

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI



PROGETTISTA:

Prof. Ing. Marco PETRANGELI

DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Piergiorgio GRASSO  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

VI01 - Viadotto a doppia campata dal km 17+391 al km 17+431

Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo

APPALTATORE		SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO  24/02/2020		-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	1	0	7	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	I. Lardani 	24/02/2020	G. Usai 	24/02/2020	P. Grasso 	24/02/2020	M. Petrangeli  24/02/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.7.002.A.docx

n. Elab.:

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 002</td> <td>A</td> <td>2 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	2 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	2 di 66								

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
2.1	NORMATIVE.....	5
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	6
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>7</b>
3.1	CALCESTRUZZO PER IMPALCATO .....	7
3.2	ACCIAIO PER PROFILATI E LAMIERE .....	8
3.3	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	8
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>12</b>
6.1	PERMANENTI STRUTTURALI (G1) .....	12
6.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2) .....	12
6.2.1	BALLAST (G21) .....	12
6.2.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI GENERICI (G22) .....	13
6.2.1	TOTALE PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	13
6.3	CARICHI DA TRAFFICO .....	14
6.3.1	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q11) .....	14
6.3.2	CARICHI SUI MARCIAPIEDI .....	16
6.3.3	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA (Q2) .....	16
6.3.4	FORZA CENTRIFUGA (Q3).....	17
6.3.1	SERPEGGIO (Q4) .....	18
6.3.1	DERAGLIAMENTO .....	19
6.3.2	GRUPPI DI CARICO .....	20
6.4	CARICHI VARIABILI (Q5) .....	21
6.4.1	AZIONI DEL VENTO (Q5.1) .....	21
6.4.1	AZIONI AERODINAMICHE INDOTTE DAL TRANSITO DEI CONVOGLI.....	25
6.4.2	AZIONI TERMICHE (Q5.2).....	26
6.4.3	AZIONI DA NEVE (Q5.3).....	26
6.5	AZIONI INDIRETTE (Q6) .....	27

6.5.1	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (Q6.1).....	27
6.6	AZIONI SISMICHE (E) .....	28
6.6.1	SPETTRI DI PROGETTO ALLO SLV .....	28
7	COMBINAZIONI DI CARICO .....	30
8	ANALISI E SOLLECITAZIONI.....	34
8.1	SOLLECITAZIONI SULLA FASCIA DI 4M .....	34
8.2	SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE DI BORDO DELLA FASCIA DI 4M .....	37
8.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI TRAVE DI BORDO FASCIA .....	41
9	VERIFICHE DELLE TRAVI.....	43
9.1	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	43
9.2	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' .....	44
9.2.1	PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO .....	45
9.2.2	FRECCIA SOTTO I CARICHI ACCIDENTALI DINAMIZZATI LM71 .....	46
9.2.3	COMFORT DEI PASSEGGERI.....	46
9.2.4	ROTAZIONE DEGLI APPOGGI.....	46
9.2.5	SGHEMBO .....	47
10	VERIFICA DELLO SBALZO TRASVERSALE .....	49
10.1	VERIFICA A FLESSIONE.....	51
10.2	VERIFICA A TAGLIO .....	52
10.3	VERIFICA A FESSURAZIONE.....	53
11	AZIONI SUGLI APPOGGI.....	54
11.1	RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI .....	63
12	INCIDENZA.....	66

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 002</td> <td>A</td> <td>4 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	4 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	4 di 66								

## 1 PREMESSA

Nell'ambito dell'*Itinerario Napoli-Bari* si inserisce il *Raddoppio della Tratta Cancello – Benevento - 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano* oggetto della Progettazione Esecutiva in esame.

Oggetto della presente relazione sono le analisi e le verifiche dell'impalcato a travi doppio T incorporate di luce pari a 22.0m, previsto in corrispondenza della campata compresa tra spalla S1 e pila P1 del *Viadotto VI01*.

Nella presente relazione sono riportati in forma sintetica i risultati delle sollecitazioni e delle verifiche strutturali della struttura in oggetto.

Nel seguito si procede al calcolo dello stato di sollecitazione ed alle verifiche dei vari elementi costituenti la struttura in elevazione, nei confronti degli Stati Limite Ultimi strutturali di presso-flessione e taglio e gli Stati limite di Esercizio di fessurazione e tensionale.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 002</td> <td>A</td> <td>5 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	5 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	5 di 66								

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVE

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario*
- [4] *Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie*
- [5] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria*
- [6] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari*
- [7] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo*
- [8] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia*
- [9] *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)*
- [10] *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*

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 6 di 66

## 2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

## 3 MATERIALI

### 3.1 CALCESTRUZZO PER IMPALCATO

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	33.20	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.10	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.72	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	2.17	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	18.26	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	13.28	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	33643.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	14018.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Debolmente aggressive		
Classe di esposizione =	XC4		
$c =$	4.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

### 3.2 ACCIAIO PER PROFILATI E LAMIERE

S355 J0

$f_{yk} \geq$	355.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	510.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$\gamma_{m0}$	1.05	-	
$\gamma_{m1}$	1.10	-	
$\gamma_{m2} =$	1.25	-	
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{s} =$	338.1	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto

### 3.3 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

B450C

$f_{yk} \geq$	450.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t / f_y)_k \geq$	1.15		
$(f_t / f_y)_k <$	1.35		
$\gamma_s =$	1.15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7.50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337.50	MPa	Tensione in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 9 di 66

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il viadotto in esame (VI01) è costituito da due campate aventi luce pari a 22.00 m e 17.50 m per una lunghezza complessiva di 39.5m.

L'impalcato oggetto della seguente relazione è costituito da 18 travi metalliche incorporate da un getto di completamento in c.a. che realizza anche gli aggetti laterali. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 13.70 m su cui gravano 2 binari posti ad interasse pari a 4.00 m, in maniera simmetrica rispetto alla mezzeria del viadotto. Le sottostrutture consistono in due spalle ed una pila con fondazioni di tipo profondo su pali. La spalla indicata con "S1" è la spalla mobile mentre quella indicata con "S2" è la spalla fissa.

L'armamento è di tipo convenzionale su ballast. Il manufatto si inserisce nell'ambito di una tratta a doppio binario ed è in grado di ospitare il nuovo tipologico di B.A. previsto per il viadotto. Nell'analisi dei carichi sarà pertanto previsto il posizionamento di tale tipologia di barriere.

L'opera in oggetto è progettata per una Vita Nominale di 75 anni e una Classe d'uso III ( $C_u = 1.5$ ), pertanto il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche del tracciato e dell'impalcato.

Raggio di curvatura	R= 1600 m
Velocità di progetto	$V_1 = 180$ km/h
Sopraelevazione	H= 150 mm
Ponte di categoria	Cat A
Numero binari	$n_b = 2$
Lunghezza dell'impalcato di progetto	$L_{imp} = 22.0$ m
Larghezza strutturale dell'impalcato:	$B_i = 10.41$ m
Larghezza del ballast	$B_b = 830$ cm
Spessore medio del ballast	$S_b = 80$ cm
Larghezza di ripartizione per verifiche	$B_{rs} = 4.0$ m
Spessori dell'impalcato (min - max)	$S_{sn} = 120.3$ cm - $S_{sm} = 126.3$ cm
Profilo delle travi in acciaio	HL1000M
Interasse delle travi	$l_p = 57.7$ cm
Numero totale travi	$n_{pt} = 18$

A seguire si riportano delle immagini che illustrano la geometria della struttura e della fondazione (vista in pianta).

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario**  
**L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	10 di 66

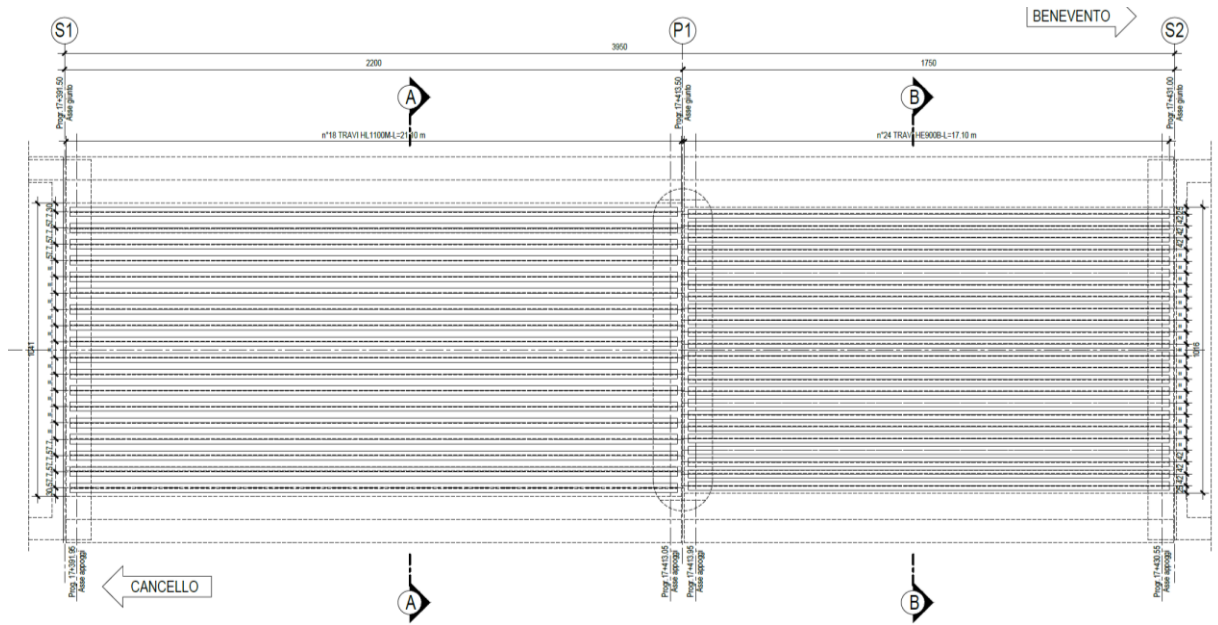


Figura 1 – Pianta impalcato

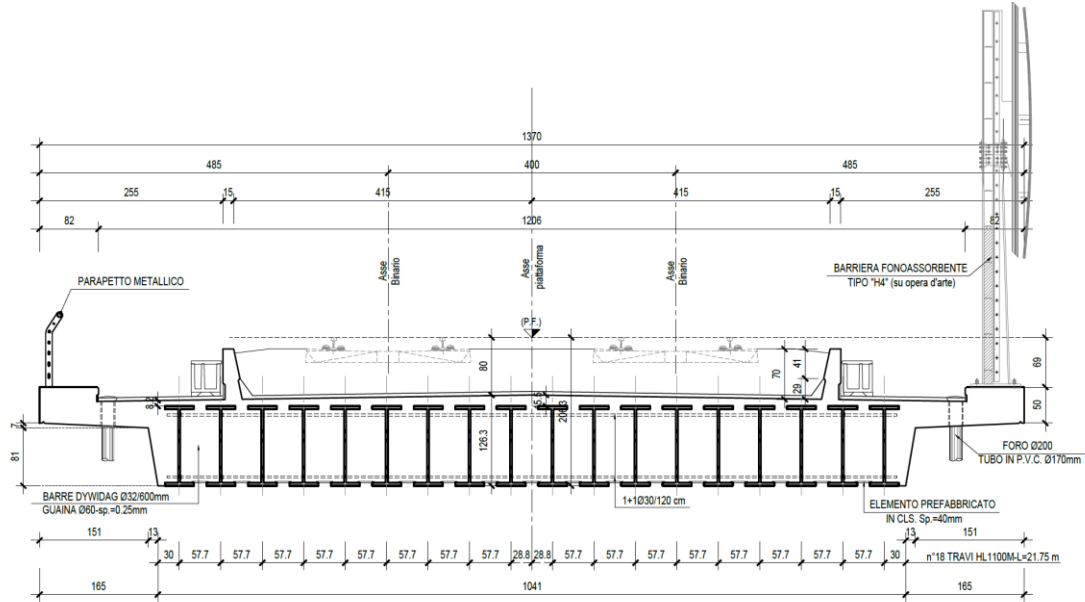


Figura 2 – Sezione trasversale corrente – impalcato L=22m

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 002</td> <td>A</td> <td>11 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	11 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	11 di 66								

## 5 CRITERI DI CALCOLO

Secondo la specifica *RFI DTC SICS MA SP IFS 001 A*, per una luce di calcolo maggiore di 9 m, l'impalcato rientra nelle specifiche del Tipologico 2, pertanto ai fini delle verifiche di resistenza e deformabilità i carichi vengono ripartiti sulla larghezza:

$$\mathbf{Brs = 4.0 \text{ m.}}$$

Il numero di travi comprese in tale fascia è:

$$\mathbf{Nps = Brs/lp = 4.0/0.577 \approx 7}$$

Le azioni vengono combinate in modo da determinare le massime sollecitazioni negli elementi strutturali.

