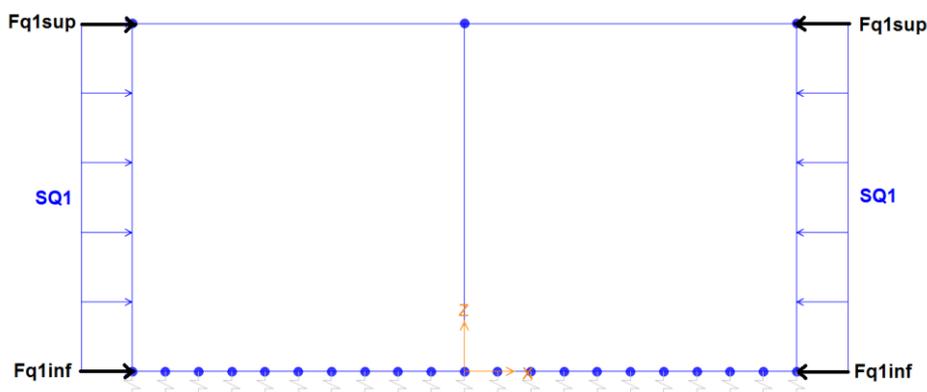


Figura 12 - Condizioni di carico SPACCDX/SPACCSX da SAP2000

**Frenatura e avviamento (condizione AVV)**

Avviamento e frenatura LM71	Av	<b>33.00</b> kN/m	
Avviamento e frenatura LM71 distribuiti	qAv	<b>-9.72</b> kN/m	$Av / Ld$

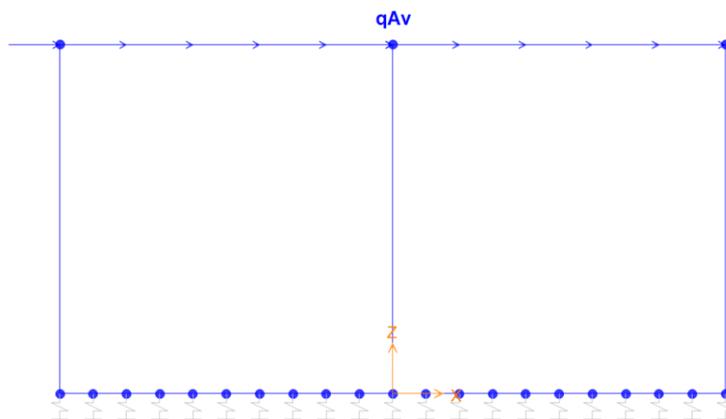


Figura 13 - Condizioni di carico AVV da SAP2000

**Azioni termiche (condizione TERM)**

Variazione termica uniforme	$\Delta T_{unif}$	<b>+ -15.00</b> [°]	Sulla soletta superiore
Variazione termica differenziale	$\Delta T_{diff}$	<b>+ -5.00</b> [°]	Sulla soletta superiore
Gradiente		<b>+ -12.50</b> [°/m]	$\Delta T_{diff} / Ss$

**Ritiro igrometrico (condizione RITIRO)**

Variazione termica uniforme equivalente	$\Delta T_{ritiro}$	<b>- [11.59°]</b>	Sulla soletta superiore
---	---------------------	-------------------	-------------------------

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	19 di 126

**CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE**

Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,..) sono pari alle masse moltiplicate per  $kh$  e  $k_v$  ove:  $kh = \beta M \times S \times ag/g$  e  $k_v = kh / 2$ . Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno,  $\beta M = 1$ .

vita nominale	$V_N$	75 anni
classe d'uso	CL	III
coefficiente d'uso	$C_U$	1.50
vita di riferimento = $C_U * V_N$	$V_R$	112.5 anni
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	$P_{VR}$	10%
periodo di ritorno del sisma	$T_R$	1068 anni

**Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale**
Coordinate del sito in oggetto:

Latitudine	40.64363
Longitudine	14.85184

Parametri sismici di progetto
**spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale**

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.129 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	$F_0$	2.716 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	$T^*c$	0.476
categoria sottosuolo		E
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	$S_T$	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	$\xi$	5%
fattore di correzione per $\xi <> 5\%$	$\eta$	1.000

Tab.3.2.V	$S_S$	$C_C$	$S_S$	$C_C$
A	1.00	1.00		
B	1.20	1.28		
C	1.49	1.34		
D	1.80	1.81		
E	1.60	1.55	1.60	1.55

coefficiente amplificazione stratigrafica	$S_S$	1.600
coefficiente di amplificazione	S	1.600
coefficiente categoria sottosuolo	$C_C$	1.548
periodo inizio tratto a accelerazione costante = $T_c / 3$	$T_B$	0.246 sec
periodo inizio tratto a velocità costante = $C_c * T^*c$	$T_C$	0.737 sec
periodo inizio tratto a spostamento costante = $4 * ag/g + 1,6$	$T_D$	2.116 sec
accelerazione massima orizzontale al suolo = $S_s \times S_t \times ag/g$	ago,max	0.206 g

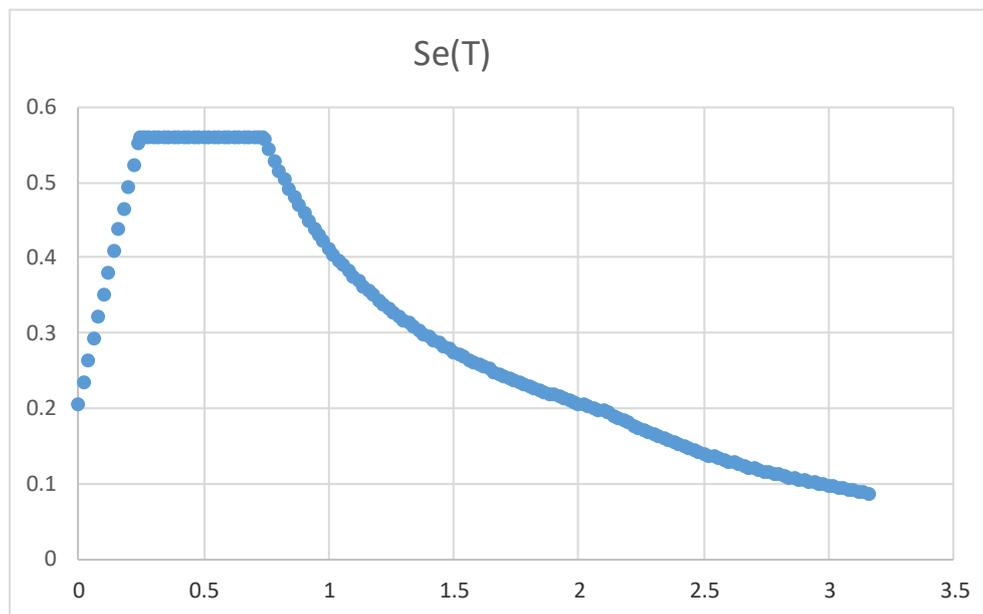
**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	20 di 126

**Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare**

Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito

 $\beta$  **1.000**
 $a_o = k_h = a_{g, \max} = S \times a_g / g$ 
*valore PGA  $\times$  scatolare*
 $a_o = k_h$  **0.2064 g**
 $a_v = k_v = k_h / 2$ 
*valore PGA  $\times$  scatolare*
 $a_v = k_v$  **0.1032 g**
**SPETTRO ORIZZONTALE ELASTICO SLV**

**Forze di inerzia (condizione SismaH)**

Forza di inerzia treno di carico - (%)

 % **20%**

Forza orizzontale sulla soletta di copertura

 $F''_h$  **9.10 kN/m**  $(P_{ss} + P_b + P_r + \%PQ1) \times kb$ 

Forza orizzontale su singolo piedritto

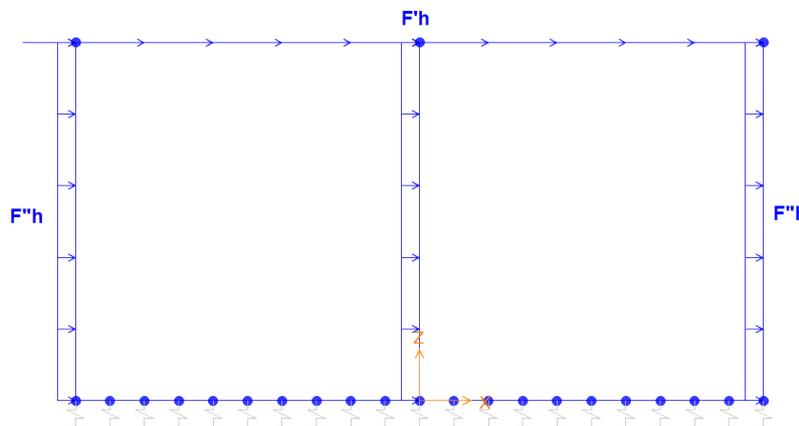
 $F''_h$  **2.06 kN/m<sup>2</sup>**  $P_p \times kb$ 


Figura 14 - Condizioni di carico SISMA H da SAP2000

**Forze di inerzia (condizione SismaV)**

Forza di inerzia treno di carico - (%)

% 20%

Forza verticale sulla soletta di copertura

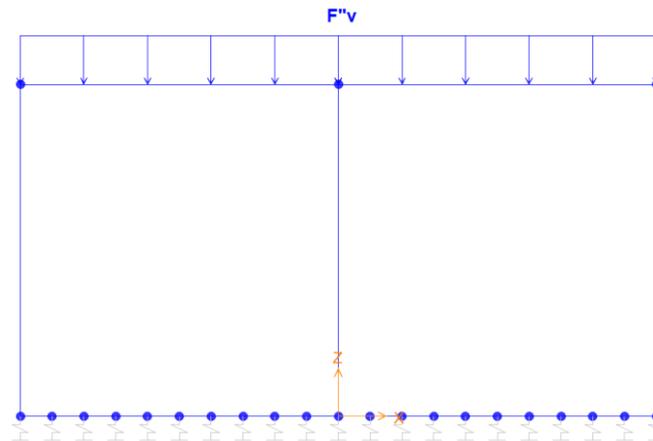
 $F''_v$  **4.55** kN/m<sup>2</sup>  $(P_{ss}+P_b+P_r+%PQ1) \times k_v$ 


Figura 15 - Condizioni di carico SISMA V da SAP2000

**Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSSDX e SPSSX)**

Forza distribuita su uno solo dei piedritti

 $qW$  **15.95** kN/m<sup>2</sup>  $(%PQ1+G2p+\gamma_r \times H_{tot}) \times (a_{go,max})$ 

Forza concentrata nodo superiore piedritto

 $QW_{sup}$  **3.19** kN  $qW \times S_s / 2$ 

Forza concentrata nodo inferiore piedritto

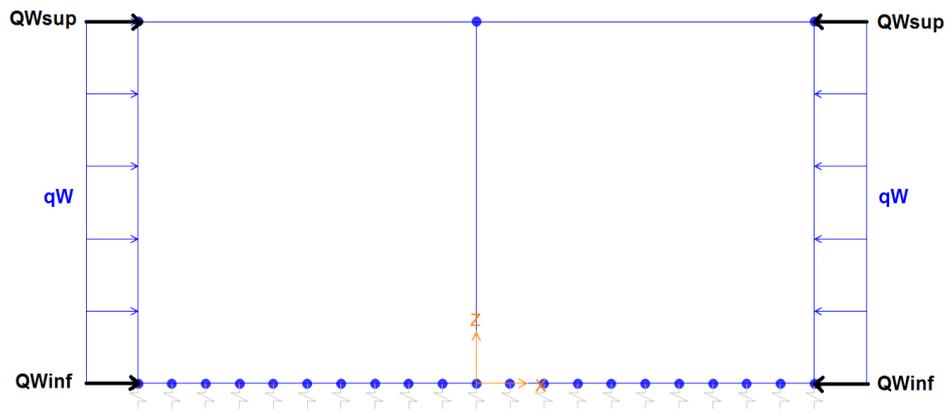
 $QW_{inf}$  **3.99** kN  $qW \times S_f / 2$ 


Figura 16 - Condizioni di carico SPSSDX/SPSSX da SAP2000

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

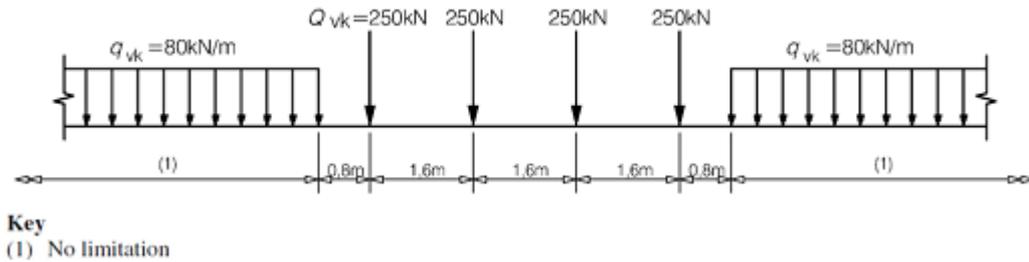
A

FOGLIO

22 di 126

Di seguito si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilita con cui si da evidenza che l'opera in esame è idonea a sostenere tale carico.

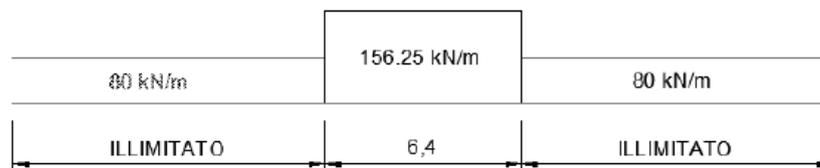
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



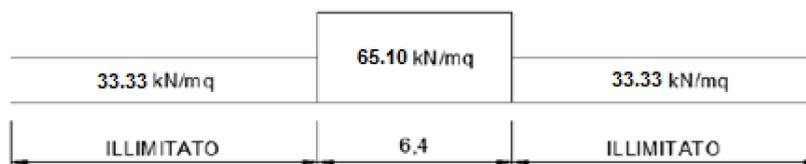
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kPa}$$



Considerando che la distribuzione trasversale dei carichi è su una larghezza massima di 3 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si utilizza una larghezza di progetto pari a 2,40 m in quanto risulta cautelativo rispetto a quanto previsto dalla norma sopra citata. Si ricava, quindi, il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:

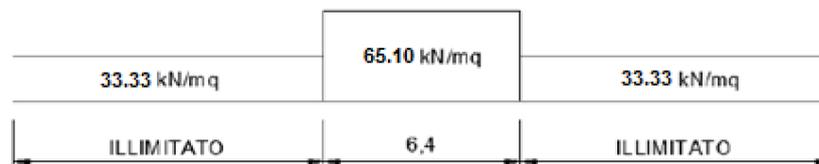


A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11  
Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ )
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospeso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P4 per il traffico passeggeri ed F2 per il traffico merci per cui alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



In conclusione nell'opera in oggetto la ripartizione del carico a quota del piano di regolamento è stata effettuata considerando una distribuzione in senso trasversale secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast per cui risulta:

$$L_d = 2.4 + 0.40 / 4 * 2 = 2.60 \text{ m}$$

anziché:

$$L_d = 3.0 + 0.40 / 4 * 2 = 3.20 \text{ m}$$

come previsto dalla EN 1991 – 2:2003/AC:2010 che risulterebbe meno gravoso.

Longitudinalmente invece i carichi assiali sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m.

A tali carichi è stato applicato un coefficiente  $\alpha$  pari a 1.1 come indicato nel manuale di progettazione per cui in definitiva il carico considerato a quota della piattaforma ferroviaria è pari a:

- $q_1 = 4*250/6.4/2.60 = 60.10 \text{ kN/m}^2$
- $q_2 = 80/2.60 = 30.77 \text{ kN/m}^2$

a vantaggio di sicurezza rispetto ai carichi calcolati con riferimento alle STI.

#### 4.6. COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni

derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata, In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

**Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte**

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 (LM 71"++SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	0,75 (LM 71"++SW/0)	1,0 SW/2
≥3	secondo	1,0 (LM 71"++SW/0)	0,75 (LM 71"++SW/0)	1,0 (LM 71"++SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71"++SW/0)	-

<sup>(1)</sup> LM71 "++" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLU e SLE per la verifica delle tensioni, si sono considerati i soli Gruppo 1 e 3, mentre per la verifica a fessurazione è stato utilizzato il Gruppo 4. Nella tabella 5.2.III vengono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcati con due, tre o più binari caricati.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	25 di 126

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come Q<sub>ki</sub>.  
I coefficienti di amplificazione dei carichi g e i coefficienti di combinazione  $\gamma$  sono riportati nelle tabelle seguenti.  
In particolare nel calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione A1 STR.

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

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

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

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

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(6)</sup> 1,20 per effetti locali

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

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g^1_1$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di carico	$g^2_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	-
	$g^3_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
	$g^4_4$	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

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

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

26 di 126

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM
Spinta del terreno sulla parete sinistra	SPTSX
Spinta del terreno sulla parete destra	SPTDX
Carico Accidentale LM71	ACCM
Spinta del carico acc. (LM71) sulla parete Sx	SPACCSX
Spinta del carico acc. (LM71) Sulla parete Dx	SPACCDX
Avviamento e frenatura	AVV
Variazione termica sulla soletta superiore	ENV_TERM
Ritiro	RITIRO
Azione sismica orizzontale	Sisma H
Azione sismica Verticale	Sisma V
Incremento sismico della spinta sul terreno	SPSDX/SX

La 4 condizioni di carico termiche:

$$\Delta T_{\text{uniforme}} = \pm 15^{\circ}$$

$$\Delta T_{\text{differenziale}} = \pm 5^{\circ}$$

e le loro 4 combinazioni sono state preventivamente involuppate nella condizione ENV\_TERM, la quale viene impiegata nelle successive combinazioni di carico per massimizzare gli effetti termici.

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale:

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

Nelle tabelle seguenti sono riportate le combinazioni di carico SLU, SLV e SLE utilizzate. Nelle combinazioni si tiene conto sia della spinta delle terre SPTSX al 100% e SPTDX al 100% che del loro sbilanciamento con SPTSX al 100% e SPTDX al 60%, sbilanciamento concorde con il verso di AVV e SISMAH per massimizzare le caratteristiche di sollecitazione. Lo sbilanciamento è tenuto in conto nelle combinazioni tramite i coefficienti evidenziati in rosso, corrispondenti ai coefficienti della spinta SPTDX moltiplicati per il coefficiente di combinazione 0,60.

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

27 di 126

**Combinazioni di carico SLU (non sismiche)**

	1slu	2slu	3slu	4slu	5slu	6slu	7slu	8slu	9slu	10slu	11slu	12slu	13slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1
ACCM	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	1.45	1.45	1.16	1.16	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.35	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.16	1.16	1.015
AVV	1.35	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	0	0	0	0	1.45
ENV_TERM	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

**Combinazioni di carico SLU (non sismiche)**

	14slu	15slu	16slu	17slu	18slu	19slu	20slu	21slu	22slu	23slu	24slu	25slu	26slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	0.6	0.6	0.6	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.6	0.6	0.6	0.6
ACCM	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	1.45	1.45	1.16	1.16	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.35	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.16	1.16	1.015
AVV	1.35	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	0	0	0	0	1.45
ENV_TERM	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

28 di 126

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

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

Combinazioni di Carico Sismiche SLV								
	sh1	sh2	sh3	sh4	sv1	sv2	sv3	sv4
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1	1
ACCM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AVV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma H	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Combinazioni di Carico Sismiche SLV								
	sh5	sh6	sh7	sh8	sv5	sv6	sv7	sv8
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
ACCM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AVV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma H	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Le combinazioni sismiche vanno eseguite in entrambe le direzioni pertanto le combinazioni SH vanno ripetute per Sisma H = -1 e le combinazioni SV per Sisma V=-0.3.

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

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

Combinazioni di carico SLE						
	1sle	2sle	3sle	4sle	5sle	6sle
DEAD	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1
SPTDX	0.8	0.8	0.8	0.48	0.48	0.48
ACCM	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SPACCSX	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0
SPACCDX	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
AVV	-0.8	0.8	-0.8	-0.8	0.8	-0.8
ENV_TERM	-0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.6	-0.6
RITIRO	0	0	1	0	0	1

Oltre alle verifiche agli stati limite ultimi di tipo strutturale, sono prese in considerazione anche le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3) di cui alle NTC2018, relative a condizioni di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

30 di 126

#### 4.7. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

##### 4.7.1. Involuppo SLU/SLV

##### CANNA DESTRA

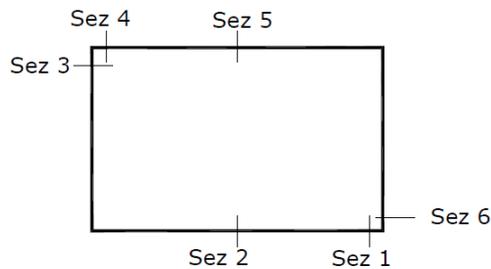
CANNA DX							
Text Frame	m Station	Text OutputCase	Text CaseType	Text StepType	KN P	KN V2	KN-m M3
1	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	264.8	246.1
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	267.2	208.8
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	226.6	208.8
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	232.3	135.3
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	191.7	135.3
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	197.4	80.2
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	156.8	80.2
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	162.5	35.7
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	121.9	35.7
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	127.7	3.0
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	66.8	3.0
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	72.6	-11.5
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	11.8	-11.5
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	17.5	-8.1
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-11.6	-8.1
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-7.4	8.7
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-31.6	8.7
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-27.3	38.6
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-51.6	38.6
1	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-49.9	59.2
1	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	51.1	36.5
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	52.8	27.3
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	40.8	27.3
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	45.0	6.4
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	33.2	6.4
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	37.4	-19.7
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	25.7	-19.7
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	29.9	-60.5
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	18.3	-60.5
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	22.6	-91.4
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	5.4	-91.4
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	9.6	-105.8
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-16.5	-105.8
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-10.7	-109.3
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-65.4	-109.3
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-59.6	-95.0
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-113.7	-95.0
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-108.0	-61.9
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-188.5	-61.9
1	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-186.2	-37.2

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	31 di 126

2	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-56.7	20.3	-14.4
2	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-62.7	37.8	-4.4
2	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-68.7	60.4	11.7
2	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-252.5	-104.8	-115.8
2	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-260.6	-84.2	-70.2
2	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-268.7	-75.4	-74.2
3	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	4.3	-50.4	1.1
3	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	4.3	-24.9	93.0
3	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	4.3	8.0	135.5
3	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	4.3	105.6	107.6
3	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	10.0	214.4	10.1
3	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-156.6	-244.5	-150.9
3	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-146.1	-135.8	-14.7
3	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-135.5	-27.0	4.4
3	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-124.9	20.4	-10.0
3	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-117.6	44.1	-92.9
4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-110.1	66.7	33.8
4	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-116.1	66.7	3.2
4	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-122.1	66.7	25.5
4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-528.2	-35.5	-18.5
4	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-536.3	-36.7	-6.2
4	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-544.4	-37.9	-46.2



SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	267.2	246.1
02	0.0	0.0	109.3
03	-56.7	104.8	115.8
04	10.0	244.5	150.9
05	10.0	0.0	135.5
06	-68.7	104.8	74.2

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

32 di 126

CANNA SINISTRA

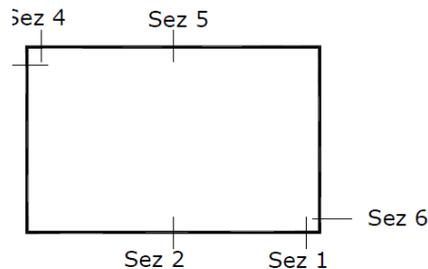
CANNA SX								
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m	
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3	
7	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	190.9	48.1	
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	193.2	25.4	
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	103.8	25.4	
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	109.6	5.1	
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	51.8	5.1	
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	57.5	-3.1	
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	7.7	-3.1	
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	12.0	-6.2	
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-8.0	-6.2	
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-3.7	-0.9	
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-24.1	-0.9	
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-19.8	33.9	
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-33.6	33.9	
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-29.4	80.8	
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-43.4	80.8	
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-39.2	138.3	
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-53.5	138.3	
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-49.3	219.3	
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-63.9	219.3	
7	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-62.1	258.2	
7	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	50.6	-78.2	
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	52.4	-104.4	
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	24.2	-104.4	
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	28.4	-136.9	
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	9.0	-136.9	
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	13.2	-149.3	
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-26.7	-149.3	
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-20.9	-141.7	
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-84.5	-141.7	
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-78.8	-114.6	
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-141.8	-114.6	
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-136.1	-68.6	
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-177.8	-68.6	
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-172.1	-13.3	
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-213.5	-13.3	
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-207.8	0.7	
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-248.9	0.7	
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-243.1	18.2	
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-283.9	18.2	
7	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-281.5	27.0	

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	33 di 126

4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-110.1	66.7	33.8
4	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-116.1	66.7	3.2
4	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-122.1	66.7	25.5
4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-528.2	-35.5	-18.5
4	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-536.3	-36.7	-6.2
4	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-544.4	-37.9	-46.2
5	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	11.1	-49.2	5.7
5	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	11.1	-21.2	105.9
5	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	11.1	18.6	135.8
5	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	11.1	127.4	95.7
5	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	14.8	236.2	-7.9
5	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-137.9	-226.8	-122.1
5	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-127.3	-118.0	-5.2
5	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-116.7	-9.2	4.5
5	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-109.3	21.0	-13.4
5	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-109.3	44.7	-125.0
6	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-61.9	136.9	141.8
6	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-67.9	129.0	69.0
6	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-73.9	118.3	68.9
6	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-265.0	-16.2	6.1
6	0.8	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-273.1	-26.9	8.5
6	1.4	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-281.2	-41.3	-12.5



SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	283.9	258.2
02	0.0	0.0	149.3
03	-61.9	136.9	141.8
04	14.8	236.2	125.0
05	14.8	0.0	135.8
06	-73.9	136.9	68.9

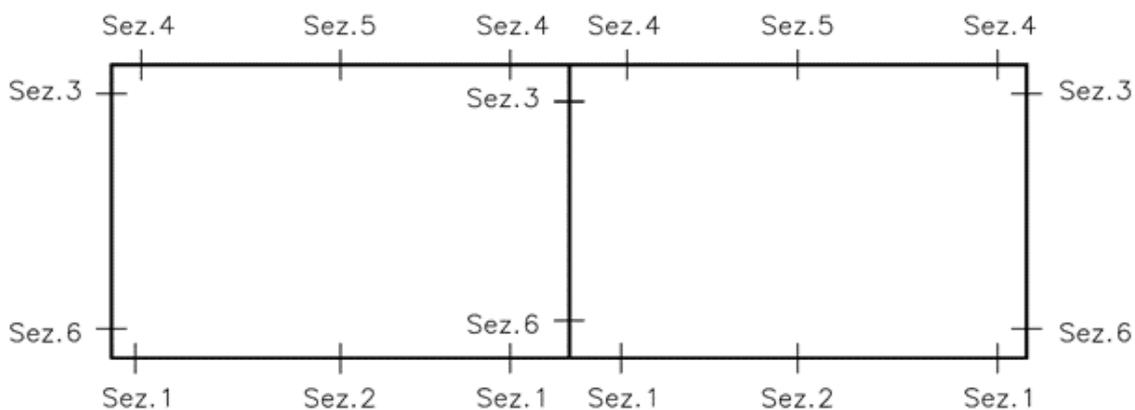
Di seguito si riporta la tabella relativa alle massime sollecitazioni ottenute per le varie sezioni dimensionanti.

ELABORATI GENERALI

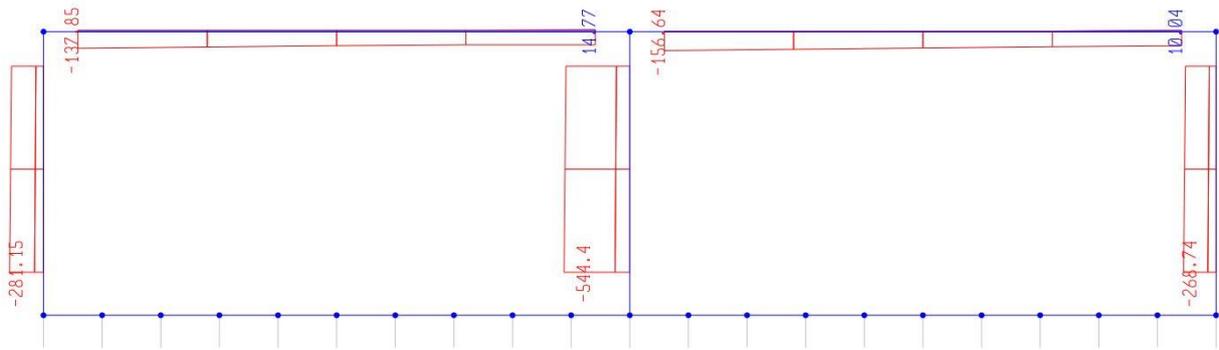
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	34 di 126

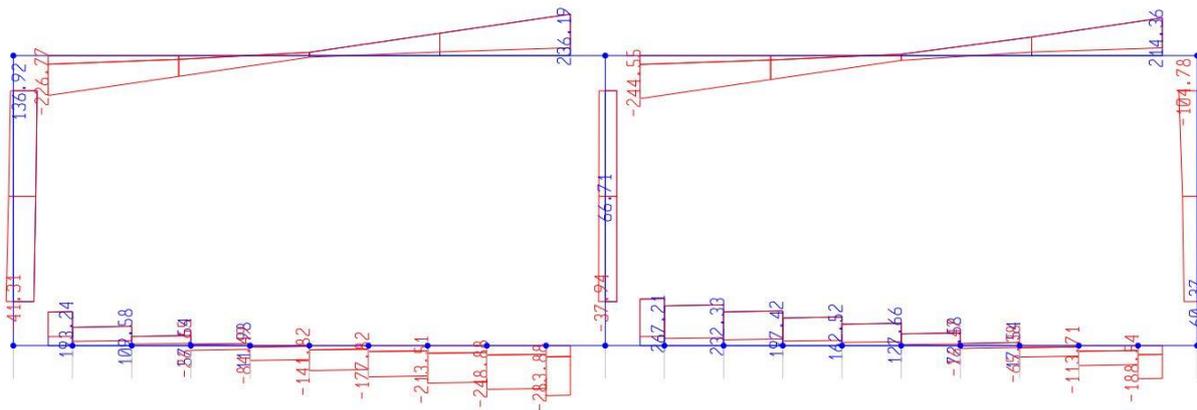
MAX			
SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	283.9	258.2
02	0.0	0.0	149.3
03	-56.7	136.9	141.8
04	14.8	244.5	150.9
05	14.8	0.0	135.8
06	-68.7	136.9	74.2



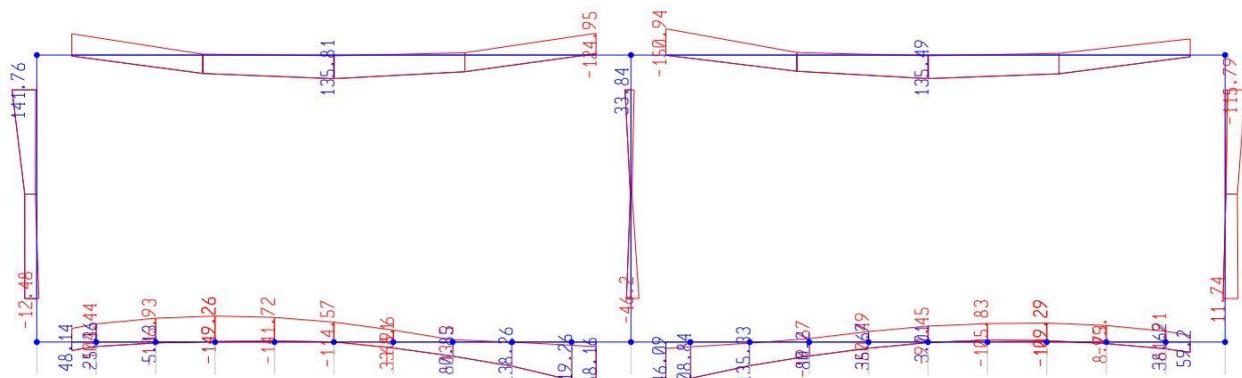
Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU/SLV



Sforzo normale



Taglio



Momento Flettente

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

#### 4.7.2. Involuppo SLE (rara)

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

36 di 126

CANNA DESTRA

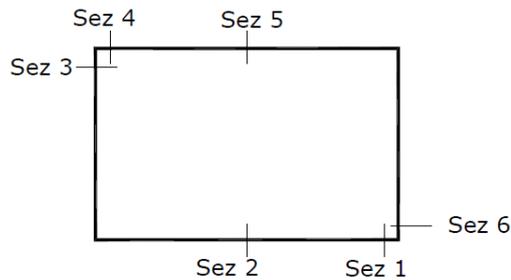
CANNA DX							
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	165.1	160.7
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	166.8	137.7
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	141.7	137.7
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	145.9	89.4
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	120.7	89.4
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	124.9	48.3
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	99.5	48.3
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	103.8	14.7
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	78.2	14.7
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	82.5	-10.9
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	44.0	-10.9
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	48.3	-24.7
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	9.6	-24.7
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	13.8	-27.0
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-25.1	-27.0
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-20.8	-17.8
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-59.6	-17.8
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-55.3	3.0
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-109.3	3.0
1	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-107.5	18.9
1	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	136.5	78.5
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	138.3	59.3
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	113.8	59.3
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	118.1	19.9
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	93.8	19.9
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	98.1	-12.8
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	74.1	-12.8
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	78.3	-41.8
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	54.5	-41.8
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	58.8	-68.3
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	23.4	-68.3
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	27.6	-83.5
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-7.5	-83.5
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-3.2	-87.2
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-38.1	-87.2
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-33.9	-79.0
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-68.6	-79.0
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-64.3	-58.9
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-118.1	-58.9
1	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-116.4	-43.0

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	37 di 126

2	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-139.8	-15.5	-35.6
2	0.8	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-145.8	-1.6	-26.5
2	1.4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-151.8	16.3	6.3
2	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-157.7	-89.8	-83.2
2	0.8	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-163.7	-74.9	-39.6
2	1.4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-169.7	-60.4	-36.3
3	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.8	-124.8	-18.9
3	0.95	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-5.0	-60.1	54.8
3	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-10.8	4.7	80.0
3	2.45	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-16.7	69.4	56.6
3	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-22.5	134.1	-13.9
3	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-98.7	-142.6	-87.2
3	0.95	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-92.8	-77.9	-6.3
3	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-87.0	-13.2	25.6
3	2.45	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-91.7	51.5	0.5
3	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-97.5	116.3	-73.4
4	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-298.9	26.3	13.7
4	0.8	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-304.9	26.3	2.7
4	1.4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-310.9	26.3	21.2
4	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-314.5	-30.9	-15.9
4	0.8	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-320.5	-30.9	-2.1
4	1.4	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-326.5	-30.9	-17.8



SEZIONE	P	M3
01	0.0	160.7
02	0.0	87.2
03	-139.8	83.2
04	0.8	87.2
05	0.8	80.0
06	-151.8	36.3

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

38 di 126

**CANNA SX**

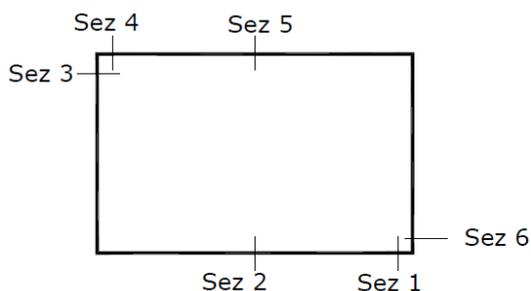
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
7	0.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	116.3	34.2
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	118.1	18.8
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	64.7	18.8
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	69.0	-2.8
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	34.7	-2.8
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	38.9	-14.0
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	4.4	-14.0
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	8.6	-14.7
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-26.2	-14.7
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-21.9	-4.8
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-57.1	-4.8
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-52.8	16.2
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-76.5	16.2
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-72.2	44.9
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-96.2	44.9
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-91.9	80.5
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-116.1	80.5
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-111.8	123.2
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-136.3	123.2
7	3.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-134.5	143.8
7	0.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	106.1	-39.9
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	107.8	-55.8
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	56.5	-55.8
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	60.7	-76.1
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	21.9	-76.1
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	26.2	-84.7
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-12.4	-84.7
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-8.1	-81.6
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-46.5	-81.6
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-42.3	-66.9
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-80.5	-66.9
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-76.2	-41.1
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-101.6	-41.1
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-97.4	-12.9
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-122.7	-12.9
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-118.4	19.1
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-143.6	19.1
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-139.4	57.8
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-164.5	57.8
7	3.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-162.7	76.8

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	39 di 126

4	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-298.9	26.3	13.7
4	0.8	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-304.9	26.3	2.7
4	1.4	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-310.9	26.3	21.2
4	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-314.5	-30.9	-15.9
4	0.8	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-320.5	-30.9	-2.1
4	1.4	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-326.5	-30.9	-17.8
5	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	4.3	-114.8	0.6
5	0.95	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-1.5	-50.0	64.9
5	1.7	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-7.3	14.7	80.6
5	2.45	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-13.2	79.4	48.2
5	3.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-19.0	144.1	-26.8
5	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-98.8	-133.5	-72.6
5	0.95	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-92.9	-68.7	0.7
5	1.7	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-88.3	-4.0	25.5
5	2.45	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-94.1	60.7	-7.1
5	3.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-99.9	125.4	-88.7
6	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-138.3	90.4	81.8
6	0.8	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-144.3	73.1	40.7
6	1.4	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-150.3	53.0	48.1
6	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-157.0	-9.6	26.5
6	0.8	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-163.0	-17.6	25.8
6	1.4	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-169.0	-28.3	-5.4



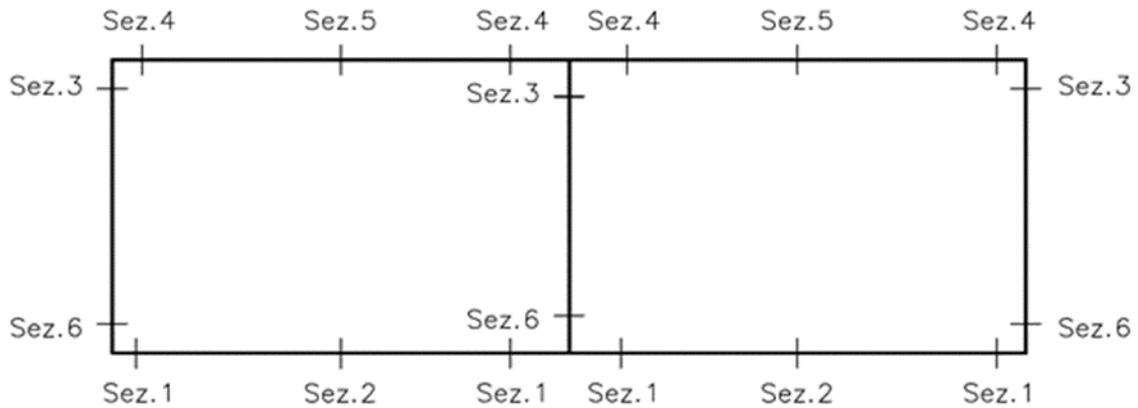
SEZIONE	P	M3
01	0.0	143.8
02	0.0	84.7
03	-138.3	81.8
04	4.3	88.7
05	4.3	80.6
06	-150.3	48.1

Di seguito si riporta la tabella relativa alle massime sollecitazioni ottenute per le varie sezioni dimensionanti.