È stata tuttavia condotta, parallelamente, una analisi globale dell'intero impalcato per la determinazione degli scarichi sugli apparecchi di appoggio.

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti sull'impalcato.

### 6.1 PERMANENTI STRUTTURALI (G1)

#### Impalcato

y cls	25	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo armato
A cls	14.58	m <sup>2</sup>	
p trave acc	4.33	kN/m	peso al metro lineare di una trave (HL 1100 M)
A 1 trave	0.055	m <sup>2</sup>	
n travi	18	-	
interasse travi	0.577	m	
n travi 4 m	7	-	
A cls, netta	13.59	m <sup>2</sup>	
P tot travi	77.94	kN/m	
P soletta cls	339.75	kN/m	
<b>g1 tot</b>	<b>417.7</b>	<b>kN/m</b>	

### 6.2 PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

I carichi permanenti non strutturali sono costituiti dal peso della massicciata, dal peso delle barriere antirumore e dal peso delle canalette portacavi.

Secondo il §2.5.1.3.2 [3], ove non si eseguano valutazioni più dettagliate, la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, armamento e dell'impermeabilizzazione potrà effettuarsi assumendo convenzionalmente, per linea in rettilineo, un peso di volume pari a 18,00 kN/m<sup>3</sup>, applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti paraballast, per un'altezza media fra p.f. ed estradosso impalcato pari a 0,80 m.

#### 6.2.1 BALLAST (G21)

##### Ballast/Armamento

y armam.	18	kN/m <sup>3</sup>
L trasv	8.3	m
sp. max	0.8	m
<b>g2.1</b>	<b>119.5</b>	<b>kN/m</b>

## 6.2.2 PERMANENTI NON STRUTTURALI GENERICI (G22)

### Impermeabilizzazione e massetto

y mass.	21	kN/m <sup>3</sup>
L trasv	12.1	m
sp. max	0.05	m
g2.2a	12.7	kN/m

### Canalette portacavi

peso canaletta	2.5	kN/m
num canalette	2	-
g2.2b	5.0	kN/m

### Velette

peso veletta	1.5	kN/m
num velette	2	-
g2.2c	3.0	kN/m

Secondo il §2.5.1.3.2 [3], nella progettazione di nuovi ponti ferroviari dovranno essere sempre considerati i pesi le azioni e gli ingombri associati all'introduzione delle barriere antirumore, anche nei casi in cui non ne sia originariamente prevista la realizzazione, assumendo un peso pari a 4.00 kN/m<sup>2</sup> ed un'altezza minima di 4.00 m misurata dall'estradosso della soletta. Cautelativamente si considerano presenti barriere di altezza 5.05m ad entrambe le estremità dell'impalcato.

### Barriere antirumore

p barriera	4	kN/m <sup>2</sup>
h barriera	5.05	m
num barriere	2	-
g2.5	40.4	kN/m

## 6.2.1 TOTALE PERMANENTI NON STRUTTURALI

g2.1 ballast	119.5	kN/m
g2.2	61.1	kN/m

## 6.3 CARICHI DA TRAFFICO

Per i sovraccarichi mobili si considerano gli effetti prodotti dai modelli di carico rappresentativi del traffico normale (LM71) e pesante (SW/2). Tali effetti sono amplificati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$  e per il coefficiente dinamico  $\phi_3$ . Per il solo modello di carico LM71 si considera, inoltre, un'eccentricità e di carico rispetto l'asse del binario pari a  $e = 143.5/18 = 8$  cm.

Sono inoltre portate in conto le azioni di frenatura ed avviamento, di serpeggio, di vento sul treno e l'effetto della sopraelevazione delle rotaie.

### 6.3.1 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q11)

Le azioni verticali associate ai convogli ferroviari si schematizzano mediante i modelli di carico teorici LM71 e SW/2.

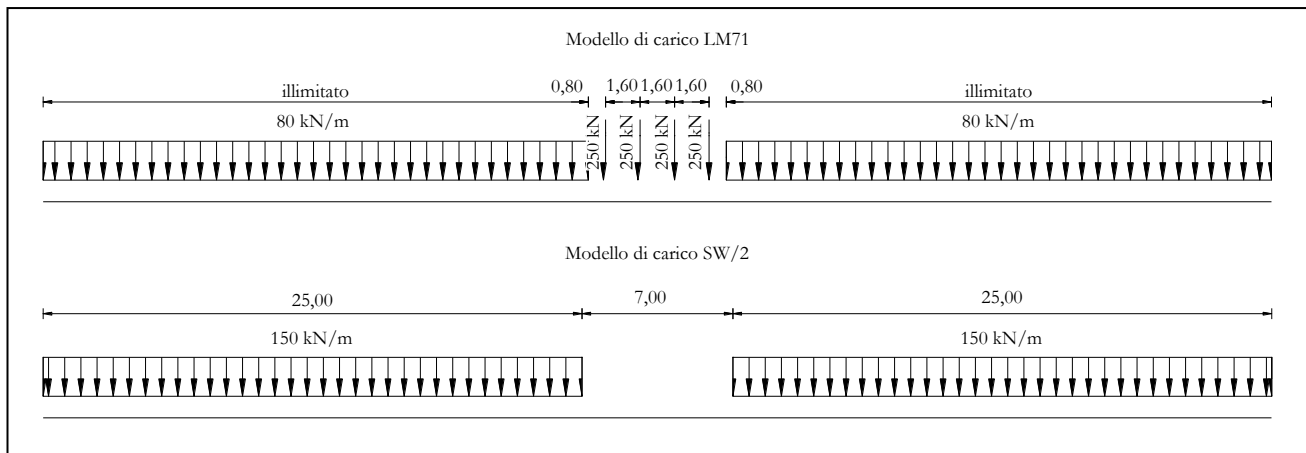


Figura 3 – Modelli di carico teorici LM71 e SW/2

Le differenti disposizioni degli assi e delle stese di carico considerate sono state definite in modo tale da massimizzare le sollecitazioni sulla struttura.

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per il coefficiente  $\alpha$  che deve assumersi come da tabella seguente:

Modello di carico	Coefficiente $\alpha$
LM71	1,10
SW/2	1,00

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per coefficienti che tengono conto dell'amplificazione dinamica. I coefficienti di amplificazione dinamica  $\Phi$  si assumono pari a  $\Phi_2$  o  $\Phi_3$  in dipendenza dal livello di manutenzione della linea. In particolare si assumerà:

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	15 di 66

- per linee con elevato standard manutentivo:  
 $\Phi_2 = 1,44/(\sqrt{L_\Phi - 0,2}) + 0,82$  con limitazione  $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$
- per linee con normale standard manutentivo:  
 $\Phi_3 = 2,16/(\sqrt{L_\Phi - 0,2}) + 0,73$  con limitazione  $1,00 \leq \Phi_2 \leq 2,00$

Per il caso in oggetto si ha:

$L_\Phi$	21.1	m	$L_c$ = luce travi
$\phi_3$	1.22	-	

Alcuni scenari di carico prevedono l'impiego del treno scarico, convenzionalmente costituito da un carico uniformemente distribuito pari a 10.00 kN/m. Tale carico non è dimensionante per il manufatto in oggetto.

Si sono considerati i carichi equivalenti (taglianti e flettenti) previsti dalle norme ferroviarie *RFI DTC SI PS MA IFS 001 A* in funzione della luce di impalcato netta. Tali carichi sono comprensivi del coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

**LM71**

$\alpha$	1.1	-	
$L_c$	21.1	m	
$L_q$	14.7	m	
$L_Q$	6.4	m	
$q(LM71)$	80	kN/m	
$Q(LM71)$	250	kN	
LM71 equiv. flettente	119.2	kN/m	
LM71 equiv. tagliante	126.7	kN/m	
<b>LM71 equiv. flettente</b>	<b>131.2</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$
<b>LM71 equiv. tagliante</b>	<b>139.4</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$

**SW/2**

$\alpha$	1	-	
$L_c$	21.1	m	
$L_q$	14.1	m	
$L_{\text{senza carico}}$	7	m	
$q(LM71)$	150	kN/m	
$Q(LM71)$	0	kN	
LM71 equiv. flettente	150.0	kN/m	
LM71 equiv. tagliante	150.0	kN/m	
<b>LM71 equiv. flettente</b>	<b>150.0</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$
<b>LM71 equiv. tagliante</b>	<b>150.0</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 16 di 66

I carichi considerati nelle analisi e nelle verifiche successive sono i seguenti (i carichi sono già moltiplicati per  $\alpha$  e  $\phi_3$ ):

Q1.1	170.3	kN/m	1 solo binario LM71
Q1.2	150.0	kN/m	1 solo binario SW/2
Q1.3	320.3	kN/m	2 binari: LM71+SW/2
Q1.4	340.6	kN/m	2 binari LM71

### 6.3.2 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

La normativa prevede uno schema di carico “folla” sui marciapiedi, qualora questi (non aperti al pubblico) siano utilizzati dal personale autorizzato per attività di manutenzione e controllo.

Tali carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 10 kN/mq.

Questo carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra i marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli. Per questo tipo di carico distribuito non deve applicarsi l'incremento dinamico.

### 6.3.3 AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA (Q2)

Le azioni di frenatura e avviamento sono costituite da forze uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- avviamento:  $Q_{1a,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71,SW/2
- frenatura:  $Q_{1b,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71  
 $Q_{1b,k} = 35 \text{ kN/m}$  per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per  $\alpha$  e **non** devono essere moltiplicati per  $\Phi$ . Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

Si ottiene, pertanto:

L binario	22.00	m	
Q1a,k	726	kN	avviamento
Q1b,k_LM71	440.0	kN	frenatura LM71
Q1b,k_SW/2	770.0	kN	frenatura SW/2



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 002</td> <td>A</td> <td>17 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	17 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	17 di 66								

<b>Q2.1</b>	<b>1210</b>	<b>kN</b>	avv+frenat LM71 (valori moltiplicati per $\alpha$ )
<b>Q2.2</b>	<b>1569</b>	<b>kN</b>	avv+frenat SW/2 (valori moltiplicati per $\alpha$ )

### 6.3.4 FORZA CENTRIFUGA (Q3)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = \frac{V^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

dove V velocità di progetto espressa in km/h  
 $Q_{vk}$   $q_{vk}$  valore caratteristico dei carichi verticali  
R raggio di curvatura in m  
f fattore di riduzione

$$f = \left[ 1 - \frac{V - 120}{1000} \left( \frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right]$$

$L_f$  lunghezza di influenza, in metri, della parte curva di binario carico sul ponte (la più sfavorevole per il progetto del generico elemento strutturale)

Per il modello di carico LM71 e per velocità di progetto superiori a 120 km/h, si considerano i seguenti 2 casi:

- modello di carico LM71 e forza centrifuga per  $V = 120$  km/h e  $f = 1$ ;
- modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

Per i modelli di carico SW si assume una velocità massima di 100 km/h,

La forza centrifuga non deve essere incrementata dei coefficienti dinamici.

Nel caso in esame si ha:

V	<b>180</b>	km/h
$L_f$	22	m
R	<b>1600</b>	m

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario**  
**L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	18 di 66

### LM71

Qvk **250** kN  
qvk **80** kN/m

#### 1° caso

f **1** -  
V **120** km/h  
 $\alpha$  1.1 -  
**Qtk 19.5 kN**  
**qtk 6.2 kN/m**

#### 2° caso

f 0.76 -  
V 180 km/h  
 $\alpha$  **1** -  
**Qtk 30.3 kN**  
**qtk 9.7 kN/m**

### SW/2

Qvk **0** kN  
qvk **150** kN/m

f **1** -  
V **100** km/h  
 $\alpha$  **1** -  
**Qtk 0 kN**  
**qtk 7.4 kN/m**

Si ottengono i seguenti carichi equivalenti:

	LM71	SW/2	
q equiv_flettente	14.4	7.4	kN/m
q equiv_tagliante	15.4	7.4	kN/m

### 6.3.1 SERPEGGIO (Q4)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario.

Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica.

### 6.3.1 DERAGLIAMENTO

In alternativa ai modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli. La normativa propone due diverse situazioni di progetto:

#### Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60$  kN/m (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12.

Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

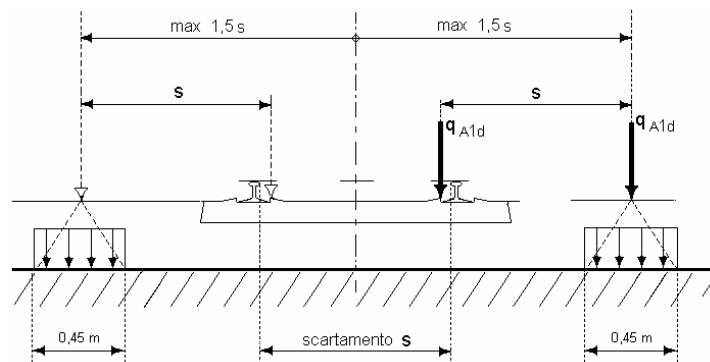


Figura 11 – posizione azioni da deragliamento – caso 1

#### Caso 2

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d} = 80 \times 1.4$  kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di  $1.5 s$  rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.

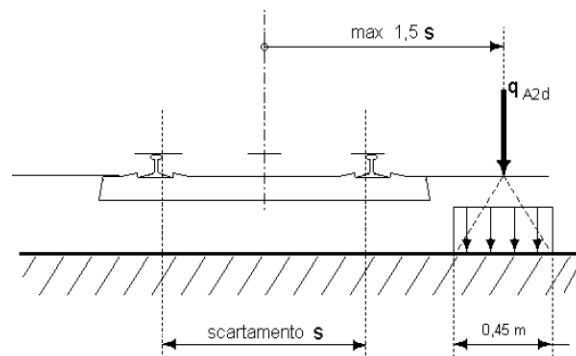


Figura 12 – posizione azioni da deragliamento – caso 2

La posizione dei carichi non determina scenari che vedono coinvolti elementi sensibili a rotture localizzate (mensole, muretti, elementi puntuali, ecc.). Inoltre, sia la posizione che l'entità dei carichi (molto inferiori rispetto ai carichi da

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0107 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">20 di 66</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	20 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	20 di 66								

traffico considerati in progetto), unitamente al fatto che i relativi effetti devono essere considerati nell'ambito delle combinazioni eccezionali (con valori dei coefficienti parziali sensibilmente meno gravosi di quelli considerate nelle combinazioni caratteristiche) portano a concludere che le azioni da deragliamento non sono significative per le verifiche degli elementi strutturali del manufatto e non determinano scenari più gravosi di quelli effettivamente considerati nei confronti della stabilità globale del manufatto.

### 6.3.2 GRUPPI DI CARICO

I carichi da traffico ferroviario verranno assemblati tra di loro secondo 3 gruppi di carico: il gruppo 1, 3 e 4.

Tabella 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	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo.2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc..)

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

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 21 di 66

## 6.4 CARICHI VARIABILI (Q5)

### 6.4.1 AZIONI DEL VENTO (Q5.1)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici.

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

- dove
- $q_b$  pressione cinetica di riferimento
  - $C_e$  coefficiente di esposizione
  - $C_p$  coefficiente di forma
  - $C_d$  coefficiente dinamico, posto generalmente pari a 1

Di seguito si riporta il dettaglio del calcolo di tali fattori per l'opera in oggetto.

#### 6.4.1.1 PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento si determina mediante l'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ (in N/m}^2\text{)}$$

- dove
- $v_b$  velocità di riferimento
  - $\rho$  densità dell'aria, convenzionalmente posta pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

Di seguito si determina la pressione di riferimento sulla base dei parametri caratteristici del sito e il tempo di ritorno dell'opera in oggetto:

#### Parametri dipendenti dal sito

Zona =	3	
$v_{b,0}$ =	27.00	m/s
$a_0$ =	500.00	m
$k_a$ =	0.02	1/s

#### Altitudine del sito

$a_s$ =	45.00	m s,l,m,
$v_b$ =	27.00	m/s

Tempo di ritorno

TR =	75	anni
$\alpha_R(TR) =$	1.023	
$v_b(TR) =$	27.63	m/s

Pressione di riferimento

qb =	477.3	N/m <sup>2</sup>
------	-------	------------------

Dove:

$$\alpha_R = 0,75 \cdot [1 - 0,2 \cdot \ln(-\ln(1 - 1/TR))]^{0,5}$$

$$v_b(TR) = \alpha_R \cdot v_b$$

**6.4.1.2 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE**

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito e si determina mediante l'espressione:

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

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

dove  $k_r, z_0, z_{\min}$  sono parametri che dipendono dalla categoria di esposizione del sito;

$c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente pari a 1

Di seguito si determina il coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza  $z$  del punto considerato, posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §2.5.1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4.00 m sul p.f.. Cautelativamente si considerano presenti barriere H4 ad entrambe le estremità dell'impalcato.

Categoria di esposizione

Classe di rugosità =	D
Distanza dalla costa =	> 30 km

Categoria di esposizione =	II
$k_r =$	0.19
$z_0 =$	0.05 m
$z_{\min} =$	4.00 m

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	23 di 66

Quota di riferimento z

H struttura fino a p.f. =	9.36	m
H b.a. su p.f. =	5.05	m
H treno su p.f. =	4.00	m
z di riferimento =	16.47	m

Coefficiente di esposizione

ce =	2.68
------	------

**6.4.1.3 COEFFICIENTE DI FORMA DELL'IMPALCATO**

Il coefficiente di forma dell'impalcato e l'area di riferimento per il calcolo della forza risultante si determinano in base ai criteri enunciati nel §8.3.1 [9].

A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma  $c_p$  al coefficiente di forza  $c_{fx,0}$ , Il coefficiente di forza  $c_{fx,0}$  si determina in base al rapporto tra larghezza  $b$  e altezza totale dell'impalcato  $d_{tot}$ .

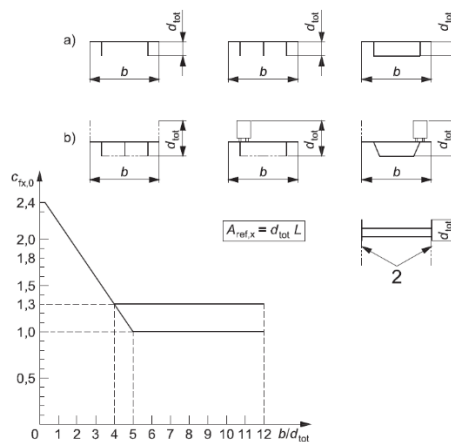


Figura 4 – Correlazione tra il rapporto  $b/d_{tot}$  e coefficiente di forma  $c_{fx,0}$  (figura 8,3 EC1-4)

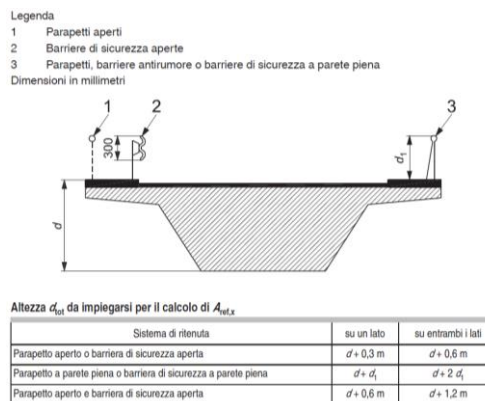


Figura 5 – Criteri per la determinazione dell'area di riferimento (figura 8,5 EC1-4)

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 24 di 66

L'area da considerare per il calcolo della risultante di forza si definisce come la somma di tutte le superfici proiettate dall'impalcato nel piano longitudinale, comprese le barriere e la sagoma dei veicoli.

Per il caso in esame si ha:

Caratteristiche geometriche dell'impalcato

b =	13.70	m
H b.a. su p.f. =	5.05	m
H imp. fino a p.f.	2.06	m
dtot max =	11.11	m
b/dtot =	1.23	
cp, max =	2.07	

**6.4.1.4 AZIONE DEL VENTO DA IMPALCATO**

Di seguito si procede al calcolo dell'azione del vento agente sull'impalcato in relazione ai parametri determinati nei paragrafi precedenti.

Pressione del vento

qb =	477.3	N/m <sup>2</sup>
ce =	2.68	
cp =	2.07	
cd =	1.00	
<b>p = qb · ce · cp · cd =</b>	<b>2.68</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>



### 6.4.1 AZIONI AERODINAMICHE INDOTTE DAL TRANSITO DEI CONVOGLI

Per la valutazione delle azioni aerodinamiche indotte dal transito dei convogli si è fatto riferimento a quanto riportato al punto 2.5.1.4.6 delle istruzioni RFI [RFI DTC SICS MA IFS 001 con riferimento al caso di “Superfici verticali parallele al binario”.

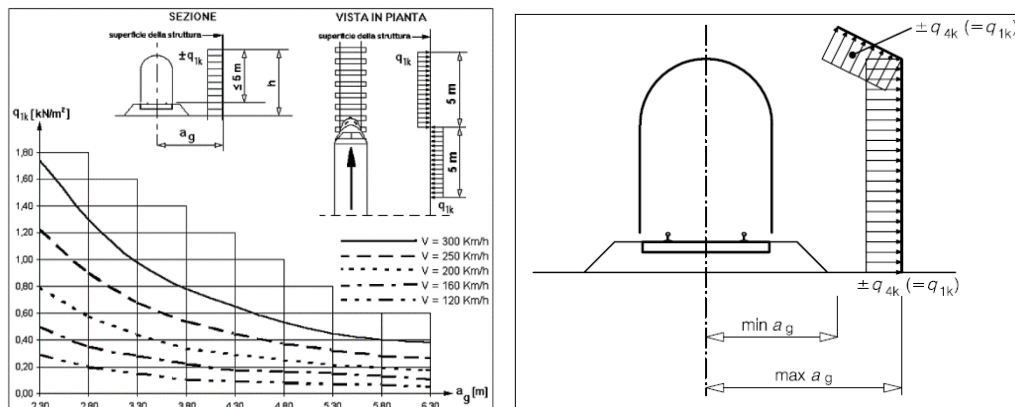


Figura 6 – Valori caratteristici delle azioni e definizione della distanza minima e massima della barriera dal convoglio [NTC – Fig. 5.2.8 e 5.2.11]

Per la linea in esame è possibile considerare, cautelativamente, convogli con forme aerodinamiche sfavorevoli e aventi velocità di linea pari a 180 km/h. Pertanto si ha:

a <sub>g</sub>	4.45	m	distanza barriera asse binario
V	180	km/h	
q <sub>ak</sub>	0.25	kN/m <sup>2</sup>	dal grafico
L <sub>b</sub>	22.0	m	lunghezza barriera
h <sub>b</sub>	5.05	m	altezza barriera
y <sub>b</sub>	1.37	m	distanza attacco barriera da intradosso trave
y <sub>Gb</sub>	3.895	m	baricentro barriera da intradosso impalcato

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 26 di 66

## 6.4.2 AZIONI TERMICHE (Q5.2)

### 6.4.2.1 VARIAZIONE TERMICA UNIFORME

È stata considerata una variazione termica uniforme della struttura pari a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .

### 6.4.2.2 VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

È stata considerata una differenza di temperatura tra estradosso e intradosso della soletta superiore pari a  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

## 6.4.3 AZIONI DA NEVE (Q5.3)

Il carico da neve sulla piattaforma ferroviaria non può essere contemporaneo al traffico ferroviario.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 27 di 66

## 6.5 AZIONI INDIRETTE (Q6)

### 6.5.1 RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (Q6.1)

Per la valutazione delle coazioni generate dallo scorrimento dei vincoli, è stato considerato un coefficiente d'attrito  $f$  pari a 0,06, applicato alle azioni verticali agenti sugli apparecchi d'appoggio.

La forza agente sulle pile per impalcato a travate isostatiche si considera pari a:

$$F_a = f (0.2 * V_G + V_Q)$$

dove  $V_G$  reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

$V_Q$  reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

#### Reazioni verticali massime

$$V(G1+G2) = 6581 \quad \text{kN}$$

$$V(Q1\text{max}) = 3747 \quad \text{kN}$$

Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

$$f = 0.06$$

$$F\_long\_pila = 304 \quad \text{kN}$$

La forza agente sulla spalla mobile per impalcato a travate isostatiche si considera pari a:

$$F_a = f (V_G + V_Q)$$

dove  $V_G$  reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

$V_Q$  reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

#### Reazioni verticali massime

$$V(G1+G2) = 6581 \quad \text{kN}$$

$$V(Q1\text{max}) = 3747 \quad \text{kN}$$

Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

$$f = 0.06$$

$$F\_long\_spalla = 620 \quad \text{kN}$$

Nel caso in esame la fila di appoggi fissi è posizionata sulla pila 1, mentre la spalla 1 è mobile.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 002</td> <td>A</td> <td>28 di 66</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	28 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	28 di 66								

## 6.6 AZIONI SISMICHE (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

### 6.6.1 SPETTRI DI PROGETTO ALLO SLV

Coordinate geografiche del sito:

Latitudine [°]	Longitudine [°]
41,155	14,465

Strategia di progettazione

Vita nominale VN =	75	anni
Coefficiente d'uso cu =	1.5	
Vita di riferimento VR =	112.5	anni
Categoria di sottosuolo =	B	
Categoria topografica =	T1	

Per la definizione della categoria di suolo si rimanda all'elaborato progettuale "VI01 - Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni" IF2612EZZCLVI0103002A.

#### 6.6.1.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ORIZZONTALE

Tr	1068	anni
ag	0.275	g
Fo	2.350	-
S	1.142	-
TB	0.182	sec
TC	0.547	sec
TD	2.699	sec

### 6.6.1.2 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO VERTICALE

Tr	1068	anni
agv	0.195	g
Fv	1.663	-
S	1.000	-
TB	0.050	sec
TC	0.150	sec
TD	1.000	sec

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

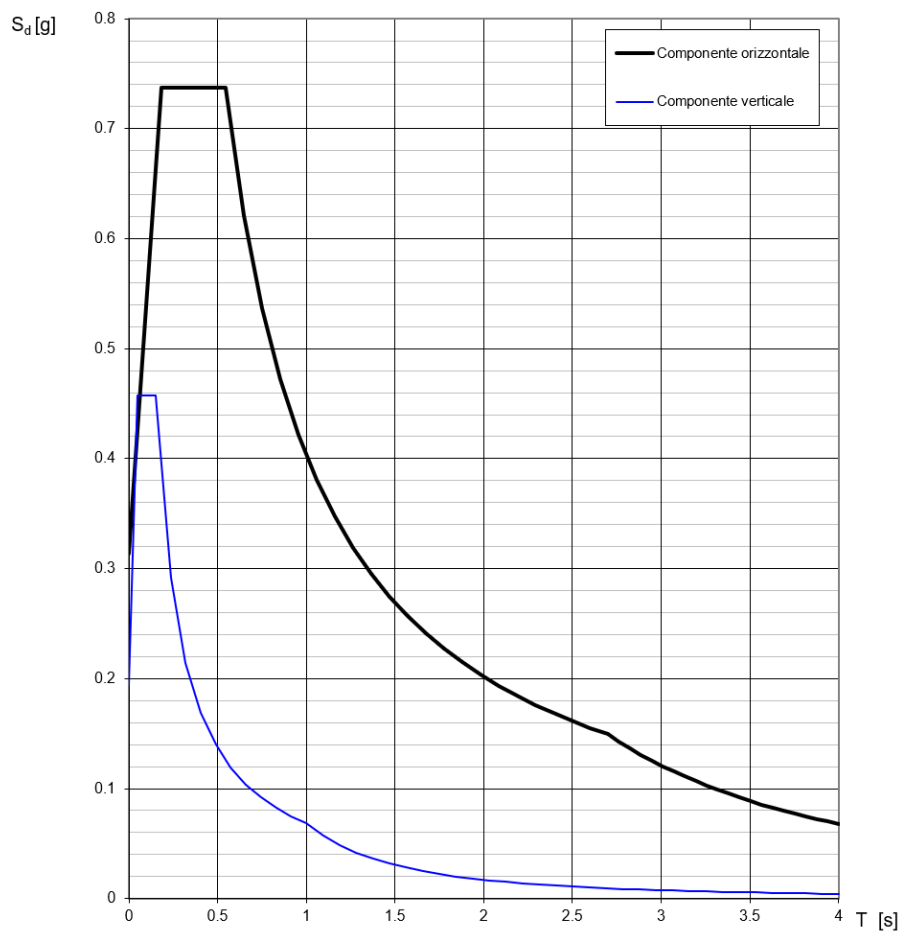


Figura 7 – Spettro elastico allo SLV – Componente orizzontale e verticale

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 002	REV. A	FOGLIO 30 di 66

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

La determinazione delle Sollecitazioni di Progetto utili al dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere oggetto del presente documento, è stata condotta utilizzando il metodo agli stati limite, secondo quanto specificato a riguardo al paragrafo 2.6 del DM 14.01.08, con riferimento all'Approccio 2.

Per la definizione dei criteri di combinazione degli effetti prodotti dalle singole condizioni elementari di carico previste sull'opera, si è fatto inoltre riferimento a quanto prescritto al prg 2.5.3 dello stesso DM, di seguito riproposto per completezza:

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Trattandosi nel caso in esame di opere ferroviarie, la definizione dei coefficienti parziali di combinazione ( $\gamma$ ) e di partecipazione ( $\psi$ ) è stata effettuata seguendo a riguardo le specifiche di cui al paragrafo 5.2.3 del DM 14.01.08 nonché quanto indicato nel relativo manuale di progettazione RFI già citato al paragrafo dei documenti di riferimento; nel seguito un estratto significativo sul tema dei documenti citati.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_p$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 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> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Tabella 1 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli SLU

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

(1) 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.

(2) 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.

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	(2) <sup>(3)</sup>	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

(1) 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.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) 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.

Tabella 2 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	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

Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tabella 3 – Definizione dei gruppi di carico

Di seguito vengono riportate le tabelle che riepilogano le condizioni di carico elementari (C.C.E.) considerate.

	C.C.E.	Descrizione
G - Permanenti	G1	Pesi propri
	G21	Ballast
	G22, G23, G24	Permanenti non strutturali
Q1 - Variabili verticali	Q1	Carichi verticali da traffico
Q2 - Avviamento e frenatura	Q2	Avviamento e frenatura
Q3 - Centrifuga	Q3	Centrifuga
Q4 - Serpeggio	Q4	Serpeggio



Q5 - Variabili	Q51	Vento
	Q52	Termiche
Q6 - Azioni interne	Q61	Resistenza parassite nei vincoli
E - Azioni sismiche	E1	Sisma x
	E2	Sisma y
	E3	Sisma z

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei coefficienti di combinazione utilizzati per le verifiche delle travi.

	Coefficienti combinazione			
	$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff
<b>Azione</b>				
<b>Peso proprio</b>	1.35	-	-	1.35
<b>Sovraccarichi permanenti</b>	1.5	-	-	1.5
<b>LM71 dinamizzato</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Eccentricità del carico LM71</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Effetto della sopraelevazione</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Frenatura/Avviamento</b>	1.45	0.5	-	0.725
<b>Centrifuga</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Serpeggio</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Vento</b>	1.5	-	0.6	0.9

## 8 ANALISI E SOLLECITAZIONI

### 8.1 SOLLECITAZIONI SULLA FASCIA DI 4M

Nei seguenti paragrafi si valutano le azioni flettenti, taglianti e torcenti agenti sulla fascia resistente di larghezza pari a 4.0 m in cui sono presenti 7 travi.

Le azioni verticali prodotte da permanenti e accidentali e quelle prodotte dalla frenatura/avviamento sono ugualmente ripartite sulle diverse travi contenute all'interno della fascia resistente di 4,0 m. Le azioni orizzontali, invece, riportate al baricentro delle travi, producono delle coppie torcenti lungo l'asse dell'impalcato che hanno come effetto quello di caricare maggiormente le travi più esterne della fascia considerata. Analogo effetto hanno l'eccentricità di carico del treno LM e l'effetto della sopraelevazione.

#### MOMENTO FLETTENTE E TAGLIO

##### Peso proprio

	q [kN/m]	l [m]	n_tr	n_tr_4m		
M1,1	417.7	21.10	18	7	9040	kNm
V1,1	417.7	21.10	18	7	1714	kN
R1,1	417.7	21.10	18	7	1714	kN

##### Sovraccarichi permanenti

	q [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M1,2	180.6	21.10	18	7	3909	kNm
V1,2	180.6	21.10	18	7	741	kN
R1,2	180.6	21.10	18	7	741	kN

##### Variabili ferroviari

<u>LM71</u>	$\psi$	$\alpha q$ [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M2 (conf. 1)	1.222	131.2	21.10	18	7	8917	kNm
V2 (conf. 2)	1.222	139.4	21.10	18	7	1797	kN
R2 (conf. 2)	1.222	139.4	21.10	18	7	1797	kN

<u>SW/2</u>	$\psi$	$\alpha q$ [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M2	1.222	150.0	21.10	18	7	10198	kNm
V2	1.222	150.0	21.10	18	7	1933	kN
R2	1.222	150.0	21.10	18	7	1933	kN

##### Frenatura

<u>LM71</u>	$\alpha Q$ [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	484.0	2.06	21.10	47	kN
M4,app	484.0	1.50		726	kNm
M4,mezz				363	kNm

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	35 di 66

<u>SW/2</u>	$\alpha$ Q [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	770.0	2.06	21.10	75	kN
M4,app	770.0	1.50		1155	kNm
M4,mezz				578	kNm

**Avviamento**

<u>LM71</u>	$\alpha$ Q [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	798.6	2.06	21.10	78	kN
M4,app	798.6	1.50		1198	kNm
M4,mezz				599	kNm

<u>SW/2</u>	$\alpha$ Q [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	726	2.06	21.10	71	kN
M4,app	726	1.50		1089	kNm
M4,mezz				545	kNm

**COPPIE TORCENTI A METRO LINEARE DI IMPALCATO**

**Centrifuga**

<u>LM71</u>	$\alpha$ q [kN/m]	z [m]			
mt5,flettenti	14.4	1.50	21.7		kNm/m
mt5,taglianti	15.4	2.06	31.6		kNm/m

<u>SW/2</u>	$\alpha$ q [kN/m]	z [m]			
mt5,flettenti	7.4	1.50	11.1		kNm/m
mt5,taglianti	7.4	2.06	15.2		kNm/m

**Eccentricità del carico LM71**

	q [kN/m]	z [m]			
mt6,flettenti	131.2	0.08	10.5		kNm/m
mt6,taglianti	139.4	0.08	11.1		kNm/m

**Effetto della sopraelevazione**

		s [m]			
es=180xs/143.5=	180	0.15	143.5	0.188	m

<u>LM71</u>	q [kN/m]	es [m]			
mt7,flettenti	131.2	0.188	24.7		kNm/m
mt7,taglianti	139.4	0.188	26.2		kNm/m

<u>SW/2</u>	q [kN/m]	es [m]			
-------------	----------	--------	--	--	--

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	36 di 66

mt7,flettenti	150.0	0.188		28.2	kNm/m
mt7,taglianti	150.0	0.188		28.2	kNm/m

**Vento**

vento su barriera a.r. (senza traffico)

	Fw [kN]	Li [m]	zFw [m]		
mt8=Fw/Li x zFw	414	21.10	3.00	58.7	kNm/m

vento su treno

	Fw [kN]	Li [m]	zFw [m]		
mt8=Fw/Li x zFw	414	21.10	2.47	48.4	kNm/m

**Serpeggio (azione laterale)**

<u>LM71</u>	qs [kN/m]	zs [m]			
mt9=qsxs	110	1.50		165.0	kNm/m

<u>SW/2</u>	qs [kN/m]	zs [m]			
mt9=qsxs	100	1.50		150.0	kNm/m

## 8.2 SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE DI BORDO DELLA FASCIA DI 4M

Di seguito si riportano le azioni flettenti, taglianti e torcenti agenti sulla trave di bordo della fascia resistente. In particolare gli effetti delle coppie torcenti "mt" si traducono un incremento di carico verticale  $\Delta q$  sulla trave di bordo. Le sollecitazioni flettenti e taglianti sono invece equamente suddivise tra le travi appartenenti alla fascia resistente.