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	40 di 126

MAX		
SEZIONE	P	M3
01	0.0	160.7
02	0.0	87.2
03	-138.3	83.2
04	4.3	88.7
05	4.3	80.6
06	-150.3	48.1



**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

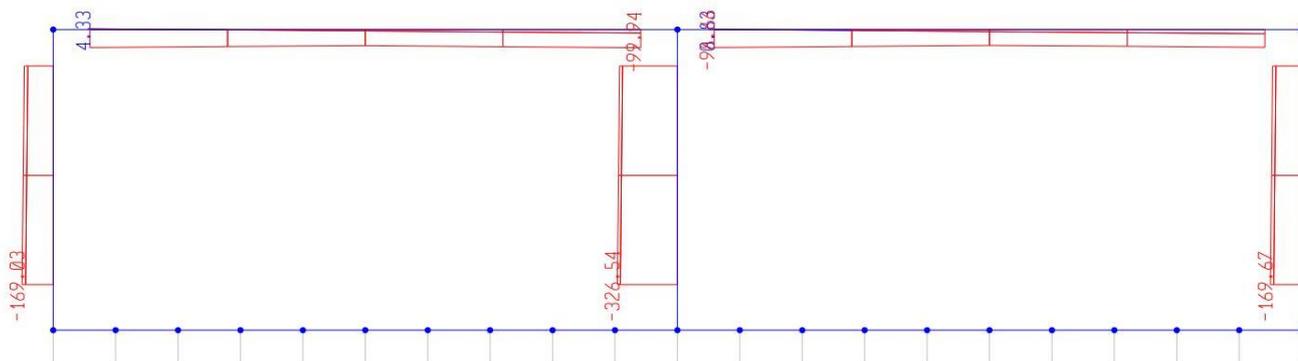
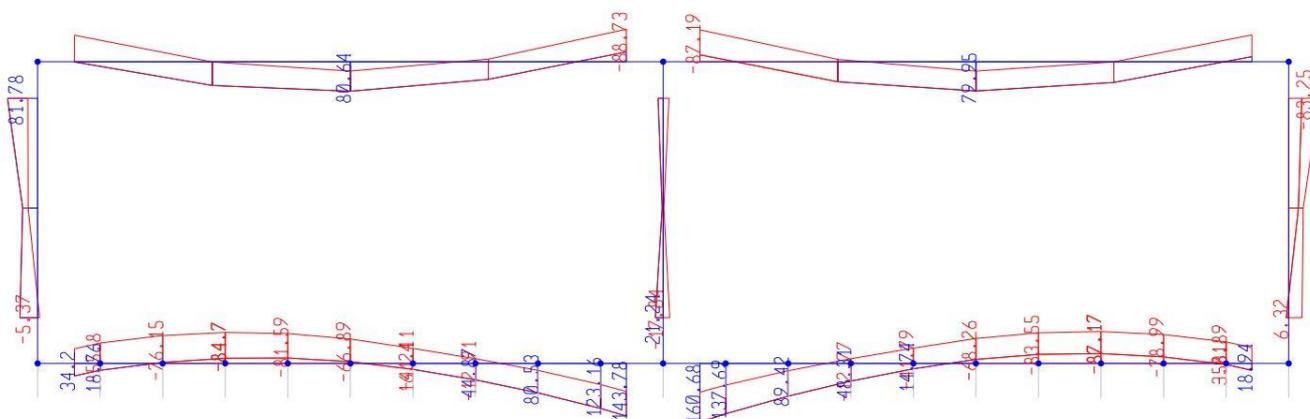
CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

41 di 126

*Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLE (rara)*

*Sforzo normale*

*Momento Flettente*

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	42 di 126

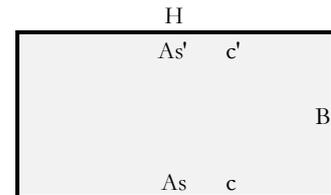
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 01

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	500 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	430 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	258.2 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	283.9 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	
As'	Armatura superiore compressa	0 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	200 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R
Mslc	Momento di esercizio [(+)]	160.7 kNm
Nslc	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	83%
Mrd	Momento ultimo resistente	483 kNm	Coeff.Sfrutt.	53%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	243 kN	Coeff.Sfrutt.	117%
Vrd	Taglio ultimo resistente	343 kN		83%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	3 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-45 Mpa	Coeff.Sfrutt.	12%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	136 Mpa	Coeff.Sfrutt.	38%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-5 Mpa	Coeff.Sfrutt.	30%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	138 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.15 mm	Coeff.Sfrutt.	75%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	43 di 126

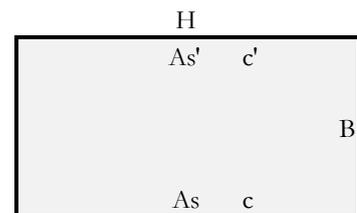
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 02

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	500 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	430 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	149.3 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m	11.31 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	87.2 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	39%
Mrd	Momento ultimo resistente	483 kNm	Coeff.Sfrutt.	31%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	243 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Vrd	Taglio ultimo resistente	343 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	3 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-19 Mpa	Coeff.Sfrutt.	5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	74 Mpa	Coeff.Sfrutt.	20%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-2 Mpa	Coeff.Sfrutt.	14%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	142 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.08 mm	Coeff.Sfrutt.	39%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	44 di 126

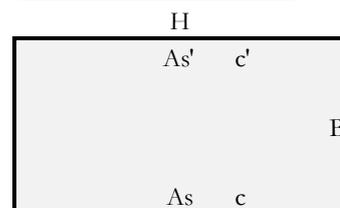
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 03

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-56.7 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	141.8 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	136.9 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	16	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	2011 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	2011 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	83.2 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-138.3 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	71%
Mrd	Momento ultimo resistente	251 kNm	Coeff.Sfrutt.	57%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	193 kN	Coeff.Sfrutt.	71%
Vrd	Taglio ultimo resistente	193 kN	Coeff.Sfrutt.	71%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-31 Mpa	Coeff.Sfrutt.	9%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	109 Mpa	Coeff.Sfrutt.	30%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-5 Mpa	Coeff.Sfrutt.	26%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	97 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.12 mm	Coeff.Sfrutt.	59%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	45 di 126

**Oggetto:**

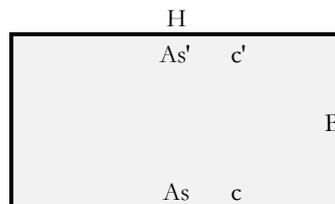
Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 04

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	14.8 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	150.9 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	244.5 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m	11.31 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	88.7 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	4.3 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	93%
Mrd	Momento ultimo resistente	358 kNm	Coeff.Sfrutt.	42%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	213 kN	Coeff.Sfrutt.	115%
Vrd	Taglio ultimo resistente	263 kN	Coeff.Sfrutt.	93%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	2 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-25 Mpa	Coeff.Sfrutt.	7%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	101 Mpa	Coeff.Sfrutt.	28%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-4 Mpa	Coeff.Sfrutt.	22%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	93 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.12 mm	Coeff.Sfrutt.	58%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	46 di 126

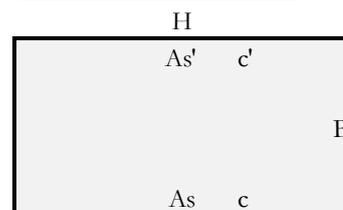
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 05

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	14.8 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	135.8 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	2655 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m	11.31 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Mslc	Momento di esercizio [(+)]	80.6 kNm	
Nslc	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	4.3 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	52%
Mrd	Momento ultimo resistente	358 kNm	Coeff.Sfrutt.	38%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	213 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Vrd	Taglio ultimo resistente	263 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	2 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-23 Mpa	Coeff.Sfrutt.	6%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	92 Mpa	Coeff.Sfrutt.	25%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-4 Mpa	Coeff.Sfrutt.	20%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	92 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.10 mm	Coeff.Sfrutt.	52%

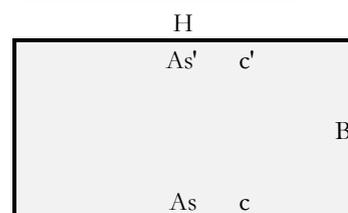
**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	47 di 126

**Oggetto:**
[Tombino BICANNE IN09\\_2+346](#)
[Sezione n°. 06](#)
**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-68.7 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	74.2 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	136.9 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	16	
Fi2	2° diametro armatura tesa	0	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10 Armatura tesa filante	2011 mmq
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0 Armatura di raffittim.	0 mmq
As'	Armatura superiore compressa	2011 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	2011 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	0 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.5 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Mslc	Momento di esercizio [(+)]	48.1 kNm	
Nslc	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-150.3 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq,Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	71%
Mrd	Momento ultimo resistente	252 kNm	Coeff.Sfrutt.	29%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	194 kN	Coeff.Sfrutt.	71%
Vrd	Taglio ultimo resistente	194 kN	Coeff.Sfrutt.	71%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-21 Mpa	Coeff.Sfrutt.	6%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	47 Mpa	Coeff.Sfrutt.	13%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.Sfrutt.	15%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	98 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.05 mm	Coeff.Sfrutt.	25%

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLV/SLE:

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:							
SL	VERIF	SEZ01	SEZ02	SEZ03	SEZ04	SEZ05	SEZ06
SLU	Med/Mrd	53%	31%	57%	42%	38%	29%
SLU	Ved/Vrd	83%	0%	71%	93%	0%	71%
SLE	(sigse/sigsr)s	12%	5%	9%	7%	6%	6%
SLE	(sigse/sigsr)i	38%	20%	30%	28%	25%	13%
SLE	(sigce/sigcr)s	30%	14%	26%	22%	20%	15%
SLE	wk/wklim	75%	39%	59%	58%	52%	25%
	MAX	83%	39%	71%	93%	52%	71%
	MAX	93%					

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

#### 4.9. ARMATURA DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La  $\epsilon$  ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	49 di 126

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

 $A_{s,min}$  è l'area minima di armatura nella zona tesa;

 $A_{ct}$  è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

 $\sigma_s$  è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento  $f_{yk}$  dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

 $f_{ct,eff}$  è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

 $f_{ct,eff} = f_{ctm}$  se la formazione delle fessure è prevista prima di 28d;

 $k$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi,  $k=1$ 
 $k_c$  è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva;  $k_c=1$  per trazione,  $k_c=0,4$  per flessione,  $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(\sigma_c))$  nel caso flessione combinata con sforzo normale.

base della sezione		1000 mm
altezza della sezione		400 mm
area sezione calcestruzzo	$A_{ct}$	400000 mm <sup>2</sup>
tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450 Mpa
resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione	$f_{ck}$	30 Mpa
tensione resistente cls a trazione	$f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$	2.90 Mpa
coefficiente $k_c$	$k_c$	1.00
coefficiente $k$	$k$	1.00
area minima acciaio teso nella sezione	$A_{s,min}$	2575 mm <sup>2</sup>

 P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni impedito, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine  $\sigma_s$  nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N

**Diametri massimi delle barre  $\phi^*_s$  per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>**

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:  
 $c = 25$  mm;  $f_{ct,eff} = 2,9$  MPa;  $h_{cr} = 0,5$ ;  $(h - d) = 0,1$  h;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,4$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_t = 0,4$  e  $k' = 1,0$ .

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi^*_s (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

 $\phi_s$  è il diametro massimo "modificato" delle barre;

 $\phi^*_s$  è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

 $h$  è l'altezza totale della sezione;

 $h_{cr}$  è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

 $d$  è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

 Se tutta la sezione è tesa  $h-d$  è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

Verifica armatura trasversale:

diametro barre trasversali	$\Phi_{trav}$	14 mm	< $F_s$	Verifica soddisfatta
passo barre trasversali	passo	100 mm		
N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi)	n.strati	2		
Area barre trasversali	$A_s$	3079 mm <sup>2</sup>		
stato tensionale barre dopo fessurazione	$\sigma_s$	376 mm <sup>2</sup>	< $f_{yk}$	Verifica soddisfatta
$\phi$ barre da tabella 7.2N x $\sigma_s$ e $w_k=0,2$ mm	$\phi^*_s$	8 mm		
altezza zona tesa prima della fessurazione	$h_{cr}$	400 mm		
altezza totale sezione	$h$	400 mm		
copriferro (asse barre)	$c$	50 mm		
altezza utile sezione	$d$	350 mm		
diametro massimo modificato utilizzabile	$\phi_s$	32 mm	(= $F_s$ )	

**4.10. RIEPILOGO ARMATURE**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	51 di 126

**A seguire il riepilogo delle armature del tombino:**

Pareti di spessore	40 cm		
con armatura principale esterna	<b>F16 /100</b>		2011 mm <sup>2</sup>
con armatura principale interna	<b>F16 /100</b>		2011 mm <sup>2</sup>
Soletta superiore di spessore	40 cm		
con armatura principale superiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>
con armatura principale inferiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>
Soletta inferiore di spessore	50 cm		
con armatura principale superiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>
con armatura principale inferiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>

Le pareti non hanno armatura a taglio.

 La soletta superiore necessita di armatura a taglio **F12 /200** dir.princ. /500 dir.trasv.

 La soletta inferiore necessita di armatura a taglio **F12 /200** dir.princ. /500 dir.trasv.

*(Le armature a taglio sono state disposte ove non risultano soddisfatte le verifiche con  $V_{rd}$  senza armatura a taglio)*

Le armature di ripartizione sono:

	Armature di ripartizione:	Area:	% Arm. principale:
Pareti	<b>F14 /100 2 strati</b>	3078.8 mm <sup>2</sup>	77% di 4021 mm <sup>2</sup>
Soletta superiore	<b>F14 /100 2 strati</b>	3078.8 mm <sup>2</sup>	49% di 6283 mm <sup>2</sup>
Soletta inferiore	<b>F14 /100 2 strati</b>	3078.8 mm <sup>2</sup>	49% di 6283 mm <sup>2</sup>

**Incidenza armature:**

Larghezza utile	Lint	3.00 m	Spessore piedritti	Sp	0.40 m
Altezza libera	Hint	1.20 m	Spessore soletta	Ss	0.40 m
incidenza sovrapp.		20%	Spessore fondazione	Sf	0.50 m
			copriferro	c	0.07 m

Elem.	Ø1 sup/int [mm]	pass1 [mm]	Ø2 sup/int [mm]	pass2 [mm]	Ø3 inf/ext [mm]	pass3 [mm]	Ø4 inf/ext [mm]	pass4 [mm]	Øleg [mm]	Øleg pass1 [mm]	Øleg pass2 [mm]
piedritto	16	100	0	1000	16	100	0	1000	0	1000	1000
soletta	20	100	0	1000	20	100	0	1000	12	200	500
fondaz.	20	100	0	1000	20	100	0	1000	12	200	500
ripartiz.	14	100	x	2 strati							
Elem.	LØ [m]	Lleg [mm]	Vol [m <sup>3</sup> ]	Peso [kg]	incid [kg/m <sup>3</sup> ]	Inc.%					
piedritto	2.48	0.46	0.5	94	196	18%					
soletta	4.18	0.46	1.5	266	175	26%					
fondaz.	4.38	0.56	1.9	282	148	27%					
ripartiz.			4.4	290	66	28%					
<b>TOTALE</b>			<b>4.4</b>	<b>1026</b>	<b>234</b>	<b>100%</b>					

**5. TOMBINO GETTATO IN OPERA**
**5.1. GEOMETRIA**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	52 di 126

Larghezza utile	Lint	3.00 m	<i>luce interna scatolare</i>
Altezza libera	Hint	2.00 m	<i>altezza interna scatolare</i>
Numero di canne	n	2.00	
Spessore piedritti	Sp	0.40 m	
Spessore soletta	Ss	0.40 m	
Spessore fondazione	Sf	0.50 m	
Altezza ballast	Hb	0.80 m	
Rinterro (superiore)	Hr	0.50 m	
Lunghezza traversa	Ltb	2.30 m	
Altezza traversa	Htb	0.35 m	
Ricoprimento	Hric	1.30 m	<i>Hb+Hr</i>
Larghezza totale	Ltot	3.80 m	<i>Lint+2xSPp</i>
Altezza totale	Htot	2.90 m	<i>Hint+SPs+SPf</i>

### 1.1. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$\bullet s = B \cdot ct \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E'_{op}$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- ct = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$ct = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

- q = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;
- $E'_{op}$  = modulo elastico operativo del terreno sottostante.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	53 di 126

Il valore della costante di sottofondo kw è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$• kw = E'_{op} / [(1-\nu^2) \cdot B \cdot ct]$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, avendo considerato per E'op il valore minimo tra quelli indicati per l'Unità Geotecnica in esame ed una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaborante nella diffusione dei carichi:

Unità stratigrafica

1) L1

Modulo elastico medio terreno	E'op	<b>17000</b> kN/m <sup>2</sup>	<i>(il minore tra i valori proposti)</i>
Coefficiente di Poisson medio terreno	$\nu$	0.3	
Lato minore della fondazione	B	8.4 m	
Lato maggiore della fondazione	L	7.2 m	
Rapporto dei lati	L/B	0.9	
Coefficiente adimensionale	ct	0.770	
Costante di sottofondo	Kw	<b>2905</b> kN/m <sup>3</sup>	

## 1.2. MODELLAZIONE ADOTTATA

Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

asta	base	altezza	descrizione
Asta 1	100 cm	50 cm	(soletta inferiore)
Aste 2, 4	100 cm	40 cm	(Piedritti)
Asta 3	100 cm	40 cm	(soletta superiore)

Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

### Nodi

N.nodi	13
N.nodi sup	2
N.nodi inf	11
N.spazi inf	10
Linterasse	3.40 m
Hinterasse	2.45 m

ELABORATI GENERALI  
 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	54 di 126

Nodo	X	Z	Nodo	X	Z
1	0.000	2.450	1	0.000	2.450
2	3.400	2.450	15	-3.400	2.450
3	0.000	0.000	3	0.000	0.000
4	0.340	0.000	25	-0.340	0.000
5	0.680	0.000	24	-0.680	0.000
6	1.020	0.000	23	-1.020	0.000
7	1.360	0.000	22	-1.360	0.000
8	1.700	0.000	21	-1.700	0.000
9	2.040	0.000	20	-2.040	0.000
10	2.380	0.000	19	-2.380	0.000
11	2.720	0.000	18	-2.720	0.000
12	3.060	0.000	17	-3.060	0.000
13	3.400	0.000	16	-3.400	0.000

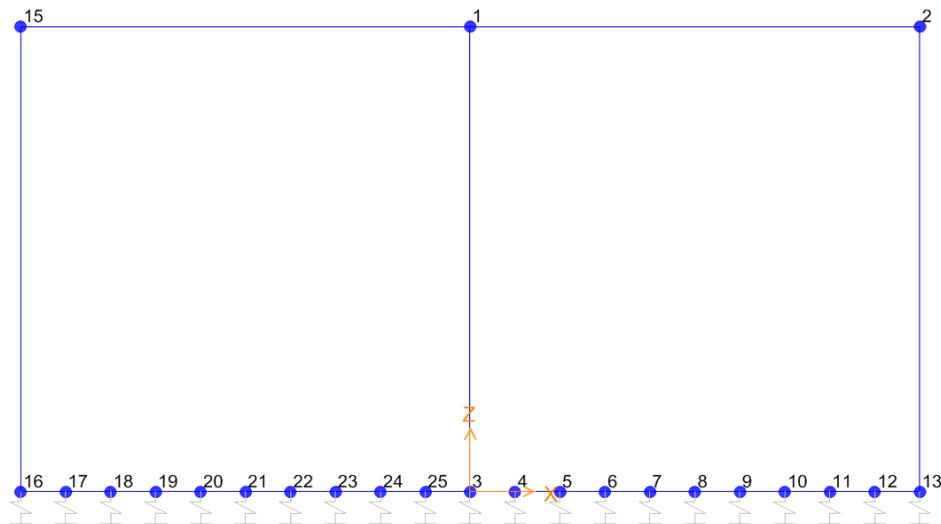


Figura 3. Numerazione nodi modello SAP

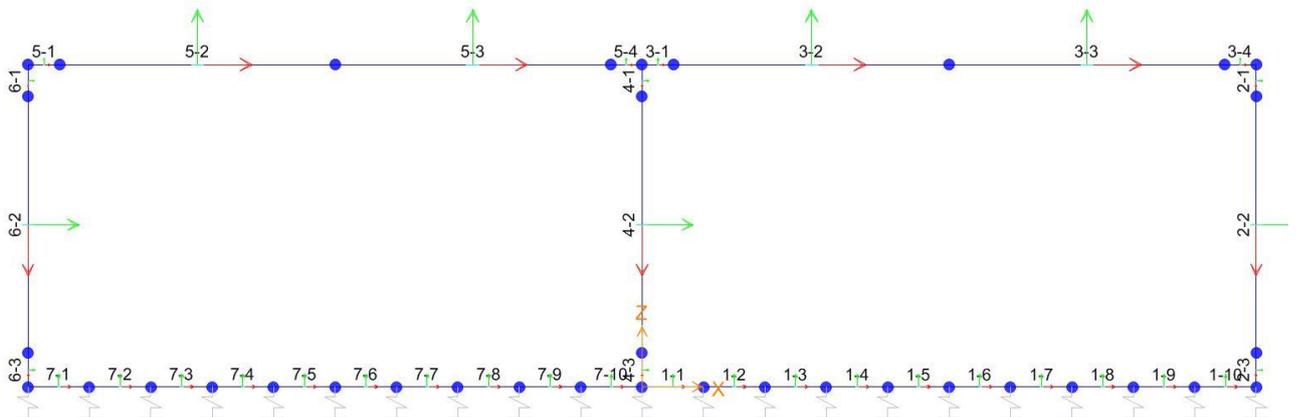


Figura 4: Individuazione elementi modello SAP

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	55 di 126

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidità delle molle, nel il caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dai parametri della relazione geotecnica:

**Rigidità molle nodali SAP**

ks		<b>3055</b> kN/m <sup>3</sup>
nodi centrali (7,6,5,4,3,-4,-5,-6,-7)		
Linfl		0.340 m
Kcentrale	ks x Linfl x 1	<b>1039</b> kN/m
nodi intermedi (11,10,9,8,-11,-10,-9,-8)		
Linfl		0.340 m
Kintermedio	1,5 x ks x Linfl x 1	<b>1558</b> kN/m
nodi estremità (12,13,-12,-13)		
Linfl		0.370 m
Kestremità	2,0 x ks x Linfl x 1	<b>2261</b> kN/m

### 1.3. ANALISI DEI CARICHI

**Peso proprio della struttura (condizione DEAD)**

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{ds}$	<b>25</b> kN/m <sup>3</sup>	
peso singolo piedritto	Pp	<b>10.00</b> kN/m	$\gamma_{cls} \times Sp$
peso soletta superiore	Pss	<b>10.00</b> kN/m	$\gamma_{cls} \times Ss$
peso fondazione	Psf	<b>12.50</b> kN/m	$\gamma_{cls} \times Sf$

**Permanenti portati (condizione PERM)**

peso specifico ballast	$\gamma_b$	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	
altezza ballast	Hb	0.80 m	
peso ballast	Pb	<b>14.40</b> kN/m	$\gamma_b \times Hb$
peso specifico rinterro	$\gamma_r$	<b>20.0</b> kN/m <sup>3</sup>	
altezza rinterro	Hr	0.50 m	
peso rinterro	Pr	<b>10.00</b> kN/m	$\gamma_r \times Hr$
peso specifico massetto di protezione	$\gamma_m$	<b>24</b> kN/m <sup>3</sup>	
altezza massetto di protezione	Hm	0.05 m	
peso massetto di protezione	Pm	<b>1.20</b> kN/m	$\gamma_m \times Hm$
Permanente totale	G2p	<b>25.60</b> kN/m	$Pb + Pr$
Permanente nodi 1 e 2	G2P	<b>5.12</b> kN	$G2p \times Sp / 2$

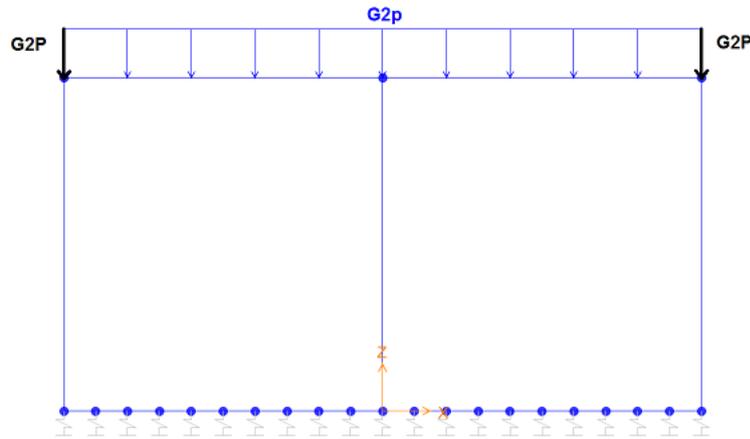


Figura 5 - Condizioni di carico PERM da SAP2000

**Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)**

angolo di attrito rinterro	$\varnothing'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coefficiente spinta attiva $k_a$	$k_a$	0.238	$(1 - \text{sen}\varnothing) / (1 + \text{sen}\varnothing)$
coefficiente spinta riposo $k_o$	$k_o$	<b>0.384</b>	$(1 - \text{sen}\varnothing)$
coefficiente spinta passiva $k_p$	$k_p$	4.204	$(1 + \text{sen}\varnothing) / (1 - \text{sen}\varnothing)$
Pressione estradosso soletta superiore	P1	<b>9.38</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r)$
Pressione asse soletta superiore	P2	<b>10.92</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma_r \times S_s / 2)$
Pressione asse soletta inferiore	P3	<b>29.75</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times [P_b + P_r + \gamma_r \times (S_s + H_{int} + S_f / 2)]$
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	<b>31.67</b> kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma_r \times H_{tot})$
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	<b>2.03</b> kN/m	$(P1 + P2) / 2 \times S_s / 2$
Forza concentrata asse soletta inferiore	F2	<b>7.68</b> kN/m	$(P3 + P4) / 2 \times S_f / 2$

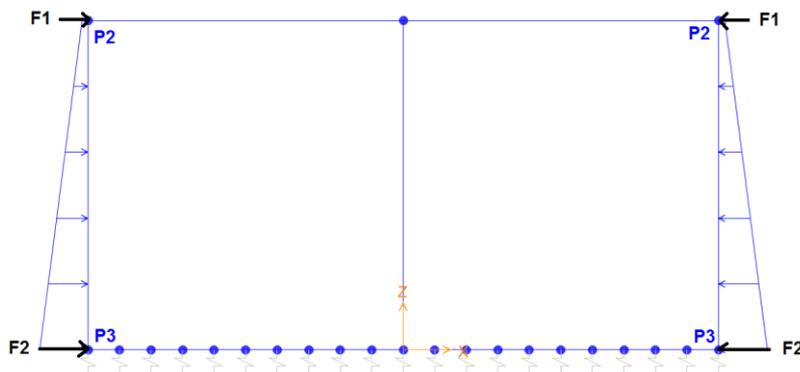


Figura 6 - Condizioni di carico SPTDX/SPTSX da SAP2000

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	57 di 126

**Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)**

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno LM 71 rispetto al carico dovuto al treno SW/2.

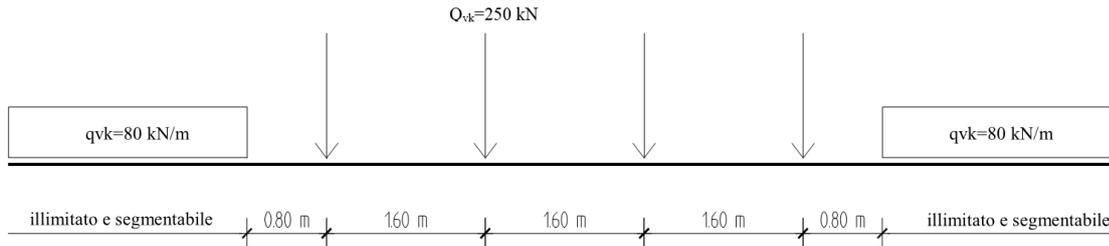


Figura 7. Treno LM71

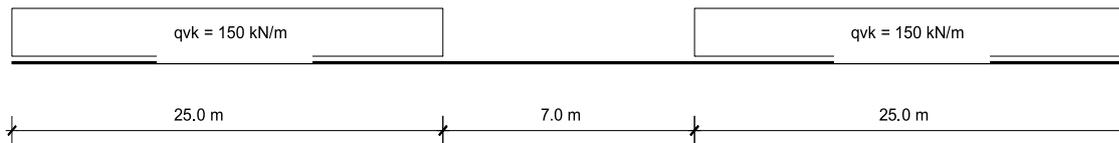


Figura 8. Treno SW/2

Per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$  si fa riferimento al paragrafo 1.4.2 “effetti dinamici” delle istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari. Considerando un normale standard manutentivo si ha:

*(b) per linee con normale standard manutentivo:*

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \quad \text{con la limitazione } 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00 \quad (5.2.7)$$

Per il calcolo della lunghezza caratteristica  $L_\phi$  si fa riferimento alla Tab. 5.2.II di cui nel seguito se ne

TRAVI PRINCIPALI	
5.1 Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettoni a travi incorporate)	luce nella direzione delle travi principali
5.2 Travi e solette continue su n luci, indicando con: $L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$	$L_\phi = kL_m$ dove: $n = 2 - 3 - 4 - \geq 5$ $k = 1,2 - 1,3 - 1,4 - 1,5$
5.3 Portali: - a luce singola  - a luci multiple	da considerare come trave continua a tre luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti e la lunghezza del traverso)  da considerare come trave continua a più luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti terminali e la lunghezza di tutti i traversi)
5.4 Solette ed altri elementi di scatolari per uno o più binari (sottovia di altezza libera $\leq 5,0$ m e luce libera $\leq 8,0$ m). Per gli scatolari che non rispettano i precedenti limiti vale il punto 5.3, trascurando la presenza della soletta inferiore e considerando un coefficiente riduttivo del $\Phi$ pari a 0,9, da applicare al coefficiente $\Phi$	$\Phi_2 = 1,20; \Phi_3 = 1,35$
5.5 Travi ad asse curvilineo, archi a spinta eliminata, archi senza riempimento.	metà della luce libera
5.6 Archi e serie di archi con riempimento	due volte la luce libera

In accordo al §5.2.2.2.3 NTC18 tale coefficiente dinamico nei casi di scatolari, con o senza solettone, aventi copertura  $h > 1,0$  può essere ridotto nella seguente maniera:

$$\Phi_{rid} = \Phi - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0$$

dove h, in metri, è l'altezza della copertura dall'estradosso della struttura alla faccia superiore delle traverse [Hric]. Per le strutture dotate di una copertura maggiore di 2,50 m può assumersi un coefficiente di incremento dinamico unitario.

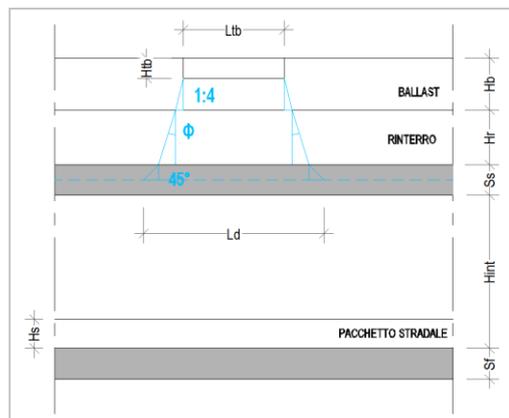


Figura 9. Schema modalità di diffusione dei carichi ferroviari

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	59 di 126

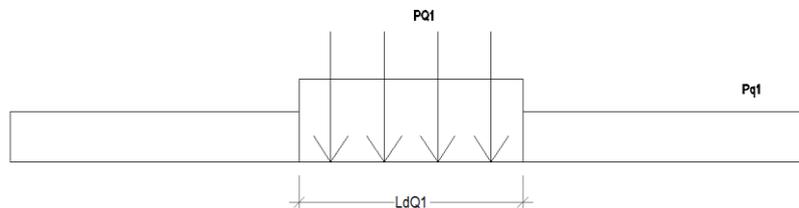


Figura 10. Carichi Treno LM71 su Ld

Sia per il calcolo delle sollecitazioni massime in mezzzeria della soletta superiore che per quelle massime all'incastro con i piedritti di detta soletta, il carico dovuto al treno LM71 viene distribuito per tutta la larghezza LdQ1 del treno di carico.

**Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)**

Standard manutentivo

**NORMALE**

Lunghezza media caratteristica	Lm	2.93 m	tab. 5.2.II - NTC2018
Numero di luci	nL	4.00	
Lunghezza caratteristica	L $\phi$	4.10 m	tab. 5.2.II - NTC2018
Incremento dinamico	$\Phi 3$	1.35	
Incremento dinamico ridotto	$\Phi_{rid}$	1.35	
Tipo di treno di carico		<b>LM71</b>	
Coefficiente di adattamento	$\alpha$	1.10	
Larghezza di diffusione nel ballast	Ldb	0.23 m	Diffusione 1:4 nel ballast
Larghezza di diffusione nel rinterro	Ldr	0.78 m	Diffusione secondo angolo attrito
Larghezza di diffusione nel cls	Ldc	0.40 m	Diffusione 45° nel cls
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ld	<b>3.71 m</b>	Ldb + Ldb + Ldr + Ldc
Carico distribuito per treno di carico	q1	<b>80.00 kN/m</b>	
Carico concentrato per treno di carico	Q1	<b>250.00 kN</b>	
N°. carichi concentrati per treno di carico	NQ1	<b>4</b>	
Larghezza distribuzione carichi conc. Q1	LdQ1	<b>6.40 m</b>	
Carico ripartito vert. per treno di carico (q1)	Pq1	<b>32.05 kN/m<sup>2</sup></b>	$q1 \times \Phi 3 \times \alpha / Ld$
Carico ripartito vert. per treno di carico (Q1)	PQ1	<b>62.60 kN/m<sup>2</sup></b>	

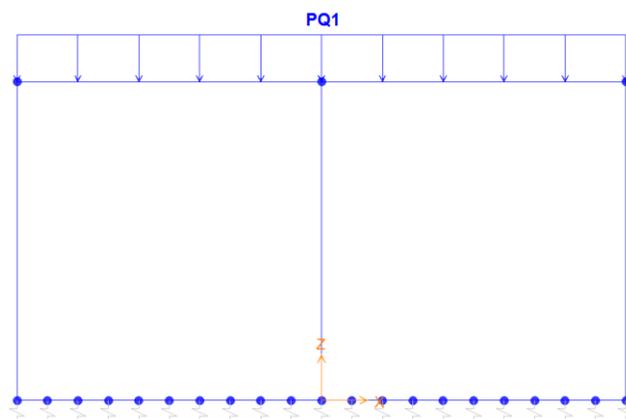


Figura 11 - Condizioni di carico ACCM da SAP2000

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	60 di 126

**Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCSX e SPACCDX)**

Carico distribuito per treno LM71	Sq1	<b>9.13</b> kN/m <sup>2</sup>	$(q1 \times \alpha / Ld) \times Ko$
Carico concentrato per treno LM71	SQ1	<b>17.82</b> kN/m <sup>2</sup>	$Q1 \times NQ1 \times \alpha / (Ld \times LdQ1) \times Ko$
Spinta semispessore soletta superiore	Fq1sup	<b>3.56</b> kN/m	$SPQ1 \times SPs / 2$
spinta semispessore soletta inferiore	Fq1inf	<b>4.46</b> kN/m	$SPQ1 \times SPi / 2$

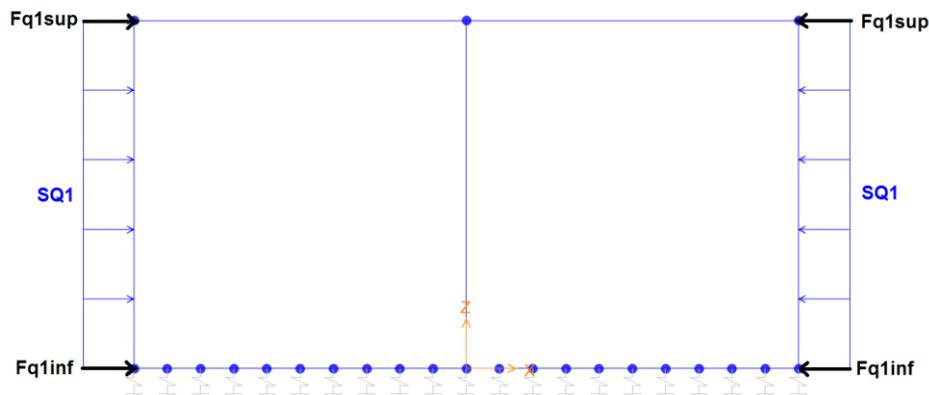


Figura 12 - Condizioni di carico SPACCDX/SPACCSX da SAP2000

**Frenatura e avviamento (condizione AVV)**

Avviamento e frenatura LM71	Av	<b>33.00</b> kN/m	
Avviamento e frenatura LM71 distribuiti	qAv	<b>-8.90</b> kN/m	$Av / Ld$

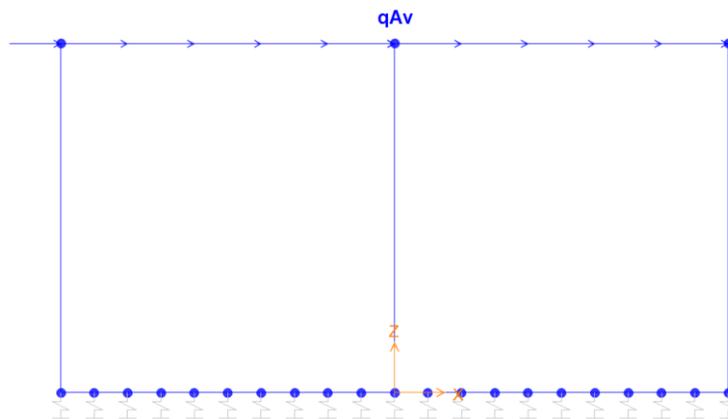


Figura 13 - Condizioni di carico AVV da SAP2000

**Azioni termiche (condizione TERM)**

Variatione termica uniforme	$\Delta T_{unif}$	<b>+ -15.00</b> [°]	Sulla soletta superiore
Variatione termica differenziale	$\Delta T_{diff}$	<b>+ -5.00</b> [°]	Sulla soletta superiore
Gradiente		<b>+ -12.50</b> [°/m]	$\Delta T_{diff} / Ss$

**Ritiro igrometrico (condizione RITIRO)**

Variatione termica uniforme equivalente	$\Delta T_{ritiro}$	<b>-[11.59°]</b>	Sulla soletta superiore
---	---------------------	------------------	-------------------------

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	61 di 126

**CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE**

Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,..) sono pari alle masse moltiplicate per  $kh$  e  $k_v$  ove:  $kh = \beta M \times S \times ag/g$  e  $k_v = kh / 2$ . Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno,  $\beta M = 1$ .

vita nominale	$V_N$	75 anni
classe d'uso	CL	III
coefficiente d'uso	$C_U$	1.50
vita di riferimento = $C_U * V_N$	$V_R$	112.5 anni
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	$P_{VR}$	10%
periodo di ritorno del sisma	$T_R$	1068 anni

**Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale**
Coordinate del sito in oggetto:

Latitudine	40.64363
Longitudine	14.85184

Parametri sismici di progetto
**spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale**

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.129 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	$F_0$	2.716 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	$T^*c$	0.476
categoria sottosuolo		E
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	$S_T$	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	$\xi$	5%
fattore di correzione per $\xi <> 5\%$	$\eta$	1.000

Tab.3.2.V	$S_S$	$C_C$	$S_S$	$C_C$
A	1.00	1.00		
B	1.20	1.28		
C	1.49	1.34		
D	1.80	1.81		
E	1.60	1.55	1.60	1.55

coefficiente amplificazione stratigrafica	$S_S$	1.600
coefficiente di amplificazione	S	1.600
coefficiente categoria sottosuolo	$C_C$	1.548
periodo inizio tratto a accelerazione costante = $T_c / 3$	$T_B$	0.246 sec
periodo inizio tratto a velocità costante = $C_c * T^*c$	$T_C$	0.737 sec
periodo inizio tratto a spostamento costante = $4 * ag/g + 1,6$	$T_D$	2.116 sec
accelerazione massima orizzontale al suolo = $S_s \times S_t \times ag/g$	ago,max	0.206 g

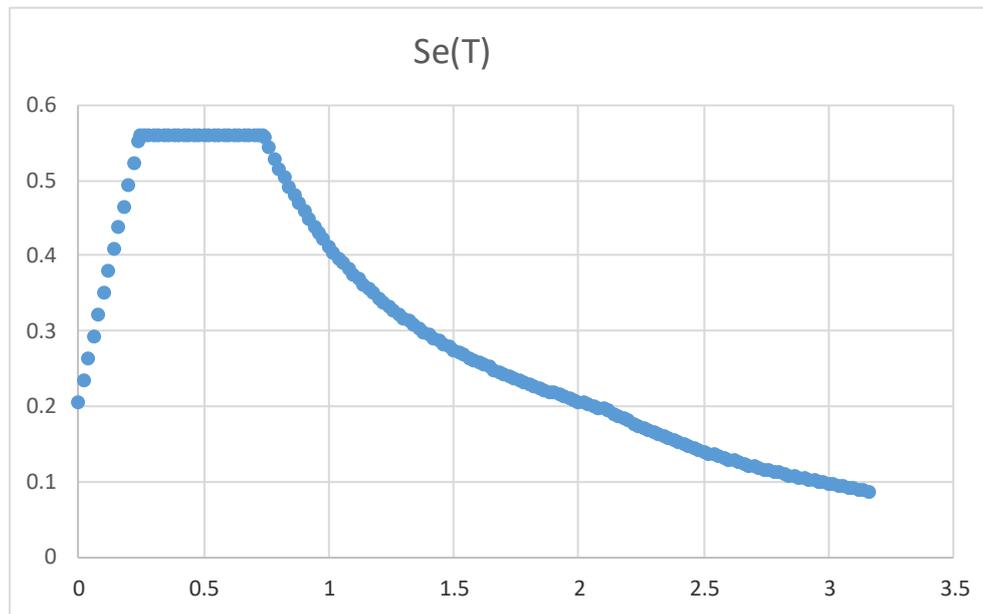
**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	62 di 126

**Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare**

Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito

 $\beta$  **1.000**
 $a_o = k_h = a_{g, \max} = S \times a_g / g$ 
*valore PGA  $\times$  scatolare*
 $a_o = k_h$  **0.2064 g**
 $a_v = k_v = k_h / 2$ 
*valore PGA  $\times$  scatolare*
 $a_v = k_v$  **0.1032 g**
**SPETTRO ORIZZONTALE ELASTICO SLV**

**Forze di inerzia (condizione SismaH)**

Forza di inerzia treno di carico - (%)

 % **20%**

Forza orizzontale sulla soletta di copertura

 $F''_h$  **9.68 kN/m**  $(P_{ss} + P_b + P_r + \%PQ1) \times kb$ 

Forza orizzontale su singolo piedritto

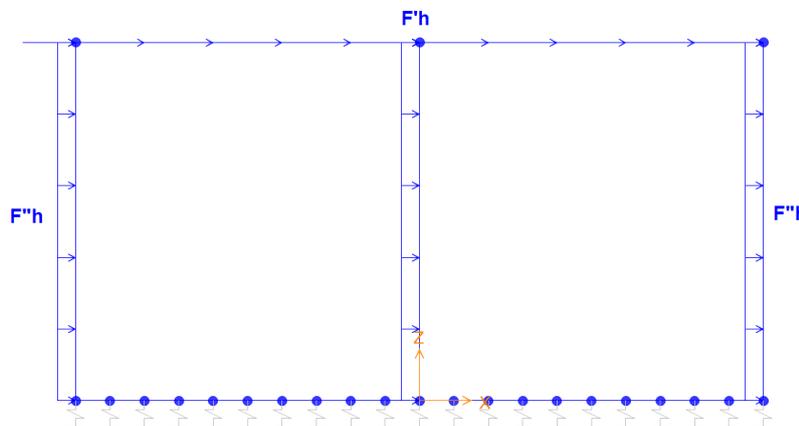
 $F''_h$  **2.06 kN/m<sup>2</sup>**  $P_p \times kb$ 


Figura 14 - Condizioni di carico SISMA H da SAP2000

**Forze di inerzia (condizione SismaV)**

Forza di inerzia treno di carico - (%)

% 20%

Forza verticale sulla soletta di copertura

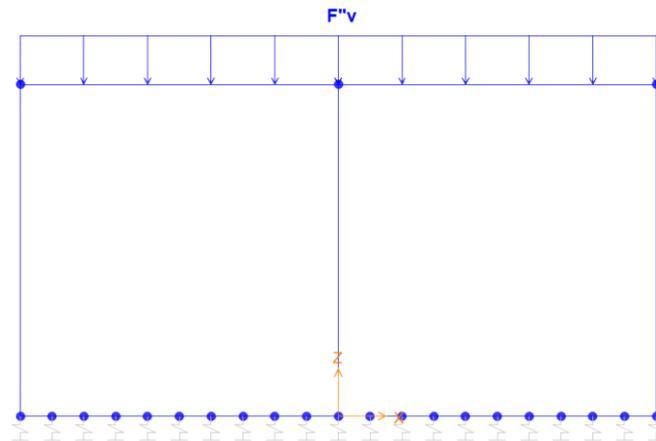
 $F''_v$  **4.84** kN/m<sup>2</sup>  $(P_{ss}+P_b+P_r+%P_{Q1}) \times k_v$ 


Figura 15 - Condizioni di carico SISMA V da SAP2000

**Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSSDX e SPSSX)**

Forza distribuita su uno solo dei piedritti

 $qW$  **19.84** kN/m<sup>2</sup>  $(%P_{Q1}+G_2p+\gamma_r \times H_{tot}) \times (a_{go,max})$ 

Forza concentrata nodo superiore piedritto

 $QW_{sup}$  **3.97** kN  $qW \times S_s / 2$ 

Forza concentrata nodo inferiore piedritto

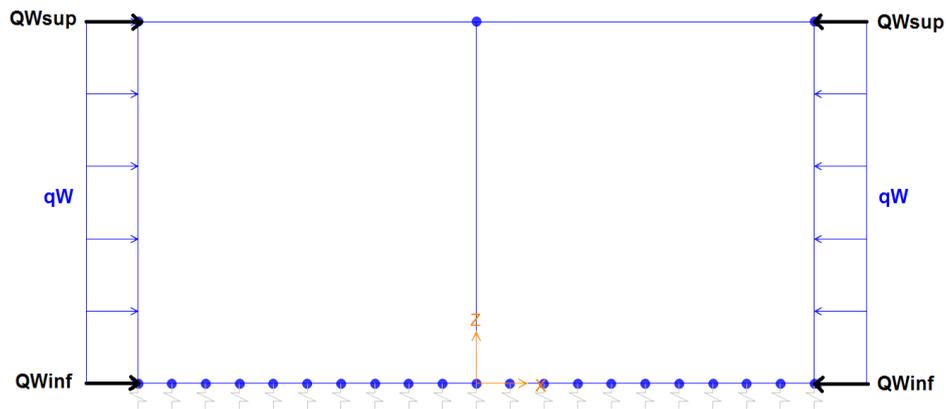
 $QW_{inf}$  **4.96** kN  $qW \times S_f / 2$ 


Figura 16 - Condizioni di carico SPSSDX/SPSSX da SAP2000

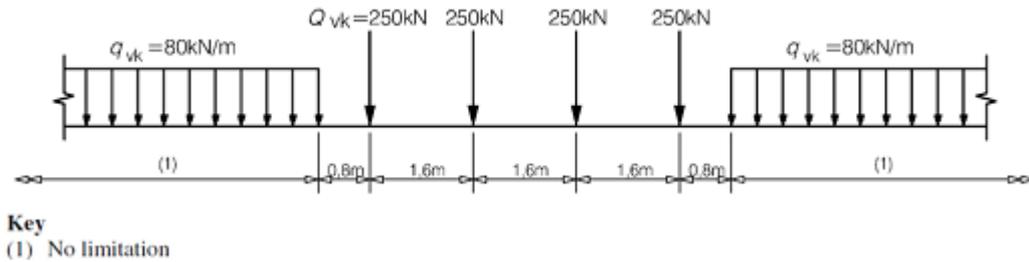
**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	64 di 126

Di seguito si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilita con cui si da evidenza che l'opera in esame è idonea a sostenere tale carico.

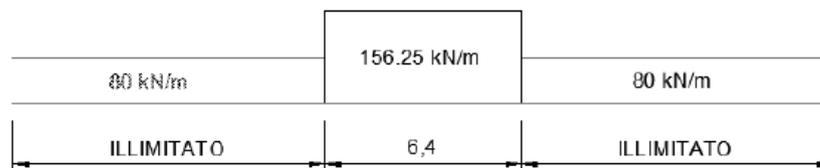
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



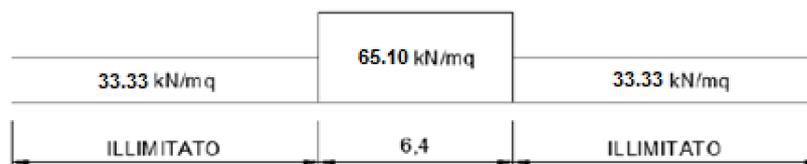
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kPa}$$



Considerando che la distribuzione trasversale dei carichi è su una larghezza massima di 3 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si utilizza una larghezza di progetto pari a 2,40 m in quanto risulta cautelativo rispetto a quanto previsto dalla norma sopra citata. Si ricava, quindi, il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

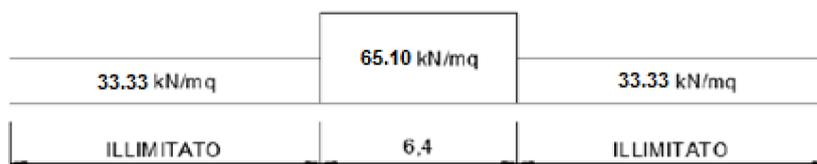
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	65 di 126

Tabella 11

Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ )
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospeno
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeno
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P4 per il traffico passeggeri ed F2 per il traffico merci per cui alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



In conclusione nell'opera in oggetto la ripartizione del carico a quota del piano di regolamento è stata effettuata considerando una distribuzione in senso trasversale secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast per cui risulta:

$$L_d = 2.4 + 0.40 / 4 * 2 = 2.60 \text{ m}$$

anziché:

$$L_d = 3.0 + 0.40 / 4 * 2 = 3.20 \text{ m}$$

come previsto dalla EN 1991 – 2:2003/AC:2010 che risulterebbe meno gravoso.

Longitudinalmente invece i carichi assiali sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m.

A tali carichi è stato applicato un coefficiente  $\alpha$  pari a 1.1 come indicato nel manuale di progettazione per cui in definitiva il carico considerato a quota della piattaforma ferroviaria è pari a:

- $q_1 = 4 * 250 / 6.4 / 2.60 = 60.10 \text{ kN/m}^2$
- $q_2 = 80 / 2.60 = 30.77 \text{ kN/m}^2$

a vantaggio di sicurezza rispetto ai carichi calcolati con riferimento alle STI.

#### 1.5. COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni

derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata, In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

**Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte**

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 (LM 71"++SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	0,75 (LM 71"++SW/0)	1,0 SW/2
≥3	secondo	1,0 (LM 71"++SW/0)	0,75 (LM 71"++SW/0)	1,0 (LM 71"++SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71"++SW/0)	-

<sup>(1)</sup> LM71 "++" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLU e SLE per la verifica delle tensioni, si sono considerati i soli Gruppo 1 e 3, mentre per la verifica a fessurazione è stato utilizzato il Gruppo 4. Nella tabella 5.2.III vengono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcati con due, tre o più binari caricati.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	67 di 126

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come Q<sub>ki</sub>.  
 I coefficienti di amplificazione dei carichi g e i coefficienti di combinazione  $\gamma$  sono riportati nelle tabelle seguenti.  
 In particolare nel calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione A1 STR.

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

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

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

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

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(6)</sup> 1,20 per effetti locali

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

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g^1_1$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di carico	$g^2_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	-
	$g^3_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
	$g^4_4$	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

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

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM
Spinta del terreno sulla parete sinistra	SPTSX
Spinta del terreno sulla parete destra	SPTDX
Carico Accidentale LM71	ACCM
Spinta del carico acc. (LM71) sulla parete Sx	SPACCSX
Spinta del carico acc. (LM71) Sulla parete Dx	SPACCDX
Avviamento e frenatura	AVV
Variazione termica sulla soletta superiore	ENV_TERM
Ritiro	RITIRO
Azione sismica orizzontale	Sisma H
Azione sismica Verticale	Sisma V
Incremento sismico della spinta sul terreno	SPSDX/SX

La 4 condizioni di carico termiche:

$$\Delta T_{\text{uniforme}} = \pm 15^{\circ}$$

$$\Delta T_{\text{differenziale}} = \pm 5^{\circ}$$

e le loro 4 combinazioni sono state preventivamente involuppate nella condizione ENV\_TERM, la quale viene impiegata nelle successive combinazioni di carico per massimizzare gli effetti termici.