L'incremento di carico verticale prodotto sulla trave di bordo dalle coppie torcenti si valuta, in prima approssimazione, considerando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione  $Brs \cdot h$ :

$$\Delta p = \alpha \cdot mt$$

Dove:

$i =$	0.577	m	interasse travi
$d$	2.02	m	braccio trave di bordo
$B_{rip.} =$	4	m	larghezza di ripartizione
$h$	1.108	m	altezza travi
$J = h \times B_{rip.}^3 / 12 =$	5.33	m <sup>4</sup>	inerzia striscia unitaria trasversale di impalcato di altezza=Brs
$\alpha = d \times i / J =$	0.219	1/mq	

### AZIONI VERTICALI

#### Peso proprio

		n_tr_4m		
$M'_{1,1} = M_{1,1}/n$	9040	7	1291 kNm	Momento mezzeria
$V'_{1,1} = V_{1,1}/n$	1714	7	245 kN	Taglio all'appoggio
$R'_{1,1} = R_{1,1}/n$	1714	7	245 kN	Reazione vincolare

#### Sovraccarichi permanenti

		n_tr_4m		
$M'_{1,2} = M_{1,2}/n$	3909	7	558 kNm	Momento mezzeria
$V'_{1,2} = V_{1,2}/n$	741	7	106 kN	Taglio all'appoggio
$R'_{1,2} = R_{1,2}/n$	741	7	106 kN	Reazione vincolare

#### Variabili ferroviari

		n_tr_4m		
<u>LM71</u>				
$M'_{2} = M_{2}/n$	8917	7	1274 kNm	Momento mezzeria (conf. 1)
$V'_{2} = V_{2}/n$	1797	7	257 kN	Taglio all'appoggio (conf. 2)
$R'_{2} = R_{2}/n$	1797	7	257 kN	Reazione vincolare (conf. 2)

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	38 di 66

<u>SW/2</u>		n_tr_4m		
M'2 = M2/n	10198	7	1457 kNm	Momento mezzeria
V'2 = V2/n	1933	7	276 kN	Taglio all'appoggio
R'2 = R2/n	1933	7	276 kN	Reazione vincolare

**Frenatura**

<u>LM71</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	363	7	52 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	47	7	7 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	484	7	69 kN	Sforzo normale

<u>SW/2</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	578	7	83 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	75	7	11 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	770	7	110 kN	Sforzo normale

**Avviamento**

<u>LM71</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	599	7	86 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	78	7	11 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	799	7	114 kN	Sforzo normale

<u>SW/2</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	545	7	78 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	71	7	10 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	726	7	104 kN	Sforzo normale

**AZIONI ORIZZONTALI**

**Centrifuga**

<u>LM71</u>	$\alpha$	mt5 [kNm/m]		
$\Delta p5, flettenti = \alpha \times mt5$	0.219	21.7	4.74 kNm/m	
$\Delta p5, taglianti = \alpha \times mt5$	0.219	31.6	6.91 kNm/m	
	$\Delta p5$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M5 = \Delta p5 \times Lc^2 / 8$	4.74	21.10	264 kNm	momento in mezzeria
$V5 = \Delta p5 \times Lc / 2$	6.91	21.10	73 kNm	taglio all'appoggio

<u>SW/2</u>	$\alpha$	mt5 [kNm/m]		
$\Delta p5, flettenti = \alpha \times mt5$	0.219	11.1	2.42 kNm/m	
$\Delta p5, taglianti = \alpha \times mt5$	0.219	15.2	3.33 kNm/m	

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	39 di 66

	$\Delta p5$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M5 = \Delta p5 \times Lc^2 / 8$	2.42	21.10	135 kNm	momento in mezzeria
$V5 = \Delta p5 \times Lc / 2$	3.33	21.10	35 kNm	taglio all'appoggio

**Eccentricità del carico LM71**

	$\alpha$	mt6 [kNm/m]		
$\Delta p6, \text{flettenti} = \alpha \times mt6$	0.219	10.5	2.29 kNm/m	
$\Delta p6, \text{taglianti} = \alpha \times mt6$	0.219	11.1	2.43 kNm/m	

	$\Delta p6$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M6 = \Delta p6 \times Lc^2 / 8$	2.29	21.10	127 kNm	momento in mezzeria
$V6 = \Delta p6 \times Lc / 2$	2.43	21.10	26 kNm	taglio all'appoggio

**Effetto della sopraelevazione**

LM71

	$\alpha$	mt7 [kNm/m]		
$\Delta p7, \text{flettenti} = \alpha \times mt7$	-0.219	24.7	-5.39 kNm/m	
$\Delta p7, \text{taglianti} = \alpha \times mt7$	-0.219	26.2	-5.73 kNm/m	

	$\Delta p7$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M7 = \Delta p7 \times Lc^2 / 8$	-5.39	21.10	-300 kNm	momento in mezzeria
$V7 = \Delta p7 \times Lc / 2$	-5.73	21.10	-60 kNm	taglio all'appoggio

SW/2

	$\alpha$	mt7 [kNm/m]		
$\Delta p7, \text{flettenti} = \alpha \times mt7$	-0.219	28.2	-6.17 kNm/m	
$\Delta p7, \text{taglianti} = \alpha \times mt7$	-0.219	28.2	-6.17 kNm/m	

	$\Delta p7$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M7 = \Delta p7 \times Lc^2 / 8$	-6.17	21.10	-343 kNm	momento in mezzeria
$V7 = \Delta p7 \times Lc / 2$	-6.17	21.10	-65 kNm	taglio all'appoggio

**Vento**

vento su barriera a.r. (senza traffico)

	$\alpha$	mt8 [kNm/m]		
$\Delta p8 = \alpha \times mt8$	0.219	58.7	12.84 kNm/m	

	$\Delta p8$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M8 = \Delta p8 \times Lc^2 / 8$	12.84	21.10	714 kNm	momento in mezzeria
$V8 = \Delta p8 \times Lc / 2$	12.84	21.10	135 kNm	taglio all'appoggio

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	40 di 66

vento su treno

	$\alpha$	mt8 [kNm/m]		
$\Delta p8 = \alpha \times mt8$	0.219	48.4	10.59	kNm/m
	$\Delta p8$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M8 = \Delta p8 \times Lc^2 / 8$	10.59	21.10	589	kNm momento in mezzeria
$V8 = \Delta p8 \times Lc / 2$	10.59	21.10	112	kNm taglio all'appoggio

**Serpeggio (azione laterale)**

	$\alpha$	mt9 [kNm/m]		
<u>LM71</u>				
$\Delta p9 = \alpha \times mt9$	0.219	165.0	36.06	kNm/m
	$\Delta p9$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M9 = \Delta p9 \times Lc / 4$	36.06	21.10	190	kNm momento in mezzeria
$V9 = \Delta p9$	36.06		36	kNm taglio all'appoggio
	$\alpha$	mt9 [kNm/m]		
<u>SW/2</u>				
$\Delta p9 = \alpha \times mt9$	0.219	150.0	32.78	kNm/m
	$\Delta p9$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M9 = \Delta p9 \times Lc / 4$	32.78	21.10	173	kNm momento in mezzeria
$V9 = \Delta p9$	32.78		33	kNm taglio all'appoggio



### 8.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI TRAVE DI BORDO FASCIA

Le sollecitazioni di pressoflessione e taglio agenti nella trave maggiormente sollecitata sono riportate nella sottostante tabelle suddivise per condizioni elementari di carico e relative ai modelli di carico ferroviario LM/71 e SW/2. Sono inoltre riportate le sollecitazioni di calcolo, ottenute considerando i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa, inclusi quelli per la definizione dei gruppi di carico da traffico:

#### Caso di carico 1 - LM71

	Sollecitazioni caratteristiche			Coefficienti combinazione				Sollecitazioni SLU		
	M mezzeria	V appoggio	N	$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff	M mezzeria	V appoggio	N
Azione	[kNm]	[kN]	[kN]					[kNm]	[kN]	[kN]
Peso proprio	1291	245	0	1.35	-	-	1.35	1743	330	0
Sovraccarichi permanenti	558	106	0	1.5	-	-	1.5	838	159	0
LM71 dinamizzato	1274	257	0	1.45	1	-	1.45	1847	372	0
Eccentricità del carico LM71	127	26	0	1.45	1	-	1.45	184	37	0
Effetto della sopraelevazione	-300	-60	0	1.45	1	-	1.45	-435	-88	0
Frenatura/Avviamento	52	7	69	1.45	0.5	-	0.725	38	5	50
Centrifuga	264	73	0	1.45	1	-	1.45	382	106	0
Serpeggio	190	36	0	1.45	1	-	1.45	276	52	0
Vento	714	135	0	1.5	-	0.6	0.9	643	122	0

$\Sigma$	5516	1096	50
----------	------	------	----

#### Caso di carico 2 - SW/2

	Sollecitazioni caratteristiche			Coefficienti combinazione				Sollecitazioni SLU		
	M mezzeria	V appoggio	N	$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff	M mezzeria	V appoggio	N
Azione	[kNm]	[kN]	[kN]					[kNm]	[kN]	[kN]
Peso proprio	1291	245	0	1.35	-	-	1.35	1743	330	0
Sovraccarichi permanenti	558	106	0	1.5	-	-	1.5	838	159	0
SW/2 dinamizzato	1457	276	0	1.45	1	-	1.45	2112	400	0
Eccentricità del carico SW/2	0	0	0	1.45	1	-	1.45	0	0	0
Effetto della sopraelevazione	-343	-65	0	1.45	1	-	1.45	-498	-94	0
Frenatura/Avviamento	83	11	110	1.45	0.5	-	0.725	60	8	80
Centrifuga	135	35	0	1.45	1	-	1.45	195	51	0
Serpeggio	173	33	0	1.45	1	-	1.45	251	48	0
Vento	714	135	0	1.5	-	0.6	0.9	643	122	0

$\Sigma$	5345	1024	80
----------	------	------	----

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	42 di 66

Caso di carico 3 - scarico

Azione	Sollecitazioni caratteristiche		
	M mezzeria [kNm]	V appoggio [kN]	N [kN]
Peso proprio	1291	245	0
Sovraccarichi permanenti	558	106	0
Treno dinamizzato	0	0	0
Eccentricità del carico	0	0	0
Effetto della sopraelevazione	0	0	0
Frenatura/Avviamento	0	0	0
Centrifuga	0	0	0
Serpeggio	0	0	0
Vento	714	135	0

Coefficienti combinazione			
$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff

1.35	-	-	1.35
1.5	-	-	1.5
1.45	1	-	1.45
1.45	1	-	1.45
1.45	1	-	1.45
1.45	0.5	-	0.725
1.45	1	-	1.45
1.45	1	-	1.45
1.5	-	0.6	0.9

Sollecitazioni SLU		
M mezzeria [kNm]	V appoggio [kN]	N [kN]
1743	330	0
838	159	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
643	122	0

$\Sigma$	3224	611	0
----------	------	-----	---

M mezzeria	5516	kNm
N mezzeria	80	kN
V appoggio	1096	kN

## 9 VERIFICHE DELLE TRAVI

### 9.1 VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche di resistenza allo SLU vengono eseguite per la trave di bordo in funzione delle sollecitazioni massime tra i modelli di carico considerati.

Il calcestruzzo è considerato non collaborante e pertanto la resistenza è affidata alle sole n travi in acciaio comprese all'interno della zona di ripartizione del carico pari a 4.0m.

#### PROFILO

A	55100	mm <sup>2</sup>
W	2.04E+07	mm <sup>3</sup>
S	1.53E+07	mm <sup>3</sup>
J	1.13E+10	mm <sup>4</sup>
tw	22	mm
yg*	554	mm

#### MATERIALE

f <sub>yk</sub>	355	MPa
γ <sub>M0</sub>	1.05	-
f <sub>yd</sub>	338.1	MPa

#### SOLLECITAZIONI

M	5516	kNm
N	80	kN
V	1096	kN

#### TENSIONI

$\sigma = N/A + M/W =$	272	MPa
$\tau = V \times S/(J \times tw) =$	67	MPa

#### FS

$\sigma / f_{yd} =$	0.80	OK
$\tau / (f_{yd} * \sqrt{3}) =$	0.34	OK

La verifica è soddisfatta.

## 9.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Le verifiche di deformabilità sono condotte agli stati limite di servizio considerando la combinazione rara delle azioni e prendendo in esame le seguenti grandezze:

- inflessione nel piano verticale dell'impalcato (rotazione agli appoggi)
- deformazioni torsionali dell'impalcato (fenomeno dello sghebo)
- stato limite per il comfort passeggeri (freccia sotto il treno di carico LM71 dinamizzato)

Le verifiche sono condotte con il treno di carico LM71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico  $\phi_3$ . Per l'inflessione si tiene in conto anche una variazione lineare di temperatura di  $10^\circ$  lungo l'altezza dell'impalcato.

Il calcestruzzo è considerato interamente reagente ai fini della determinazione dell'inerzia flessionale dell'impalcato e della ripartizione trasversale dei carichi mobili con coefficiente di omogeneizzazione pari a  $n = 6$ . Nelle verifiche la fascia di impalcato reagente ha una larghezza  $b = 4.0m$ .

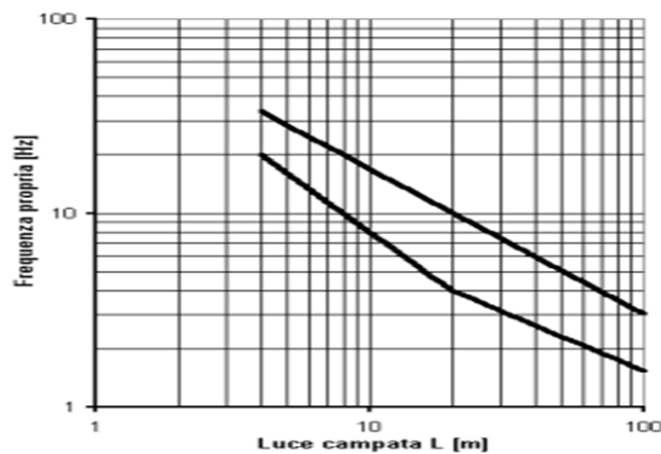
Le caratteristiche della sezione reagente omogeneizzata in cls sono di seguito riportate:

Brip. =	4 m	larghezza di ripartizione
Htravi =	1.108 m	altezza travi acciaio
sp. soletta superiore	0.125 m	spessore medio soletta sopra le ali superiori delle travi
Htot =	1.233 m	altezza totale impalcato
Htot,cls =	1.233 m	altezza totale cls
ntravi,B,rip. =	7 -	numero travi zona ripartizione
yG,travi =	0.554 m	quota baricentro travi
yG,cls =	0.62 m	quota baricentro cls
n	6 -	coeff. di omogeneizzazione
Atrave =	55100 mm <sup>2</sup>	Area trave
Atravi =	385700 mm <sup>2</sup>	Area travi nella zona di ripartizione
Acls,lorda =	4.932 m <sup>2</sup>	Area lorda cls
Acls,netta =	4.546 m <sup>2</sup>	Area netta cls
Jtrave =	1.13E+10 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia trave
Jtravi =	7.91E+10 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia travi (rispetto a yG,travi)
Jcls =	0.625 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia cls (rispetto a yG,cls)
A_om_cls =	6.86 m <sup>2</sup>	area soletta + travi omogeneizzate a cls
yG_om_cls =	0.595 m	quota baricentro soletta + travi omogeneizzate
J'soletta =	1.105 m <sup>4</sup>	inerzia soletta + travi omogeneizzate a cls
Ecm =	33643 MPa	Modulo elastico di progetto

## 9.2.1 PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO

Per controllare l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico  $\phi_3$  assunto nei calcoli si vuole accertare che la frequenza propria  $n_0$  dell'impalcato sia contenuta all'interno del fuso in fig. 5.2.7 della NTC2008 e che si riporta di seguito per chiarezza espositiva:

Figura 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie  $n_0$  in Hz in funzione della luce della campata



un limite superiore pari a:

$$n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748} \quad (5.2.2)$$

un limite inferiore pari a:

$$n_0 = 80/L \quad \text{per } 4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m} \quad (5.2.3)$$

$$n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592} \quad \text{per } 20 \text{ m} \leq L \leq 100 \text{ m} \quad (5.2.4)$$

<b>p1,g1</b>	417.7 kN/m	peso proprio (intero impalcato)
<b>p1,g2</b>	180.6 kN/m	carichi permanenti (intero impalcato)
<b>p1</b>	598.3 kN/m	totale pp+perm. (intero impalcato)
<b>ntravi,B,rip. =</b>	7 -	numero travi nella zona di ripartizione
<b>ntravi =</b>	18 -	numero totale travi
<b>p'1</b>	232.7 kN/m	totale pp+perm. (su Brip.)
<b>Lc =</b>	21.10 m	luce impalcato (asse appoggi)
<b><math>\delta_0 = 5/384 \times p'1 \times L^4 / EJ =</math></b>	16.15 mm	freccia massima per p'1,perm
<b><math>n_0 = 17.75 / \sqrt{\delta_0} =</math></b>	4.42 Hz	stima prima frequenza flessionale
<b><math>n_0, \text{inf} = 23.58 \times L_c^{-0.592} =</math></b>	3.88 Hz	frequenza limite inferiore per L=Lc
<b><math>n_0, \text{sup} = 94.76 \times L_c^{-0.748} =</math></b>	9.68 Hz	frequenza limite superiore per L=Lc
<b>test</b>	OK	$n_0, \text{inf} < n_0 < n_0, \text{sup}$

## 9.2.2 FRECCIA SOTTO I CARICHI ACCIDENTALI DINAMIZZATI LM71

Di seguito si riporta la valutazione della freccia massima per effetto del carico LM71 dinamizzato.

$p2,eq.flett =$	281.2 kN/m	eq. Flettente LM71+SW/2 (2 binari)
$\phi3 =$	1.222 -	coeff. dinamico
$p'2,eq.flett =$	343.5 kN/m	$\phi3 \times p2,eq.flett$
$\delta LM71+SW/2 (2 binari) =$	19.51 mm	freccia in mezzeria
$\delta LIM =$	35.2 mm	freccia limite (L/600)
$\delta < \delta LIM$	OK -	verifica soddisfatta
$\delta / \delta LIM =$	0.55 -	

## 9.2.3 COMFORT DEI PASSEGGERI

Si esegue la verifica al comfort dei passeggeri:

$p2,eq.flett =$	131.2 kN/m	eq. Flettente LM71 (1 binario)
$\phi3 =$	1.222 -	coeff. dinamico
$p'2,eq.flett =$	160.2 kN/m	$\phi3 \times p2,eq.flett$
$\delta LM71 (1 binario) =$	9.10 mm	freccia in mezzeria
$\delta LIM comfort =$	21.1 mm	freccia limite (L/1000)
$\delta < \delta LIM comfort$	OK -	verifica soddisfatta
$\delta / \delta LIM comfort =$	0.43 -	

## 9.2.4 ROTAZIONE DEGLI APPOGGI

Di seguito si riporta la valutazione della rotazione massima degli appoggi.

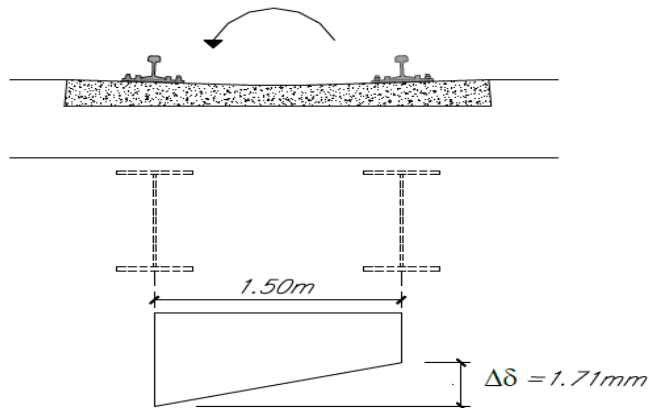
$\theta_{LM71} = 1/24 \times p \times L^3 / EJ$	0.0017 rad	rotazione per LM71 dinamizzato
$\Delta T$	10 °C	variazione termica lineare nello spessore
$\alpha$	1.20E-05 1/°C	coeff. di dilatazione termica dell'acciaio
$SSn$	1.203 m	altezza impalcato minima
$\theta_{\Delta T} = (\alpha \times \Delta T / SSn) \times L/2$	0.0011 rad	rotazione per variazione termica
$\theta_{tot} =$	0.0027 rad	rotazione totale
$H =$	1233 mm	altezza del piano di regolamento del ballast rispetto al centro di rotazione degli apparecchi di appoggio
$\theta_{LIM} =$	0.0065 rad	rotazione limite ( $8/H$ rad, con H in [mm])
$\theta < \theta_{LIM}$	OK -	verifica soddisfatta
$\theta / \theta_{LIM} =$	0.42 -	

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	47 di 66

## 9.2.5 SGHEMBO

La verifica si effettua ipotizzando la presenza di un profilo metallico in corrispondenza di ciascuna rotaia e calcolando la differenza di abbassamento tra i due profili in corrispondenza della sezione posta a 3.00m dall'appoggio considerando una distribuzione trasversale degli abbassamenti di tipo lineare.



L'incremento e decremento  $\Delta p$  del carico prodotti sulle due travi considerate da tali effetti si valuta ipotizzando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione  $b \times h$  e momento d'inerzia  $J'$ .

$i =$	0.577 m	interasse travi
$d = 1.5/2 =$	0.75 m	braccio trave di bordo
Brip. =	4 m	larghezza di ripartizione
$h$	1.108 m	altezza travi
$J = h \times \text{Brip.}^3 / 12 =$	5.91 m <sup>4</sup>	inerzia
$\alpha = d \times i / J =$	0.073 1/mq	

$$\Delta p = \alpha \times m t$$

### Centrifuga

$\Delta p_5 = \alpha \times m t_5 =$	0.073	21.7	1.6 kN/m	effetto flettente
--------------------------------------	-------	------	----------	-------------------

### Eccentricità del carico LM71

$\Delta p_6 = \alpha \times \phi_3 \times m t_6 =$	0.089	10.5	0.9 kN/m	effetto flettente
--	-------	------	----------	-------------------

### Effetto della sopraelevazione

$\Delta p_7 = \alpha \times m t_7 =$	-0.073	24.7	-1.8 kN/m	effetto flettente
--------------------------------------	--------	------	-----------	-------------------

### Vento su treno

$\Delta p_8 = \alpha \times m t_8 =$	0.073	48.4	3.5 kN/m	eff. flett. e tagli.
--------------------------------------	-------	------	----------	----------------------

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	48 di 66

**Serpeggio**

$\Delta p_9 = \alpha/L \times mt_9 =$  0.003 165.0 0.6 kN/m eff. flett. e tagli.

$\Delta p_{tot} =$  4.8 kN/m

$\beta = a \times b / L^2 (1 + a \times b / L^2) =$	0.137 -	coeff. per la valutazione dell'abbassamento della trave di bordo
$a =$	3.00 m	distanza punto di controllo dall'appoggio
$b =$	18.10 m	distanza punto di controllo dall'appoggio opposto
$L =$	21.10 m	luce impalcato (asse appoggi)
$J = J_{soletta} / n_{travi, B, rip.} =$	0.158 m <sup>4</sup>	inerzia della trave di bordo (incluso cls)
$\delta_0 = 1/24 \times \Delta p \times L^4 / EJ \times \beta =$	1.03 mm	freccia massima per $\Delta p_{tot}$

$t = 2 \times \delta_0 =$	2.06 mm	sghembo massimo
$t_{lim} =$	3.0 mm	valore limite secondo 1.8.3.2.2.2
$t / t_{lim} =$	0.69	verifica soddisfatta

OK



## 10 VERIFICA DELLO SBALZO TRASVERSALE

Di seguito è riportata la valutazione delle sollecitazioni e le verifiche relative allo sbalzo laterale dell'impalcato, effettuate sulla base dell'analisi dei carichi precedentemente effettuata e relativamente alle combinazioni di carico di seguito specificate.

### Geometria

L =	1.51 m	luce dello sbalzo
s =	0.38 m	spessore soletta (sezione di incastro)
b marciap =	0.71 m	larghezza marciapiedi
b cordolo =	0.80 m	larghezza cordolo di estremità
h cordolo =	0.12 m	altezza cordolo di estremità

### Analisi dei carichi

Peso proprio e permanenti	Volume	peso spec	QV	e	M	$\gamma$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	[m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Peso proprio sbalzo	0.570	25	14.25	0.756	10.8	1.35	-	-	-
Peso proprio cordolo	0.098	25	2.46	1.112	2.7	1.35	-	-	-
Canaletta	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-
Veletta	-	-	1.5	1.512	2.3	1.5	-	-	-
Barriera a.r.	-	-	20.2	1.112	22.5	1.5	-	-	-

Variabili	q	L	QV	e	M	$\gamma$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Carico marciapiedi	10.0	0.712	7.12	0.356	2.5	1.5	0.8	0.8	0

	q	h	QH	e	M	$\gamma$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Vento	2.65	5.05	13.26	2.7135	363	1.5	0.6	0.5	0
Sovrappressione	0.25	5.05	1.26	2.7135	3.4	1.5	0.8	0.5	0

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario**  
**L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	50 di 66

Combinazioni

	SLU		RARA		FREQUENTE		Q. PERMANENTE	
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8
Peso proprio	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
Cordolo	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
Canaletta	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
Veletta	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
Barriera a.r.	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
Carico marciapiedi	1.5	1.2	1	0.8	0.8	0	0	0
Vento	0.9	1.5	0.6	1	0	0.5	0	0
Sovrappressione	1.2	1.5	0.8	1	0	0.5	0	0

Sollecitazioni combinate

	SLU		RARA		FREQUENTE		Q. PERMANENTE	
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8
QH [kN/ml]	14	22	9	15	0	7	0	0
M [kNm/ml]	-96	-118	-65	-80	-40	-58	-38	-38
QV [kN/ml]	66	64	46	44	44	38	38	38

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	51 di 66

## 10.1 VERIFICA A FLESSIONE

La sezione è armata con  $\phi 14/10$  superiori e  $\phi 12/20$  inferiori.