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale:

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

Nelle tabelle seguenti sono riportate le combinazioni di carico SLU, SLV e SLE utilizzate. Nelle combinazioni si tiene conto sia della spinta delle terre SPTSX al 100% e SPTDX al 100% che del loro sbilanciamento con SPTSX al 100% e SPTDX al 60%, sbilanciamento concorde con il verso di AVV e SISMAH per massimizzare le caratteristiche di sollecitazione. Lo sbilanciamento è tenuto in conto nelle combinazioni tramite i coefficienti evidenziati in rosso, corrispondenti ai coefficienti della spinta SPTDX moltiplicati per il coefficiente di combinazione 0,60.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	69 di 126

**Combinazioni di carico SLU (non sismiche)**

	1slu	2slu	3slu	4slu	5slu	6slu	7slu	8slu	9slu	10slu	11slu	12slu	13slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1
ACCM	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	1.45	1.45	1.16	1.16	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.35	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.16	1.16	1.015
AVV	1.35	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	0	0	0	0	1.45
ENV_TERM	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

**Combinazioni di carico SLU (non sismiche)**

	14slu	15slu	16slu	17slu	18slu	19slu	20slu	21slu	22slu	23slu	24slu	25slu	26slu
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
PERM	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPTSX	1	1	1	1	1.35	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35
SPTDX	0.6	0.6	0.6	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.6	0.6	0.6	0.6
ACCM	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	1.45	1.45	1.16	1.16	1.015
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
SPACCDX	1.35	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.16	1.16	1.015
AVV	1.35	1.45	1.45	1.45	1.45	0	1.45	0	0	0	0	0	1.45
ENV_TERM	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0.9	-0.9	-1.5	1.5	0.9
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

70 di 126

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

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

Combinazioni di Carico Sismiche SLV								
	sh1	sh2	sh3	sh4	sv1	sv2	sv3	sv4
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1	1
ACCM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AVV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma H	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Combinazioni di Carico Sismiche SLV								
	sh5	sh6	sh7	sh8	sv5	sv6	sv7	sv8
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
ACCM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AVV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma H	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Le combinazioni sismiche vanno eseguite in entrambe le direzioni pertanto le combinazioni SH vanno ripetute per Sisma H = -1 e le combinazioni SV per Sisma V=-0.3.

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

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

Combinazioni di carico SLE						
	1sle	2sle	3sle	4sle	5sle	6sle
DEAD	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1
SPTDX	0.8	0.8	0.8	0.48	0.48	0.48
ACCM	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SPACCSX	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0
SPACCDX	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
AVV	-0.8	0.8	-0.8	-0.8	0.8	-0.8
ENV_TERM	-0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.6	-0.6
RITIRO	0	0	1	0	0	1

Oltre alle verifiche agli stati limite ultimi di tipo strutturale, sono prese in considerazione anche le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3) di cui alle NTC2018, relative a condizioni di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

72 di 126

## 1.6. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

### 1.6.1. Involuppo SLU/SLV

#### CANNA DESTRA

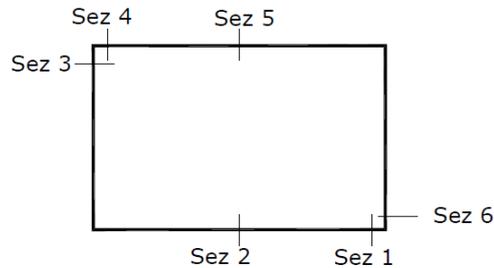
CANNA DX							
Text Frame	m Station	Text OutputCase	Text CaseType	Text StepType	KN P	KN V2	KN-m M3
1	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	279.1	237.9
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	281.4	198.6
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	240.2	198.6
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	245.9	116.0
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	204.5	116.0
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	210.2	56.6
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	168.6	56.6
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	174.3	11.7
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	132.6	11.7
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	138.4	-10.4
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	75.6	-10.4
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	81.4	-10.7
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	18.4	-10.7
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	24.1	-6.1
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-10.0	-6.1
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-5.8	3.2
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-36.1	3.2
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-31.8	32.7
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-63.5	32.7
1	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-61.8	54.2
1	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	52.2	36.4
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	54.0	28.9
1	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	40.3	28.9
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	44.5	12.5
1	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	31.1	12.5
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	35.4	-10.0
1	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	22.2	-10.0
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	26.4	-48.1
1	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	13.5	-48.1
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	17.8	-90.7
1	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-1.2	-90.7
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	3.0	-116.9
1	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-25.2	-116.9
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-19.5	-123.6
1	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-72.6	-123.6
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-66.8	-110.8
1	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-118.9	-110.8
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-113.2	-78.2
1	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-192.6	-78.2
1	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-190.3	-52.3

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	73 di 126

2	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-62.4	-0.4	-15.0
2	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-72.4	23.5	8.3
2	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-82.4	69.0	24.3
2	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-250.1	-84.5	-112.0
2	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-263.6	-59.4	-49.9
2	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-277.1	-45.0	-66.4
3	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-15.0	-55.2	7.7
3	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-20.5	-20.2	79.9
3	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-21.4	14.8	123.6
3	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-15.3	104.1	100.6
3	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-5.6	211.1	12.1
3	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-130.1	-251.4	-158.4
3	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-120.4	-144.4	-12.9
3	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-110.8	-37.4	8.7
3	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-101.1	21.5	-10.8
3	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-99.8	48.2	-82.1
4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-121.7	65.3	58.0
4	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-131.7	65.3	4.7
4	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-141.7	65.3	51.7
4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-529.8	-43.9	-40.3
4	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-543.3	-46.0	-7.3
4	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-556.8	-48.1	-72.6



SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	281.4	237.9
02	0.0	0.0	123.6
03	-62.4	84.5	112.0
04	-5.6	251.4	158.4
05	-5.6	0.0	123.6
06	-82.4	84.5	72.6

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

74 di 126

CANNA SINISTRA

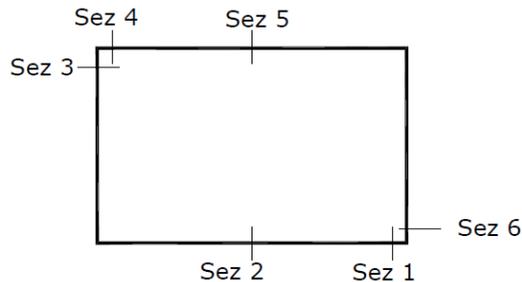
CANNA SX							
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
7	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	196.2	45.4
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	198.6	35.3
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	108.5	35.3
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	114.2	18.4
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	57.2	18.4
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	63.0	6.4
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	18.9	6.4
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	23.1	-0.4
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	3.0	-0.4
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	7.3	-1.9
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-13.5	-1.9
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-9.3	8.1
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-23.7	8.1
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-19.4	56.6
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-34.3	56.6
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-30.0	122.2
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-45.4	122.2
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-41.2	208.1
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-57.1	208.1
7	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	0.0	-55.4	248.8
7	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	63.0	-89.5
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	64.7	-116.3
7	0.34	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	31.0	-116.3
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	35.2	-148.3
7	0.68	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	11.7	-148.3
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	16.0	-158.8
7	1.02	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-35.2	-158.8
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-29.5	-148.3
7	1.36	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-96.1	-148.3
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-90.4	-117.1
7	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-156.1	-117.1
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-150.4	-66.7
7	2.04	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-193.6	-66.7
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-187.9	-8.7
7	2.38	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-230.6	-8.7
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-224.9	2.6
7	2.72	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-267.0	2.6
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-261.3	17.3
7	3.06	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-302.8	17.3
7	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	0.0	-300.5	25.2

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	75 di 126

4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-121.7	65.3	58.0
4	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-131.7	65.3	4.7
4	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-141.7	65.3	51.7
4	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-529.8	-43.9	-40.3
4	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-543.3	-46.0	-7.3
4	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-556.8	-48.1	-72.6
5	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-18.2	-51.3	10.7
5	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-22.8	-16.3	94.9
5	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-23.6	25.5	124.0
5	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-19.6	132.5	84.3
5	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-10.0	239.5	-10.4
5	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-108.7	-227.1	-117.2
5	0.95	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-99.8	-120.1	-0.6
5	1.7	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-99.8	-13.1	9.1
5	2.45	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-99.8	20.2	-15.3
5	3.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-99.8	46.8	-132.4
6	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-67.7	106.9	142.6
6	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-77.7	90.6	46.6
6	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Max	-87.7	66.6	55.6
6	0.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-266.0	11.8	-3.0
6	1.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-279.5	-20.8	-3.3
6	2.2	ENVELOPE SLU SLV	Combination	Min	-293.0	-66.7	-36.0



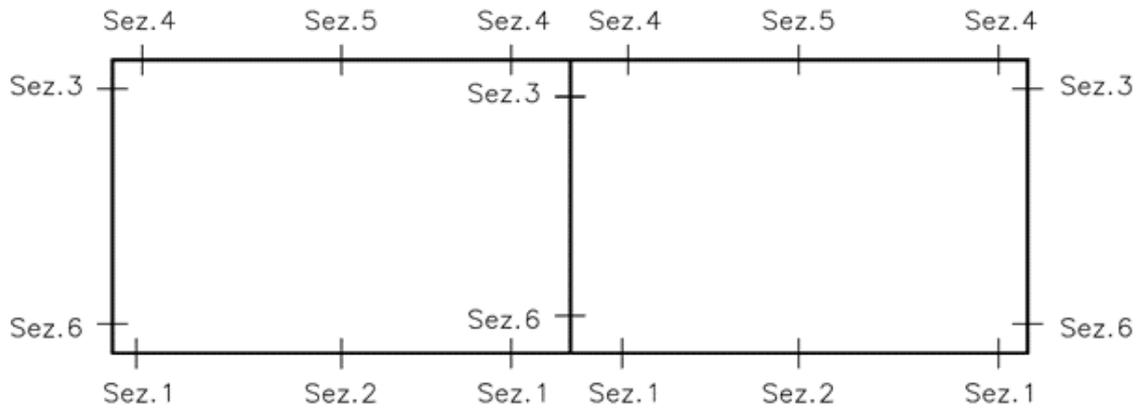
SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	302.8	248.8
02	0.0	0.0	158.8
03	-67.7	106.9	142.6
04	-10.0	239.5	132.4
05	-10.0	0.0	124.0
06	-87.7	106.9	72.6

Di seguito si riporta la tabella relativa alle massime sollecitazioni ottenute per le varie sezioni dimensionanti.

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	76 di 126

MAX			
SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	302.8	248.8
02	0.0	0.0	158.8
03	-62.4	106.9	142.6
04	-5.6	251.4	158.4
05	-5.6	0.0	124.0
06	-82.4	106.9	72.6



ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

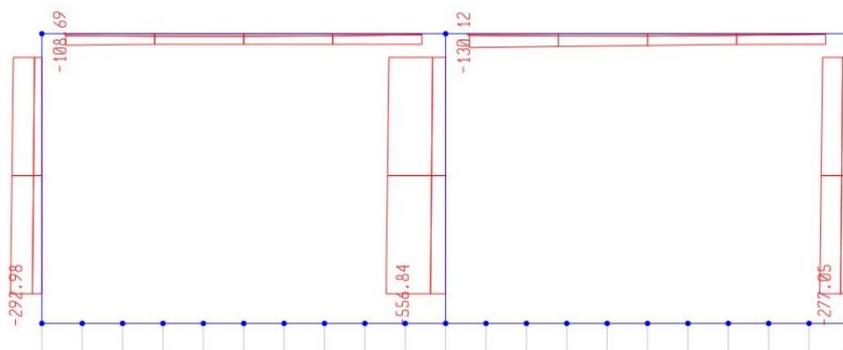
REV.

A

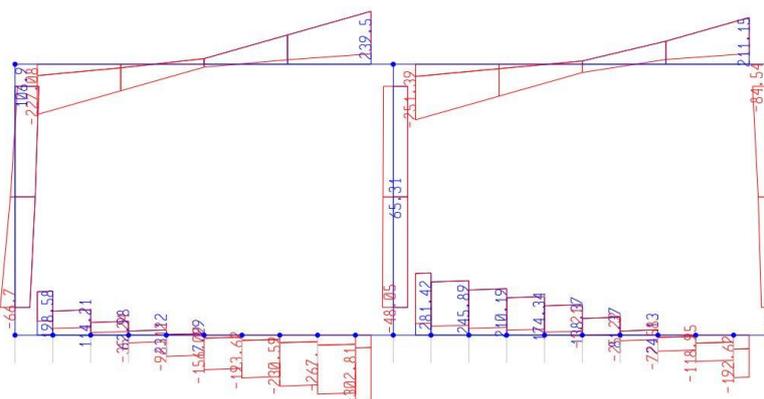
FOGLIO

77 di 126

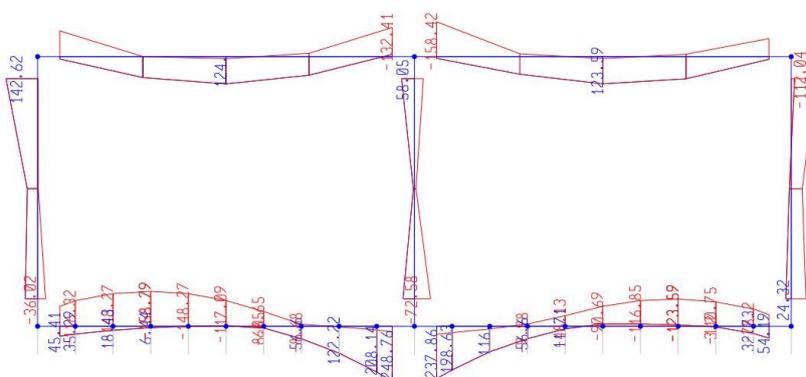
Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU/SLV



Sforzo normale



Taglio



Momento Flettente

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

.1.6.2. Involuppo SLE (rara)

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

78 di 126

CANNA DESTRA

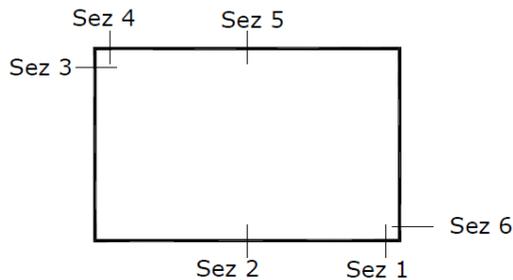
CANNA DX							
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	175.6	152.1
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	177.4	128.1
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	151.5	128.1
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	155.7	77.5
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	129.5	77.5
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	133.8	34.5
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	107.4	34.5
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	111.6	-0.3
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	85.0	-0.3
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	89.3	-27.0
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	49.0	-27.0
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	53.2	-38.2
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	12.5	-38.2
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	16.8	-35.7
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-24.3	-35.7
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-20.1	-22.7
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-61.5	-22.7
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-57.3	0.9
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-113.0	0.9
1	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	0.0	-111.2	17.2
1	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	137.5	84.5
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	139.3	65.2
1	0.34	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	114.1	65.2
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	118.4	25.6
1	0.68	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	93.5	25.6
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	97.7	-7.1
1	1.02	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	73.1	-7.1
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	77.3	-39.4
1	1.36	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	53.0	-39.4
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	57.2	-67.9
1	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	21.1	-67.9
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	25.4	-84.9
1	2.04	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-10.4	-84.9
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-6.1	-89.6
1	2.38	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-41.5	-89.6
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-37.3	-81.7
1	2.72	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-72.4	-81.7
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-68.2	-61.1
1	3.06	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-124.1	-61.1
1	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	0.0	-122.4	-44.5

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	79 di 126

2	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-136.4	-24.2	-30.4
2	1.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-146.4	-0.9	-13.7
2	2.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-156.4	32.6	15.9
2	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-159.1	-76.1	-83.0
2	1.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-169.1	-50.1	-24.1
2	2.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-179.1	-24.3	-30.7
3	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-19.3	-122.1	-23.9
3	0.95	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-24.6	-57.9	48.7
3	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-30.0	6.4	73.0
3	2.45	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-35.3	70.6	51.5
3	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-33.5	134.9	-11.6
3	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-83.9	-144.9	-87.2
3	0.95	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-78.5	-80.6	-4.0
3	1.7	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-73.2	-16.4	29.7
3	2.45	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-78.5	47.9	4.1
3	3.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-83.8	112.1	-69.9
4	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-299.1	22.1	20.3
4	1.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-309.1	22.1	3.1
4	2.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Max	-319.1	22.1	33.0
4	0.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-316.1	-29.9	-26.7
4	1.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-326.1	-29.9	-1.8
4	2.2	ENVELOPE SLERARA	Combination	Min	-336.1	-29.9	-23.8



SEZIONE	P	M3
01	0.0	152.1
02	0.0	89.6
03	-136.4	83.0
04	-19.3	87.2
05	-19.3	73.0
06	-156.4	33.0

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

80 di 126

**CANNA SX**

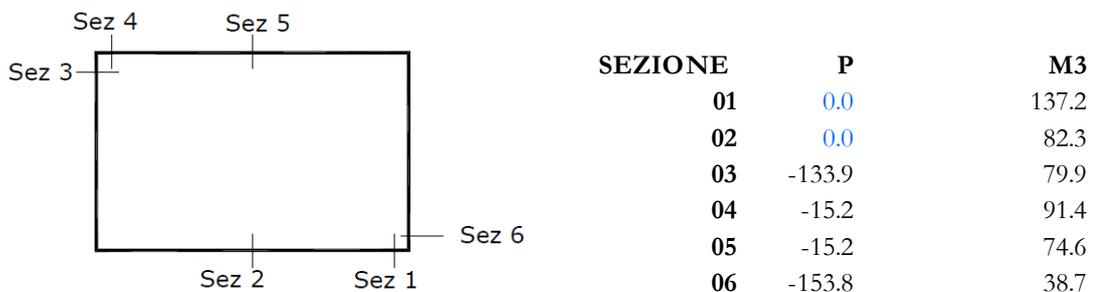
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
7	0.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	122.3	24.9
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	124.1	8.9
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	69.3	8.9
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	73.5	-13.8
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	39.4	-13.8
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	43.7	-25.9
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	9.2	-25.9
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	13.4	-27.4
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-21.5	-27.4
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-17.3	-18.2
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-52.8	-18.2
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-48.5	2.8
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-72.5	2.8
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-68.3	31.3
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-92.6	31.3
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-88.4	67.4
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-113.1	67.4
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-108.9	113.4
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-133.9	113.4
7	3.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Max	0.0	-132.2	137.2
7	0.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	109.4	-35.4
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	111.1	-52.1
7	0.34	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	59.5	-52.1
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	63.7	-73.4
7	0.68	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	23.2	-73.4
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	27.5	-82.3
7	1.02	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-12.7	-82.3
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-8.5	-79.0
7	1.36	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-48.4	-79.0
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-44.1	-63.7
7	1.7	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-83.8	-63.7
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-79.5	-37.0
7	2.04	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-105.8	-37.0
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-101.6	-6.7
7	2.38	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-127.7	-6.7
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-123.5	24.1
7	2.72	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-149.5	24.1
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-145.2	61.8
7	3.06	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-171.0	61.8
7	3.2	ENVELOPE SLERA	Combinati	Min	0.0	-169.3	80.5

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	81 di 126

4	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-299.1	22.1	20.3
4	1.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-309.1	22.1	3.1
4	2.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-319.1	22.1	33.0
4	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-316.1	-29.9	-26.7
4	1.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-326.1	-29.9	-1.8
4	2.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-336.1	-29.9	-23.8
5	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-15.2	-109.6	0.0
5	0.95	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-20.5	-45.3	61.4
5	1.7	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-25.9	18.9	74.6
5	2.45	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-31.2	83.2	42.7
5	3.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-36.6	147.4	-27.3
5	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-86.0	-133.4	-68.3
5	0.95	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-80.7	-69.1	4.6
5	1.7	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-75.3	-4.8	29.3
5	2.45	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-80.7	59.4	-6.3
5	3.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-86.0	123.7	-91.4
6	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-133.9	77.4	79.9
6	1.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-143.8	46.8	25.3
6	2.2	ENVELOPE SLERA Combinati Max	-153.8	8.6	38.7
6	0.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-157.6	9.4	22.4
6	1.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-167.6	-6.9	11.8
6	2.2	ENVELOPE SLERA Combinati Min	-177.6	-41.2	-11.1

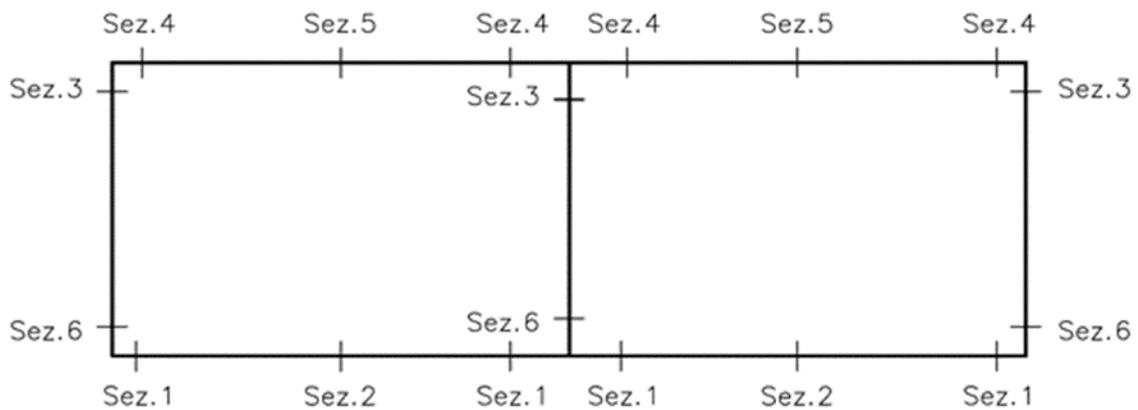


Di seguito si riporta la tabella relativa alle massime sollecitazioni ottenute per le varie sezioni dimensionanti.