$A_{sup} = 15.39 \text{ cm}^2$

$A_{inf} = 5.65 \text{ cm}^2$

Si ottiene:

Med	-118	kNm
MRd	-184.7	kNm
FS	1.57	-

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo\_100x36L22m

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

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

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	38	1	15.39	6
			2	5.65	32

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

$\epsilon_{su}$	67.5	%	$\epsilon_{c2}$	2	%
$f_{yd}$	391.3	N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5	%
$E_s$	200'000	N/mm²	$f_{cd}$	18.13	
$E_s/E_c$	15		$f_{cc}/f_{cd}$	0.8	?
$\epsilon_{syd}$	1.957	%	$\sigma_{c,adm}$	12.25	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm²	$\tau_{co}$	0.7333	
			$\tau_{c1}$	2.114	

M<sub>xRd</sub> -184.7 kNm

$\sigma_c$  -18.13 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 %  
 $\epsilon_s$  19.91 %  
d 32 cm  
x 4.783 x/d 0.1495  
 $\delta$  0.7

Verifica soddisfatta.

## 10.2 VERIFICA A TAGLIO

Non è necessaria armatura resistente a taglio.

classe cls	<b>Rck</b>	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
resist. Caratteristica cilindrica	fck	33	N/mm <sup>2</sup>
	fcd	19	
coeff. parziale	<b>yc</b>	<b>1.5</b>	
larghezza membratura resistente a V	<b>bw</b>	<b>1000</b>	mm
altezza membratura resistente a V	<b>H</b>	<b>380</b>	mm
altezza utile	d	342	mm
area della sezione	Asez	342000	mm <sup>2</sup>
diametro ferro longitudinale teso	<b>φl</b>	<b>14</b>	mm
area armatura	Asl	153.9	mm <sup>2</sup>
	<b>strato</b>	<b>1</b>	
	<b>passo</b>	<b>100</b>	mm
	nf/strato	10	
area armatura totale	Af tot	<b>1539.4</b>	mm <sup>2</sup>
percentuale di armatura	pl	0.0043	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	<b>N</b>	<b>0</b>	N
	scp	0.00	N/mm <sup>2</sup>
	k	1.75	
	vmin	0.47	
taglio resistente	<b>Vrd1</b>	<b>173</b>	kN
	<b>Vrd2</b>	<b>159</b>	kN

taglio sollecitante	<b>Ved</b>	<b>66</b>	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	<b>g<sub>Rd</sub></b>	<b>1</b>	
	<b>Vrd</b>	<b>172</b>	kN

Ved < Vrd

**verifica**

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	53 di 66

### 10.3 VERIFICA A FESSURAZIONE

Si controlla che in combinazione SLE la verifica di apertura delle fessure per il calcestruzzo sia soddisfatta.

M SLE = - 58 kNm

INPUT	
B sez	1000 mm
h sez	380 mm
y ferro	44 mm
Φ (barre)	14 mm
n.barre	10 -
cls C	40 MPa
x AN	98.01 mm
σs	132 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
diff. def. armature-cls	
ε sm -ε cm	3.84E-04 -
distanza max fessure	
s r, max	2.71E+02 mm
ampiezza fessure:	
wk	0.1043 mm
LIMITE	0.20 mm
Sez. verificata	

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo\_100x36L22m

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

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

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	38	1	15.39	6
			2	5.65	32

Tipologia Sezione:  Rettan.re  Trapezi  a T  Circolare  Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>Ed</sub>: -58 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

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

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

Materiali: B450C C32/40

ε <sub>su</sub> : 67.5 ‰	ε <sub>c2</sub> : 2 ‰	σ <sub>c</sub> : -3.884 N/mm²
f <sub>yd</sub> : 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> : 3.5 ‰	σ <sub>s</sub> : 132 N/mm²
E <sub>s</sub> : 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> : 18.13	ε <sub>s</sub> : 0.6598 ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> : 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> : 0.8	d: 32 cm
ε <sub>syd</sub> : 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> : 12.25	x: 9.801 x/d: 0.3063
σ <sub>s,adm</sub> : 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> : 0.7333	δ: 0.8228
	τ <sub>c1</sub> : 2.114	

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

## 11 AZIONI SUGLI APPOGGI

Sotto le travi della fascia centrale dell'impalcato si dispongono appoggi fissi da un lato e unidirezionali longitudinali dal lato opposto. Sulle rimanenti travi sono previsti appoggi di tipo multidirezionale.

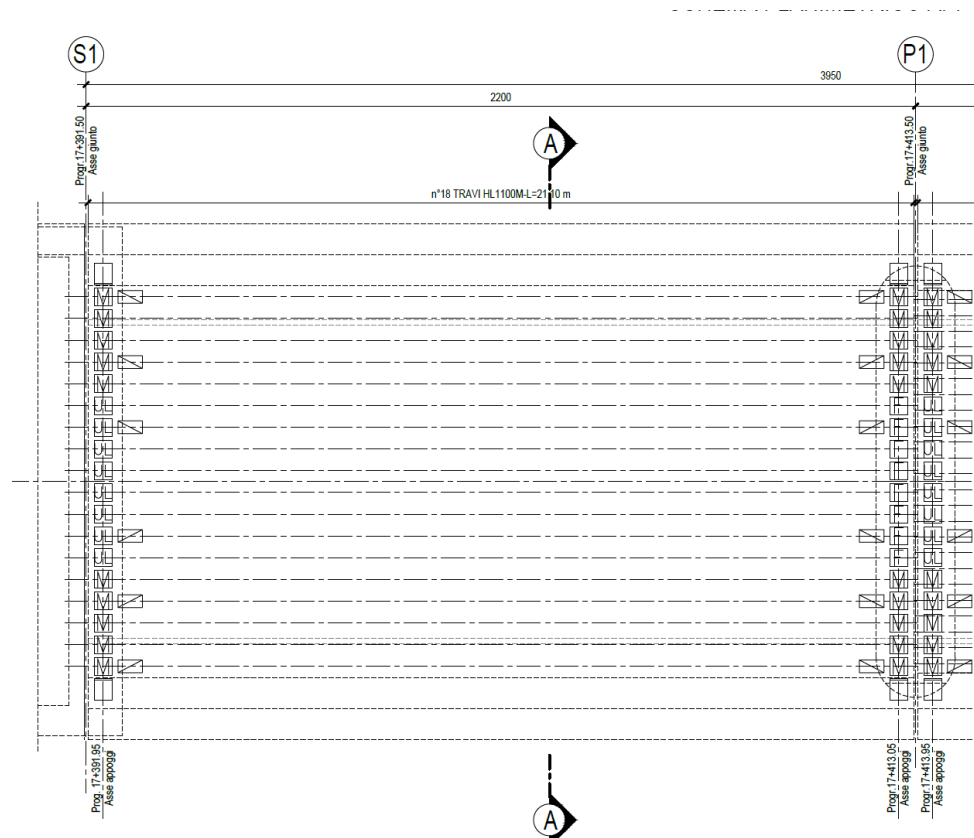


Figura 8 – Pianta impalcato – schema appoggi

schema appoggi	Dx (spalla 1)	Sx (pila 1)	tot
	Mobile	Fissa	
fissi (F)	8	0	8
unid long (U)	0	8	8
multid (M)	10	10	20
TOT 1 fila	18	18	36

Di seguito si riportano le azioni elementari sulle diverse tipologie di appoggi secondo le combinazioni di carico.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture dell'opera in esame.

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	55 di 66

**Azioni statiche e sismiche**

**Massa sismica longitudinale totale 14662 kN**

**Massa sismica verticale e trasversale totale 7331 kN**

Accelerazione sismica orizzontale 0.737 g

Accelerazione sismica verticale 0.457 g

Rz\_sism 3350 kN

R long\_sism 10806 kN

R trasv\_sism 5403 kN

**masse tot impalcato**

G1 9189 kN

G2 3974 kN

LM71+SW/2 7493 kN

---

tot. 20656 kN

	Rz	R long	R trasv	e	M trasv
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[kNm]
<b>peso proprio</b>	4595	0	0	0.0	0
<b>perman portati (incluso ballast)</b>	1987	0	0	0.0	0
<b>vento</b>	0	0	216	3.78	815
<b>resistenza parassita vincoli</b>	0	1239	0	0.0	0
<b>sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)</b>	1005	10806	1621	0.6	891
<b>sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)</b>	1005	3242	5403	0.6	2972
<b>sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)</b>	3350	3242	1621	0.6	891

Coeff. Attrito appoggi = 0.06

ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	56 di 66

Solo LM71	gruppo 1							gruppo 3								
	Rz kN	R long kN	R trasv kN	e vert m	e orizz LM71 m	e orizz SW/2 m	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
LM71 dinam.	1797	0	0	0	2		1	1797	0	0	3593	1	1797	0	0	3593
Frenatura+avv	78	799	0	2.06	2		0.5	39	399	0	78	1	78	799	0	156
Centrifuga	0	0	169	2.06			1	0	0	169	348	0.5	0	0	84	174
Serpeggio	0	0	55	2.06			1	0	0	55	113	0.5	0	0	28	57

gruppo 1							gruppo 3								
Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
gr1, LM71	1836	399	224	4133	r3, LM71	1875	799	112	3980						
(M-)gr1, LM71	1836	399	224	-3437	r3, LM71	1875	799	112	-3632						
MAX	1836					1875									

Solo SW/2	gruppo 1							gruppo 3								
	Rz kN	R long kN	R trasv kN	e vert m	e orizz LM71 m	e orizz SW/2 m	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
SW/2 dinam.	1933	0	0	0	2		1	1933	0	0	3867	1	1933	0	0	3867
Frenatura+avv	75	770	0	2.06	2		0.5	38	385	0	75	1	75	770	0	150
Centrifuga	0	0	81	2.06			1	0	0	81	168	0.5	0	0	41	84
Serpeggio	0	0	50	2.06			1	0	0	50	103	0.5	0	0	25	52

gruppo 1				gruppo 3					
Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm		
gr1, SW/2	1971	385	131	4212	gr3, SW/2	2008	770	66	4152
(M-)gr1, SW/2	1971	385	131	-3877	gr3, SW/2	2008	770	66	-3985
MAX	1971					2008			

LM71+SW/2	gruppo 1							gruppo 3								
	Rz kN	R long kN	R trasv kN	e vert m	e orizz LM71 m	e orizz SW/2 m	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
LM71	1797	0	0	0	-2		1	1797	0	0	-3593	1	1797	0	0	-3593
SW/2	1933				2		1	1933	0	0	3867	1	1933	0	0	3867
Frenatura+avv	153	1569	0	2.06	-2	2	0.5	77	784	0	306	1	153	1569	0	613
Centrifuga	0	0	338	2.06			1	0	0	338	696	0.5	0	0	169	348
Serpeggio	0	0	110	2.06			1	0	0	110	227	0.5	0	0	55	113

gruppo 1				gruppo 3					
Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm		
gr1, LM71+SW/2	3807	784	448	1502	71+SW/2	3883	1569	224	1347
(M-)gr1, LM71+SW/2	3807	784	448	955	71+SW/2	3883	1569	224	801
MAX	3807					3883			



Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	57 di 66

Combinazioni di carico considerate:

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLU													
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8	comb 9	comb 10	comb 11	comb 12	comb 13	comb 14
peso proprio	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
perman non strutturali (incluso ballast)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
vento	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
resistenza parassita vincoli	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.16
(M-)gr1, LM71	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	1.16	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLV					
	comb 15	comb 16	comb 17	comb 18	comb 19	comb 20
peso proprio	1	1	1	1	1	1
perman non strutturali (incluso ballast)	1	1	1	1	1	1
vento	0	0	0	0	0	0
resistenza parassita vincoli	1	1	1	1	1	1
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	1	1	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	1	1	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	1	1
gr1, LM71	0	0	0	0.2	0	0.2
(M-)gr1, LM71	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0.2	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0.2	0	0	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0.2	0	0	0	0.2	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLE - rara													
	rara 1	rara 2	rara 3	rara 4	rara 5	rara 6	rara 7	rara 8	rara 9	rara 10	rara 11	rara 12	rara 13	rara 14
peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perman non strutturali (incluso ballast)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
vento	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
resistenza parassita vincoli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
(M-)gr1, LM71	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.8	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF26 12 E ZZ CL VI0107 002 A 58 di 66

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLE qp	SLE - freq												
	qp	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	freq 9	freq 10	freq 11	freq 12	freq 13
peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perman non strutturali (incluso ballast)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
vento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
resistenza parassita vincoli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, LM71	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0

Per le varie combinazioni di carico si ottengono le seguenti reazioni compressive.

	SLU													
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8	comb 9	comb 10	comb 11	comb 12	comb 13	comb 14
Rz [kN]	11845	11845	11901	11901	12041	12041	12095	12095	14703	14703	14814	14814	13599	11312
Rz min [kN]	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183	9183
R long [kN]	2438	2438	3017	3017	2417	2417	2976	2976	2996	2996	4134	4134	2769	2322
R trasv [kN]	511	511	349	349	377	377	281	281	836	836	511	511	830	570
M trasv [kNm]	6654	-4321	6433	-4604	6770	-4960	6683	-5116	2840	2048	2615	1823	2846	5897

	SLV					
	comb 15	comb 16	comb 17	comb 18	comb 19	comb 20
Rz [kN]	8363	7961	8348	7954	10708	10299
Rz min [kN]	5576	5576	5576	5576	3231	3231
R long [kN]	12359	12205	4638	4561	4795	4561
R trasv [kN]	1666	1643	5492	5448	1666	1666
M trasv [kNm]	1177	1704	3326	3852	1177	1734

	SLE - rara													
	rara 1	rara 2	rara 3	rara 4	rara 5	rara 6	rara 7	rara 8	rara 9	rara 10	rara 11	rara 12	rara 13	rara 14
Rz [kN]	8417	8417	8456	8456	8552	8552	8590	8590	10388	10388	10465	10465	9627	8050
Rz min [kN]	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581
R long [kN]	1639	1639	2038	2038	1624	1624	2009	2009	2024	2024	2808	2808	1867	1559
R trasv [kN]	348	348	236	236	255	255	190	190	572	572	348	348	565	386
M trasv [kNm]	4574	-2995	4421	-3191	4654	-3436	4594	-3543	1943	1397	1789	1242	1937	4042

	SLE qp	SLE - freq												
	qp	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	freq 9	freq 10	freq 11	freq 12	freq 13
Rz [kN]	6581	8050	8050	8081	8081	8158	8158	8188	8188	9627	9627	9688	9688	6581
Rz min [kN]	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581	6581
R long [kN]	1239	1559	1559	1878	1878	1547	1547	1855	1855	1867	1867	2494	2494	1239
R trasv [kN]	0	179	179	90	90	105	105	53	53	358	358	179	179	103
M trasv [kNm]	0	3306	-2749	3184	-2906	3370	-3102	3322	-3188	1202	764	1078	640	368

Il momento trasversale comporta la nascita di reazioni verticali di "tira e spingi", valutate in base alle eccentricità dei dispositivi di appoggio rispetto all'asse dell'impalcato.

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	59 di 66

**FILA FISSA**

numero appoggi fissi	8
numero appoggi unidirezionali	0
numero appoggi multidirezionali	10
num totale appoggi fila	18
numero appoggi fissi trasv	4

appoggio	e trasv	tipo	e^2	e app F
1	-4.905	M	24.06	0
2	-4.328	M	18.73	0
3	-3.751	M	14.07	0
4	-3.174	M	10.07	0
5	-2.597	M	6.74	0
6	-2.02	F	4.08	-2.02
7	-1.443	F	2.08	-1.443
8	-0.866	F	0.75	-0.866
9	-0.289	F	0.08	-0.289
10	0.288	F	0.08	0.288
11	0.865	F	0.75	0.865
12	1.442	F	2.08	1.442
13	2.019	F	4.08	2.019
14	2.596	M	6.74	0
15	3.173	M	10.07	0
16	3.75	M	14.06	0
17	4.327	M	18.72	0
18	4.904	M	24.05	0
<b>INTERASSE APPOGGI</b>	<b>4.904</b>		<b>161.30</b>	<b>2.019</b>

interasse travi

0.577	m
-------	---

**FILA MOBILE**

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	60 di 66

numero appoggi fissi	0
numero appoggi unidirezionali	8
numero appoggi multidirezionali	10
num totale appoggi fila	18
numero appoggi fissi trasv	4

appoggio	e trasv	tipo	e <sup>2</sup>	e app U	e app M
1	-4.905	M	24.06	0	-4.905
2	-4.328	M	18.73	0	-4.328
3	-3.751	M	14.07	0	-3.751
4	-3.174	M	10.07	0	-3.174
5	-2.597	M	6.74	0	-2.597
6	-2.02	U	4.08	-2.02	0
7	-1.443	U	2.08	-1.443	0
8	-0.866	U	0.75	-0.866	0
9	-0.289	U	0.08	-0.289	0
10	0.288	U	0.08	0.288	0
11	0.865	U	0.75	0.865	0
12	1.442	U	2.08	1.442	0
13	2.019	U	4.08	2.019	0
14	2.596	M	6.74	0	2.596
15	3.173	M	10.07	0	3.173
16	3.75	M	14.06	0	3.75
17	4.327	M	18.72	0	4.327
18	4.904	M	24.05	0	4.904
	<b>3.75</b>		<b>161.30</b>	<b>2.019</b>	<b>4.904</b>

interasse travi

0.577	m
-------	---

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	61 di 66

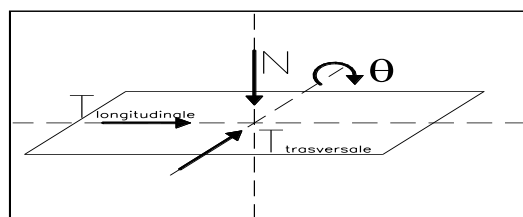
Si ottengono, di conseguenza, i seguenti scarichi per il singolo dispositivo di appoggio:

APPOGGI FISSI	SLU													
	Comb.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	741	604	742	604	754	607	756	608	852	842	856	846	791	702
Rz min [kN]	427	564	430	568	425	572	427	574	475	485	477	487	475	436
R long [kN]	305	305	377	377	302	302	372	372	375	375	517	517	346	290
R trasv [kN]	128	128	87	87	94	94	70	70	209	209	128	128	207	143
Comb.	SLV													
	15	16	17	18	19	20								
Rz max [kN]	479	464	505	490	610	594								
Rz min [kN]	295	288	268	262	165	158								
R long [kN]	1545	1526	580	570	599	570								
R trasv [kN]	416	411	1373	1362	416	416								
Comb.	SLE - rara													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rz max [kN]	525	430	525	430	533	432	535	433	601	595	604	597	559	498
Rz min [kN]	282	420	285	423	281	428	282	430	330	340	333	343	330	292
R long [kN]	205	205	255	255	203	203	251	251	253	253	351	351	233	195
R trasv [kN]	87	87	59	59	64	64	47	47	143	143	87	87	141	97
Comb.	SLE qp		SEL - freq											
	qp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	366	489	413	489	413	495	414	496	415	550	544	552	546	370
Rz min [kN]	351	344	324	317	351	344	308	403	310	406	307	409	308	410
R long [kN]	155	195	195	235	235	193	193	232	232	233	233	312	312	155
R trasv [kN]	0	45	45	22	22	26	26	13	13	90	90	45	45	26

APPOGGI UNIDIREZ	SLU													
	Comb.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	741	604	742	604	754	607	756	608	852	842	856	846	791	702
Rz min [kN]	427	564	430	568	425	572	427	574	475	485	477	487	475	436
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	128	128	87	87	94	94	70	70	209	209	128	128	207	143
Comb.	SLV													
	15	16	17	18	19	20								
Rz max [kN]	479	464	505	490	610	594								
Rz min [kN]	295	288	268	262	165	158								
R long [kN]	0	0	0	0	0	0								
R trasv [kN]	416	411	1373	1362	416	416								
Comb.	SLE - rara													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rz max [kN]	525	430	525	430	533	432	535	433	601	595	604	597	559	498
Rz min [kN]	282	420	285	423	281	428	282	430	330	340	333	343	330	292
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	87	87	59	59	64	64	47	47	143	143	87	87	141	97
Comb.	SLE qp		SEL - freq											
	qp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	366	489	413	489	413	495	414	496	415	550	544	552	546	370
Rz min [kN]	351	344	324	317	351	344	308	403	310	406	307	409	308	410
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	0	45	45	22	22	26	26	13	13	90	90	45	45	26



## 11.1 RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI

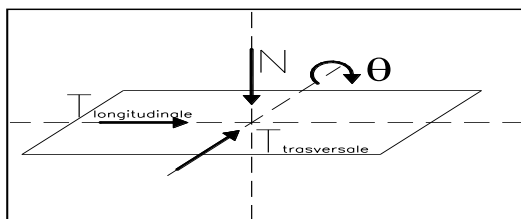


		APPOGGIO FISSO					
		Reazioni degli apparecchi di appoggio					
		max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Azioni (valori caratteristici)							
permanentemente G	peso proprio	255	255	0	0	0	0
	perman non str (incluso ballast)	110	110	0	0	0	0
variabili Q	vento	9	0	0	0	52	0
	resistenza parassita vincoli	0	0	0	0	0	0
	gr1, LM71	154	0	50	0	56	0
	(M-)gr1, LM71	59	0	50	0	56	0
	gr3, LM71	154	0	100	0	28	0
	(M-)gr3, LM71	59	0	100	0	28	0
	gr1,SW/2	162	0	48	0	33	0
	(M-)gr1, SW/2	61	0	48	0	33	0
	gr3,SW/2	164	0	96	0	16	0
	(M-)gr3, SW/2	62	0	96	0	16	0
	gr1, LM71+SW/2	230	0	98	0	112	0
	(M-)gr1, LM71+SW/2	223	0	98	0	112	0
	gr3, LM71+SW/2	233	0	196	0	56	0
	(M-)gr3, LM71+SW/2	226	0	196	0	56	0
SLU	N max	1000	-	-	-	-	-
	N min	-	400	-	-	-	-
	TI max		-	550	-	-	-
	Tt max		-	-	-	250	-
SLE	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	250	-	-	-	-
	TI max		-	400	-	-	-
	Tt max		-	-	-	150	-
SLV	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	150	-	-	-	-
	N min (*)		270				
	TI max		-	1550	-	-	-
	Tt max		-	-	-	1400	-

(\*) Nmin per Fh max

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	64 di 66



APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONG.

Reazioni degli apparecchi di appoggio

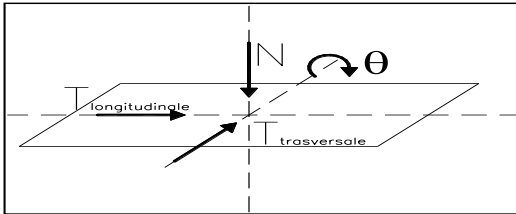
Azioni (valori caratteristici)		max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
permanenti G	peso proprio	255	255	-	-	-	-
	perman non str (incluso ballast)	110	110	-	-	-	-
variabili Q	vento	9	0	-	-	52	0
	resistenza parassita vincoli	0	0	-	-	0	0
	gr1, LM71	154	0	-	-	56	0
	(M-)gr1, LM71	59	0	-	-	56	0
	gr3, LM71	154	0	-	-	28	0
	(M-)gr3, LM71	59	0	-	-	28	0
	gr1,SW/2	162	0	-	-	33	0
	(M-)gr1, SW/2	61	0	-	-	33	0
	gr3,SW/2	164	0	-	-	16	0
	(M-)gr3, SW/2	62	0	-	-	16	0
	gr1, LM71+SW/2	230	0	-	-	112	0
	(M-)gr1, LM71+SW/2	223	0	-	-	112	0
	gr3, LM71+SW/2	233	0	-	-	56	0
	(M-)gr3, LM71+SW/2	226	0	-	-	56	0
SLU	N max	1000	-	-	-	-	-
	N min	-	400	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	250	-
SLE	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	250	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	150	-
SLV	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	150	-	-	-	-
	N min (*)	-	270	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	1400	-

(\*) Nmin per Fh max



Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 002	A	65 di 66



APPOGGIO MULTIDIREZIONALE

Reazioni degli apparecchi di appoggio

Azioni (valori caratteristici)		max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
permanenti G	peso proprio	255	255	-	-	-	-
	perman non str (incluso ballast)	110	110	-	-	-	-
variabili Q	vento	22	0	-	-	-	-
	resistenza parassita vincoli	0	0	-	-	-	-
	gr1, LM71	228	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, LM71	-3	0	-	-	-	-
	gr3, LM71	225	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, LM71	-6	0	-	-	-	-
	gr1,SW/2	238	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, SW/2	-8	0	-	-	-	-
	gr3,SW/2	238	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, SW/2	-10	0	-	-	-	-
	gr1, LM71+SW/2	257	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, LM71+SW/2	241	0	-	-	-	-
	gr3, LM71+SW/2	257	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, LM71+SW/2	240	0	-	-	-	-
SLU	N max	1000	-	-	-	-	-
	N min	-	300	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLE	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	150	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLV	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	100	-	-	-	-
	N min (*)	-	270	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-

(\*) Nmin per Fh max

	N max (SLU)	N min(SLV)	N min* (Fh_max) (SLV)	Fh max (SLV)
	kN	kN	kN	kN
<b>Fisso</b>	1000	150	270	1550
<b>Uni</b>	1000	150	270	1400
<b>Multi</b>	1000	100	270	0

## 12 INCIDENZA

Incidenza soletta:

140 kg/m<sup>3</sup>