ELABORATI GENERALI  
 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	82 di 126

MAX		
SEZIONE	P	M3
01	0.0	152.1
02	0.0	89.6
03	-133.9	83.0
04	-15.2	91.4
05	-15.2	74.6
06	-153.8	38.7



ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

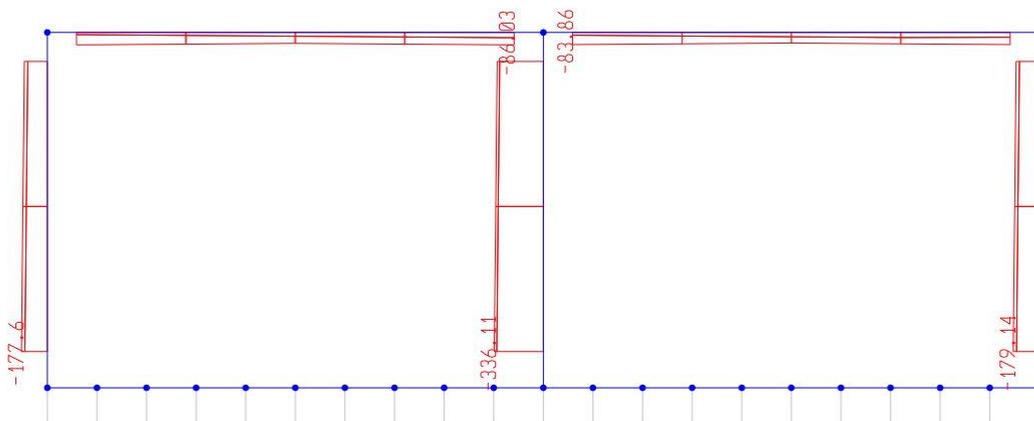
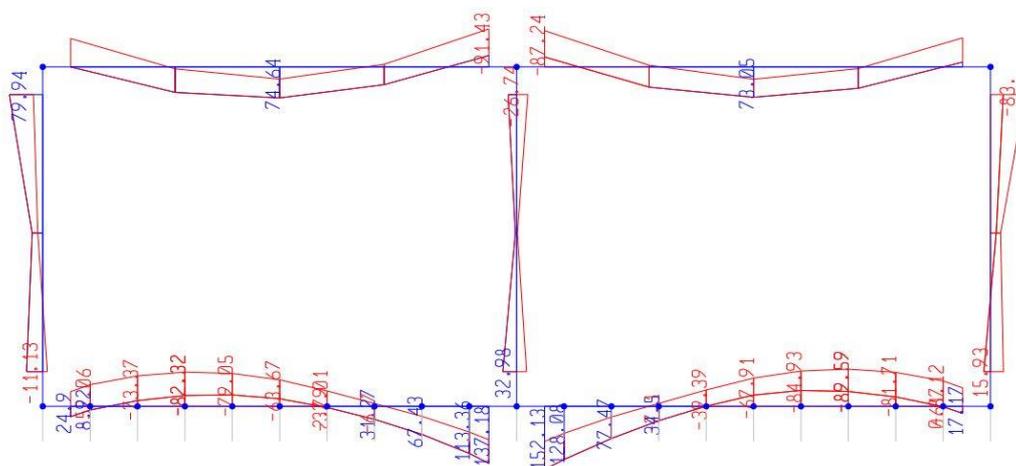
CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

83 di 126

*Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLE (rara)*

*Sforzo normale*

*Momento Flettente*

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	84 di 126

**Oggetto:**

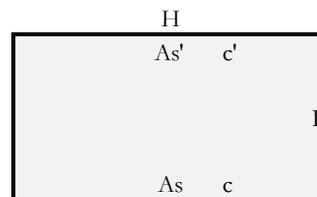
Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 01

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm
H	Altezza sezione rettangolare	500 mm
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm
d	Altezza utile = H-c	430 mm
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	248.8 kNm
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	302.8 kN
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm
Fi1	1° diametro armatura tesa	20
Fi2	2° diametro armatura tesa	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	
As'	Armatura superiore compressa	0 mmq
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm
s. Staffe	Passo staffe	200 mm
bracci	Numero Bracci staffe	2
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R
Msl	Momento di esercizio [(+)]	152.1 kNm
Nsl	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck
sigcR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk

**Geometria della Sezione:**



**Dati di Output:**

**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	88%
Mrd	Momento ultimo resistente	483 kNm	Coeff.Sfrutt.	52%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	243 kN	Coeff.Sfrutt.	125%
Vrd	Taglio ultimo resistente	343 kN		88%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	3 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-43 Mpa	Coeff.Sfrutt.	12%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	129 Mpa	Coeff.Sfrutt.	36%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-5 Mpa	Coeff.Sfrutt.	28%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	138 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.14 mm	Coeff.Sfrutt.	68%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	85 di 126

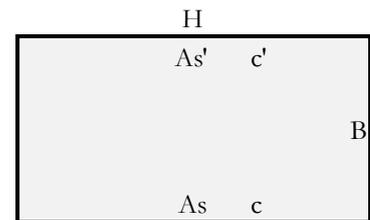
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 02

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	500 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	430 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	158.8 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m	11.31 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	89.6 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	40%
Mrd	Momento ultimo resistente	483 kNm	Coeff.Sfrutt.	33%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	243 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Vrd	Taglio ultimo resistente	343 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	3 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-19 Mpa	Coeff.Sfrutt.	5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	76 Mpa	Coeff.Sfrutt.	21%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-2 Mpa	Coeff.Sfrutt.	14%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	142 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.08 mm	Coeff.Sfrutt.	40%

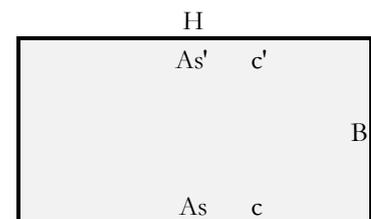
**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	86 di 126

**Oggetto:**
[Tombino BICANNE IN09\\_2+346](#)
[Sezione n°. 03](#)
**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-62.4 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	142.6 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	106.9 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	16	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	2011 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	2011 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msl	Momento di esercizio [(+)]	83.0 kNm	
Nsl	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-133.9 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	59%
Mrd	Momento ultimo resistente	251 kNm	Coeff.Sfrutt.	57%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	193 kN	Coeff.Sfrutt.	55%
Vrd	Taglio ultimo resistente	193 kN	Coeff.Sfrutt.	55%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-31 Mpa	Coeff.Sfrutt.	9%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	110 Mpa	Coeff.Sfrutt.	31%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-5 Mpa	Coeff.Sfrutt.	26%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	97 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.12 mm	Coeff.Sfrutt.	59%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	87 di 126

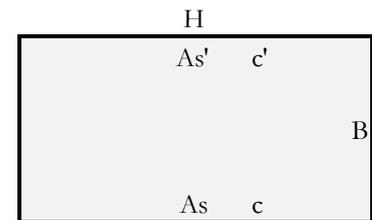
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 04

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-5.6 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	158.4 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	251.4 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	3142 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m	11.31 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	91.4 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-15.2 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	96%
Mrd	Momento ultimo resistente	361 kNm	Coeff.Sfrutt.	44%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	216 kN	Coeff.Sfrutt.	116%
Vrd	Taglio ultimo resistente	263 kN	Coeff.Sfrutt.	96%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	2 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-26 Mpa	Coeff.Sfrutt.	7%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	101 Mpa	Coeff.Sfrutt.	28%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-4 Mpa	Coeff.Sfrutt.	22%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	94 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.10 mm	Coeff.Sfrutt.	49%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	88 di 126

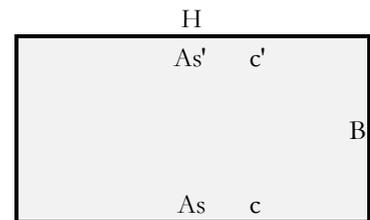
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 05

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-5.6 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	124.0 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20	
Fi2	2° diametro armatura tesa		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10	
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		
As'	Armatura superiore compressa	2655 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	3142 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	12 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1131 mmq/m	11.31 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	74.6 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-15.2 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	39%
Mrd	Momento ultimo resistente	361 kNm	Coeff.Sfrutt.	34%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	216 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Vrd	Taglio ultimo resistente	263 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	2 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-22 Mpa	Coeff.Sfrutt.	6%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	82 Mpa	Coeff.Sfrutt.	23%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.Sfrutt.	19%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	94 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.08 mm	Coeff.Sfrutt.	39%

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	89 di 126

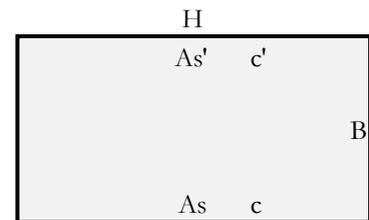
**Oggetto:**

Tombino BICANNE IN09\_2+346

Sezione n°. 06

**Dati di Input:**

B	Base sezione rettangolare	1000 mm	
H	Altezza sezione rettangolare	400 mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	70 mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	70 mm	
d	Altezza utile = H-c	330 mm	
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-82.4 kN	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	72.6 kNm	
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	106.9 kN	
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm	
Fi1	1° diametro armatura tesa	16	
Fi2	2° diametro armatura tesa	0	
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10 Armatura tesa filante	2011 mmq
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	0 Armatura di raffittim.	0 mmq
As'	Armatura superiore compressa	2011 mmq	
As	Armatura inferiore tesa	2011 mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	0 mm	
s. Staffe	Passo staffe	200 mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0	
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.5 [range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°	
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R	
Msle	Momento di esercizio [(+)]	38.7 kNm	
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	-153.8 kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm	
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck	
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck	
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk	

**Geometria della Sezione:**

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S	Coeff.Sfrutt.Max	55%
Mrd	Momento ultimo resistente	254 kNm	Coeff.Sfrutt.	29%
Vrd	Taglio ultimo resistente senza staffe	196 kN	Coeff.Sfrutt.	55%
Vrd	Taglio ultimo resistente	196 kN	Coeff.Sfrutt.	55%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-19 Mpa	Coeff.Sfrutt.	5%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	31 Mpa	Coeff.Sfrutt.	9%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-2 Mpa	Coeff.Sfrutt.	12%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	98 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.03 mm	Coeff.Sfrutt.	17%

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLV/SLE:

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:							
SL	VERIF	SEZ01	SEZ02	SEZ03	SEZ04	SEZ05	SEZ06
SLU	Med/Mrd	52%	33%	57%	44%	34%	29%
SLU	Ved/Vrd	88%	0%	55%	96%	0%	55%
SLE	(sigse/sigsr)s	12%	5%	9%	7%	6%	5%
SLE	(sigse/sigsr)i	36%	21%	31%	28%	23%	9%
SLE	(sigce/sigr)s	28%	14%	26%	22%	19%	12%
SLE	wk/wklim	68%	40%	59%	49%	39%	17%
	MAX	88%	40%	59%	96%	39%	55%
	MAX	96%					

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

### 1.8. ARMATURA DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La  $\epsilon$  ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	91 di 126

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

 $A_{s,min}$  è l'area minima di armatura nella zona tesa;

 $A_{ct}$  è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

 $\sigma_s$  è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento  $f_{yk}$  dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

 $f_{ct,eff}$  è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

 $f_{ct,eff} = f_{ctm}$  se la formazione delle fessure è prevista prima di 28d;

 $k$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi,  $k=1$ 
 $k_c$  è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva;  $k_c=1$  per trazione,  $k_c=0,4$  per flessione,  $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(\sigma_c))$  nel caso flessione combinata con sforzo normale.

base della sezione		1000 mm
altezza della sezione		400 mm
area sezione calcestruzzo	$A_{ct}$	400000 mm <sup>2</sup>
tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450 Mpa
resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione	$f_{ck}$	30 Mpa
tensione resistente cls a trazione	$f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$	2.90 Mpa
coefficiente $k_c$	$k_c$	1.00
coefficiente $k$	$k$	1.00
area minima acciaio teso nella sezione	$A_{s,min}$	2575 mm <sup>2</sup>

 P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni impedito, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine  $\sigma_s$  nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N

**Diametri massimi delle barre  $\phi^*_s$  per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>**

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:  
 $c = 25$  mm;  $f_{ct,eff} = 2,9$  MPa;  $h_{cr} = 0,5$ ;  $(h - d) = 0,1 h$ ;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,4$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_t = 0,4$  e  $k' = 1,0$ .

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi^*_s (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

 $\phi_s$  è il diametro massimo "modificato" delle barre;

 $\phi^*_s$  è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

 $h$  è l'altezza totale della sezione;

 $h_{cr}$  è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

 $d$  è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

 Se tutta la sezione è tesa  $h-d$  è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

Verifica armatura trasversale:

diametro barre trasversali	$\Phi$ trasv	14 mm	< F <sub>s</sub>	Verifica soddisfatta
passo barre trasversali	passo	100 mm		
N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi)	n.strati	2		
Area barre trasversali	A <sub>s</sub>	3079 mm <sup>2</sup>		
stato tensionale barre dopo fessurazione	$\sigma_s$	376 mm <sup>2</sup>	< f <sub>yk</sub>	Verifica soddisfatta
$\phi$ barre da tabella 7.2N x $\sigma_s$ e $w_k=0,2$ mm	$\phi^*_s$	8 mm		
altezza zona tesa prima della fessurazione	h <sub>cr</sub>	400 mm		
altezza totale sezione	h	400 mm		
copriferro (asse barre)	c	50 mm		
altezza utile sezione	d	350 mm		
diametro massimo modificato utilizzabile	$\phi_s$	32 mm	(= F <sub>s</sub> )	

## 1.9. RIEPILOGO ARMATURE

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	93 di 126

**A seguire il riepilogo delle armature del tombino:**

Pareti di spessore	40 cm		
con armatura principale esterna	<b>F16 /100</b>		2011 mm <sup>2</sup>
con armatura principale interna	<b>F16 /100</b>		2011 mm <sup>2</sup>
Soletta superiore di spessore	40 cm		
con armatura principale superiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>
con armatura principale inferiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>
Soletta inferiore di spessore	50 cm		
con armatura principale superiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>
con armatura principale inferiore	<b>F20 /100</b>		3142 mm <sup>2</sup>

Le pareti non hanno armatura a taglio.

 La soletta superiore necessita di armatura a taglio **F12 /200** dir.princ. /500 dir.trasv.

 La soletta inferiore necessita di armatura a taglio **F12 /200** dir.princ. /500 dir.trasv.

*(Le armature a taglio sono state disposte ove non risultano soddisfatte le verifiche con  $V_{rd}$  senza armatura a taglio)*

Le armature di ripartizione sono:

	Armature di ripartizione:	Area:	% Arm. principale:
Pareti	<b>F14 /100 2 strati</b>	3078.8 mm <sup>2</sup>	77% di 4021 mm <sup>2</sup>
Soletta superiore	<b>F14 /100 2 strati</b>	3078.8 mm <sup>2</sup>	49% di 6283 mm <sup>2</sup>
Soletta inferiore	<b>F14 /100 2 strati</b>	3078.8 mm <sup>2</sup>	49% di 6283 mm <sup>2</sup>

**Incidenza armature:**

Larghezza utile	Lint	3.00 m	Spessore piedritti	Sp	0.40 m
Altezza libera	Hint	2.00 m	Spessore soletta	Ss	0.40 m
incidenza sovrapp.		20%	Spessore fondazione	Sf	0.50 m
			copriferro	c	0.07 m

Elem.	Ø1 sup/int [mm]	pass1 [mm]	Ø2 sup/int [mm]	pass2 [mm]	Ø3 inf/ext [mm]	pass3 [mm]	Ø4 inf/ext [mm]	pass4 [mm]	Øleg [mm]	Øleg pass1 [mm]	Øleg pass2 [mm]
piedritto	16	100	0	1000	16	100	0	1000	0	1000	1000
soletta	20	100	0	1000	20	100	0	1000	12	200	500
fondaz.	20	100	0	1000	20	100	0	1000	12	200	500
ripartiz.	14	100	x	2 strati							
Elem.	LØ [m]	Lleg [mm]	Vol [m <sup>3</sup> ]	Peso [kg]	incid [kg/m <sup>3</sup> ]	Inc.%					
piedritto	3.28	0.46	0.8	124	155	22%					
soletta	4.18	0.46	1.5	266	175	23%					
fondaz.	4.38	0.56	1.9	282	148	25%					
ripartiz.			5.0	336	67	30%					
<b>TOTALE</b>			<b>5.0</b>	<b>1133</b>	<b>226</b>	<b>100%</b>					

**2. VERIFICHE GEOTECNICHE**

Per le verifiche geotecniche, a favore di sicurezza, sono state utilizzate le sollecitazioni maggiori, e quindi quelle ottenute per la parte di tombino con altezza libera interna maggiore. Nella formula trinomia per il

calcolo della capacità portante, però, è stata considerata come profondità del piano d'appoggio (D) quella della parte di tombino con altezza libera interna minore, in quanto tale effetto è favorevole ai fini del calcolo del carico limite, quindi anche in questo caso la scelta risulta a favore di sicurezza.

La differenza di profondità d'appoggio tra le due parti è dovuto al fatto che i binari della linea esistente, che si trovano al di sopra della parte di tombino varata a spinta e con altezza libera interna minore, si trovano a una quota minore rispetto al piano del ferro della nuova linea che invece si trova al di sopra della parte di tombino gettata in opera e con altezza libera interna maggiore.

### .2.1. Base reaction

Le “base reaction” sono la risultante delle reazioni delle molle per ogni singola combinazione di carico:

TABLE: Base Reactions			
OutputCase	GlobalFZ	GlobalFX	GlobalMY
Text	KN	KN	KN-m
SLU01	1199.40	77.22	109.22
SLU01	1199.40	77.22	109.22
SLU02	1199.40	12.13	29.71
SLU02	1199.40	12.13	29.71
SLU03	1199.40	12.13	29.71
SLU03	1199.40	12.13	29.71
SLU04	1199.40	86.02	117.57
SLU04	1199.40	86.02	117.57
SLU05	1199.40	77.22	109.22
SLU05	1199.40	77.22	109.22
SLU06	582.17	65.09	79.50
SLU06	582.17	65.09	79.50
SLU07	1199.40	86.02	117.57
SLU07	1199.40	86.02	117.57
SLU08	410.75	73.89	87.86
SLU08	410.75	73.89	87.86
SLU09	1199.40	73.89	87.86
SLU09	1199.40	73.89	87.86
SLU10	1199.40	-73.89	-87.86
SLU10	1199.40	-73.89	-87.86
SLU11	1075.95	43.27	55.24

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	95 di 126

SLU11	1075.95	43.27	55.24
SLU12	1075.95	43.27	55.24
SLU12	1075.95	43.27	55.24
SLU13	1014.23	48.89	77.01
SLU13	1014.23	48.89	77.01
SH1	505.76	-127.85	-234.02
SH1	505.76	-127.85	-234.02
SH2	486.02	-127.85	-234.02
SH2	486.02	-127.85	-234.02
SH3	505.76	-12.78	-95.48
SH3	505.76	-12.78	-95.48
SH4	486.02	-12.78	-95.48
SH4	486.02	-12.78	-95.48
SV1	462.98	-30.90	-59.66
SV1	462.98	-30.90	-59.66
SV2	528.80	-30.90	-59.66
SV2	528.80	-30.90	-59.66
SV3	462.98	3.62	-18.10
SV3	462.98	3.62	-18.10
SV4	528.80	3.62	-18.10
SV4	528.80	3.62	-18.10
SLU14	1199.40	67.16	99.66
SLU14	1199.40	67.16	99.66
SLU15	1199.40	2.07	20.16
SLU15	1199.40	2.07	20.16
SLU16	1199.40	2.07	20.16
SLU16	1199.40	2.07	20.16
SLU17	1199.40	72.44	104.68
SLU17	1199.40	72.44	104.68
SLU18	1199.40	63.64	96.32
SLU18	1199.40	63.64	96.32
SLU19	582.17	51.51	66.61
SLU19	582.17	51.51	66.61
SLU20	1199.40	72.44	104.68
SLU20	1199.40	72.44	104.68
SLU21	410.75	60.31	74.97
SLU21	410.75	60.31	74.97
SLU22	1199.40	60.31	74.97
SLU22	1199.40	60.31	74.97
SLU23	1199.40	-83.95	-97.41
SLU23	1199.40	-83.95	-97.41
SLU24	1075.95	33.21	45.69
SLU24	1075.95	33.21	45.69
SLU25	1075.95	33.21	45.69
SLU25	1075.95	33.21	45.69
SLU26	1014.23	38.83	67.45
SLU26	1014.23	38.83	67.45

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	96 di 126

SV5	462.98	-40.96	-69.21
SV5	462.98	-40.96	-69.21
SV6	528.80	-40.96	-69.21
SV6	528.80	-40.96	-69.21
SV7	462.98	-6.44	-27.65
SV7	462.98	-6.44	-27.65
SV8	528.80	-6.44	-27.65
SV8	528.80	-6.44	-27.65
SH5	505.76	-137.91	-243.58
SH5	505.76	-137.91	-243.58
SH6	486.02	-137.91	-243.58
SH6	486.02	-137.91	-243.58
SH7	505.76	-22.83	-105.03
SH7	505.76	-22.83	-105.03
SH8	486.02	-22.83	-105.03
SH8	486.02	-22.83	-105.03

Le terne di sollecitazioni N-H-M utilizzate nelle verifiche sono le seguenti, involuppate per combinazioni SLU e per combinazioni SLV:

SLU	
Nmax	1199.40 kN/m
Nmin	410.75 kN/m
Hmax	86.02 kN/m
Mmax	117.57 kNm/m
SLV	
Nmax	528.80 kN/m
Nmin	462.98 kN/m
Hmax	137.91 kN/m
Mmax	243.58 kNm/m

Le terne di sollecitazioni sopra elencate sono utilizzate a seguire per le verifiche geotecniche GEO a carico limite e a scorrimento secondo l'approccio 2 (A1-M1-R3) di cui al punto 6.4.2.1 delle NTC2018.

Le caratteristiche geometriche e i coefficienti utilizzati nelle verifiche geotecniche vengono di seguito riportati:

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

97 di 126

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = MI/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

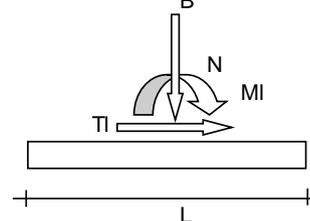
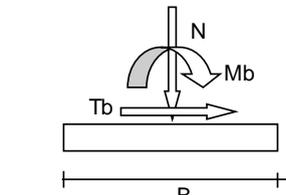
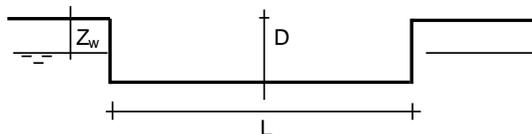
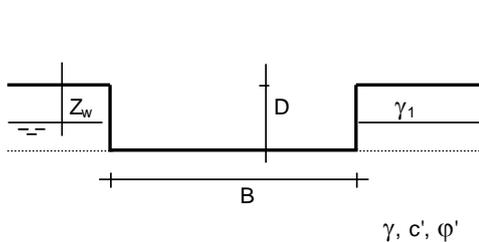
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

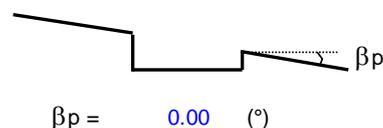
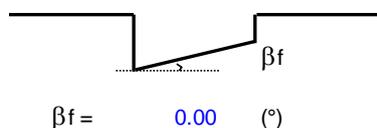
**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze			
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr		
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



(Per fondazione nastriforme  $L = 100$  m)

B = 8.35 (m)  
 L = 100.00 (m)  
 D = 3.20 (m)





**LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO  
PROGETTO DEFINITIVO – INTERFERENZE VIARIE  
ED IDRAULICHE**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	98 di 126

Per il calcolo del carico limite si è utilizzata la formula trinomia, in termini di tensioni efficaci per le condizioni drenate e in termini di tensioni totali per le condizioni non drenate:

**CONDIZIONI DRENATE (TENSIONI EFFICACI):**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

**CONDIZIONI NON DRENATE (TENSIONI TOTALI):**

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

Le seguenti verifiche geotecniche sono distinguibili per:

- Verifiche per combinazioni in fase statica e verifiche per combinazione in fase sismica;
- Verifiche in condizioni drenate e verifiche in condizioni non drenate (in presenza di falda);
- Verifiche per sforzo normale minimo e verifiche per sforzo normale massimo.

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

99 di 126

## .2.2. Verifiche SLU in condizioni drenate

- **SLU-Nmin:**

### AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	410.75		410.75
Mb [kNm]	117.57		117.57
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	86.02		86.02
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	86.02	0.00	86.02

#### Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

#### Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 2.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 22.00 \quad (^\circ)$$

#### Valori di progetto

$$c' = 2.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 22.00 \quad (^\circ)$$

#### Profondità della falda

$$Z_w = 12.90 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.29 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 7.78 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

#### q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

#### γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

#### Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \tan \varphi')}$$

$$N_q = 7.82$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 16.88$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 7.13$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	100 di 126

 **$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

 **$i_b, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg(\varphi')))^m$$

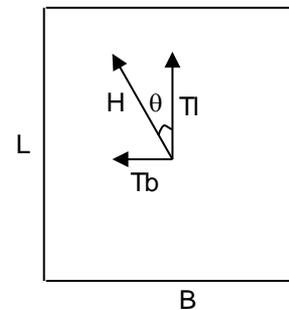
$$i_q = 0.63$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.58$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.51$$


 **$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2) \cdot \arctan(D / B^*)$$

$$d_q = 1.40$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$d_c = 1.46$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 549.08 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 52.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	102 di 126

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 238.73 \geq q = 52.81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 204.84 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 186.22 \geq H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

- **SLU-Nmax:**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	103 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1199.40		1199.40
Mb [kNm]	117.57		117.57
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	86.02		86.02
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	86.02	0.00	86.02

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$c' = 2.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 22.00 \quad (^\circ)$$

*Valori di progetto*

$$c' = 2.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 22.00 \quad (^\circ)$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 12.90 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.10 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 8.15 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 7.82$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 16.88$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 7.13$$

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	104 di 126

**s<sub>c</sub>, s<sub>q</sub>, s<sub>γ</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

**i<sub>c</sub>, i<sub>q</sub>, i<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e  
m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

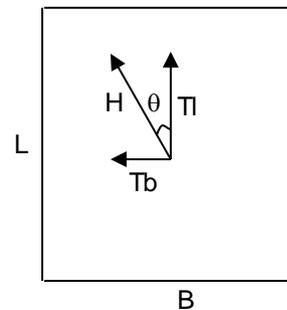
$$i_q = 0.86$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.84$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.80$$



**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \text{sen} \varphi')^2 / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \text{sen} \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.40$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (Nc \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.46$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

105 di 126

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 760.42 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 147.09 \quad (\text{kN/m}^2)$$

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	106 di 126

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 330.62 \geq q = 147.09 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 525.36 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 477.6 \geq H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

.2.3. Verifiche SLU in condizioni non drenate

- **SLU-Nmin:**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	107 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	410.75		410.75
Mb [kNm]	117.57		117.57
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	86.02		86.02
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	86.02	0.00	86.02

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)

$\gamma = 18.00$  (kN/mc)

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$c_u = 20.00$  (kN/mq)

$e_B = 0.29$  (m)

$e_L = 0.00$  (m)

*Valore di progetto*

$c_u = 20.00$  (kN/mq)

$B^* = 7.78$  (m)

$L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 64.00$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 18.00$  (kN/mc)

**Nc : coefficiente di capacità portante**

$N_c = 2 + \pi$

$N_c = 5.14$

**s<sub>c</sub> : fattori di forma**

$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$

$s_c = 1.00$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

108 di 126

 **$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

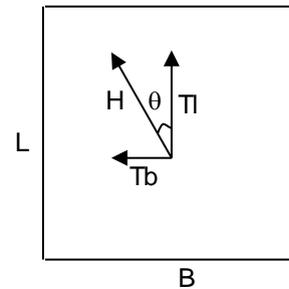
$$\theta = \arctg(T_b / T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 0.89$$


 **$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

 per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$ 

 per  $D/B^* > 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$ 

$$d_c = 1.51$$

 **$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

 **$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

***Carico limite unitario***

$$q_{lim} = 340.54 \quad (\text{kN/m}^2)$$

***Pressione massima agente***

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 52.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 148.06 \geq q = 52.81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 311.10 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 282.82 \geq H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

- **SLU-Nmax:**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	110 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1199.40		1199.40
Mb [kNm]	117.57		117.57
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	86.02		86.02
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	86.02	0.00	86.02

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$$c_u = 20.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.10 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

*Valore di progetto*

$$c_u = 20.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 8.15 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**N<sub>c</sub> : coefficiente di capacità portante**

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

**s<sub>c</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	111 di 126

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

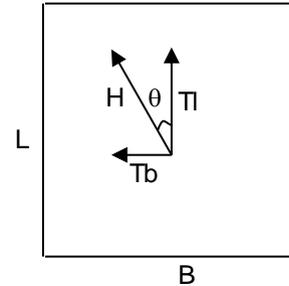
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 0.90$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.51$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 342.07 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 147.09 \quad (\text{kN/m}^2)$$

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

112 di 126

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 148.73 \geq q = 147.09 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 326.16 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 296.51 \geq H_d = 86.02 \text{ (kN)}$$

*.6.4. Verifiche SLV in condizioni drenate*

- **SLV-Nmin:**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 003

REV.

A

FOGLIO

113 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	462.98		462.98
Mb [kNm]	243.58		243.58
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	137.91		137.91
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	137.91	0.00	137.91

**Peso unità di volume del terreno**

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**Valori caratteristici di resistenza del terreno**

$$c' = 2.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 22.00 \quad (^\circ)$$

**Valori di progetto**

$$c' = 2.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 22.00 \quad (^\circ)$$

**Profondità della falda**

$$Z_w = 12.90 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.53 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 7.30 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

 **$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

 **$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \varphi')}$$

$$N_q = 7.82$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 16.88$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 7.13$$

ELABORATI GENERALI  
 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	114 di 126

 **$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

 **$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

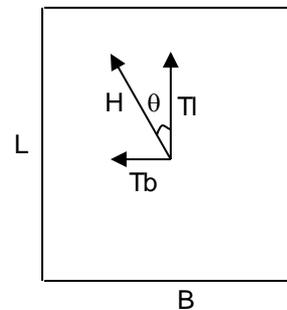
$$i_q = 0.50$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.43$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.36$$


 **$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2 / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2) \cdot \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.40$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$d_c = 1.46$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	115 di 126

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 429.39 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 63.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	116 di 126

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 186.69 \geq q = 63.44 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 223.54 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 203.22 \geq H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

- SLV-Nmax :

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	117 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	528.80		528.80
Mb [kNm]	243.58		243.58
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	137.91		137.91
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	137.91	0.00	137.91

*Peso unità di volume del terreno*

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 20.00 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 18.00 \quad (\text{kN/mc}) \end{aligned}$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$\begin{aligned} c' &= 2.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 22.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

*Valori di progetto*

$$\begin{aligned} c' &= 2.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 22.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 12.90 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.46 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 7.43 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 1.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 7.82$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_c = 16.88$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 7.13$$

ELABORATI GENERALI  
 Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	118 di 126

 **$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

 **$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

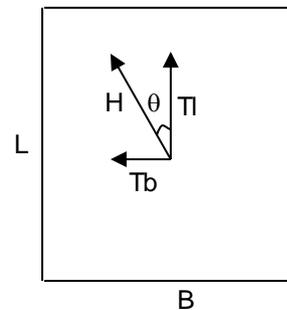
$$i_q = 0.56$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.49$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.41$$


 **$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2) \cdot \arctan(D / B^*)$$

$$d_q = 1.40$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$d_c = 1.46$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

119 di 126

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 476.24 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 71.18 \quad (\text{kN/m}^2)$$

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

120 di 126

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 207.06 \geq q = 71.18 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 250.79 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 227.99 \geq H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

.6.5. Verifiche SLV in condizioni non drenate

- **SLV-Nmin** :

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	121 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	462.98		462.98
Mb [kNm]	243.58		243.58
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	137.91		137.91
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	137.91	0.00	137.91

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$$c_u = 20.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.53 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

*Valore di progetto*

$$c_u = 20.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 7.30 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**Nc : coefficiente di capacità portante**

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

**s<sub>c</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 003

A

122 di 126

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

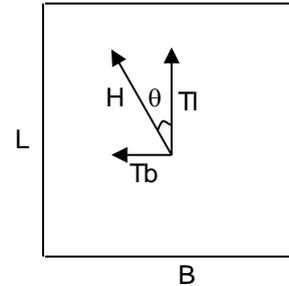
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u N_c))$$

$$i_c = 0.82$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.51$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 316.91 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 63.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

ELABORATI GENERALI  
Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e  
3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	123 di 126

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 137.79 \geq q = 63.44 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 291.91 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 265.37 \geq H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

- SLV-Nmax:

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	124 di 126

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	528.80		528.80
Mb [kNm]	243.58		243.58
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	137.91		137.91
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	137.91	0.00	137.91

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$$c_u = 20.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.46 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

*Valore di progetto*

$$c_u = 20.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 7.43 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 64.00 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**Nc : coefficiente di capacità portante**

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

**s<sub>c</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo Tombino doppia canna 3.00x2.00 e 3.00x1.20 sotto Linea Storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 003	A	125 di 126

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

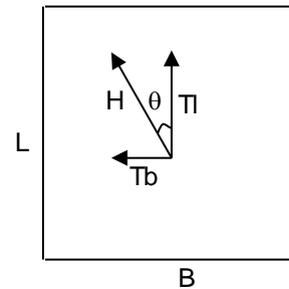
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u N_c))$$

$$i_c = 0.82$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.51$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 317.91 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 71.18 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 138.22 \geq q = 71.18 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**
**Carico agente**

$$H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

**Azione Resistente**

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 297.15 \text{ (kN)}$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 270.14 \geq H_d = 137.91 \text{ (kN)}$$

*.6.6. Tabella verifiche geotecniche GEO*

I coefficienti di sfruttamento che si ottengono per le verifiche geotecniche GEO sono i seguenti:

<b>VERIFICHE GEO</b>			
	<b>Q<sub>lim</sub></b>	<b>Scorr</b>	<b>Esito</b>
SLU-CD_Nmin	22%	46%	OK
SLU-CD_Nmax	44%	18%	OK
SLV-CD_Nmin	34%	68%	OK
SLV-CD_Nmax	34%	60%	OK
SLU-CND_Nmin	36%	30%	OK
SLU-CND_Nmax	99%	29%	OK
SLV-CND_Nmin	46%	52%	OK
SLV-CND_Nmax	51%	51%	OK

*.6.7. Sollevamento per galleggiamento UPL*

La quota della falda è al disotto del piano di imposta del sottopasso per cui non necessitano le verifiche di sollevamento per galleggiamento (UPL) di cui al punto 6.2.4.2 delle NTC 2018.