

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari

Relazione di calcolo impalcato - tipologico travata reticolare L=70m

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.  
Il Direttore Tecnico  
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data 30/06/2023

firma

Data 30/06/2023

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	V I 0 0 0 0	0 0 1	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	E.Morleo	Dicembre 2022	M.Martignoni	Dicembre 2022	A.Rinaldi	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento per RdV	F.Cassani	28/06/2023	M.Martignoni	29/06/2023	A.Rinaldi	30/06/2023	
C	Aggiornamento per RIV	F.Cassani	11/10/2023	M.Martignoni	12/10/2023	A.Rinaldi	13/10/2023	

File: LI0B.0.2.E.ZZ.CL.VI00.0.0.001.C\_.DOCX

n. Elab.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

## INDICE

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
3.1 Normativa di riferimento .....	6
3.2 Normativa tecnica nazionale .....	7
3.3 Manuali .....	7
<b>4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>8</b>
4.1 Calcestruzzo .....	8
4.2 Acciaio .....	9
<b>5.. CLASSE DI ESECUZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO .....</b>	<b>10</b>
5.1 Classe di conseguenza .....	10
5.2 Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura.....	10
5.3 Determinazione della classe di esecuzione .....	10
<b>6.. DURABILITÀ DEI MATERIALI .....</b>	<b>12</b>
6.1 Conglomerati cementizi.....	12
<b>7.. APPROCCIO DI CALCOLO.....</b>	<b>14</b>
7.1 Caratteristiche delle opere.....	14
7.2 Criteri generali di verifica .....	14
7.3 Software di calcolo .....	19
7.4 Validazione programmi di calcolo.....	20
<b>8.. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>21</b>
8.1 Elementi in acciaio .....	21
<b>9.. MODELLO DI CALCOLO IMPALCATO .....</b>	<b>30</b>
9.1 Caratteristiche geometriche delle sezioni metalliche .....	33
<b>10. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>43</b>
10.1 Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ ).....	43
10.2 Azioni permanenti non strutturali ( $G_2$ ).....	47
10.3 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ ) .....	53
10.4 Azioni variabili verticali ( $Q$ ) .....	55
10.5 Azioni variabili orizzontali ( $Q$ ) .....	71

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>2</b>

10.6	Azioni Eccezionali (A).....	81
10.7	Azione aerodinamica da traffico ferroviario.....	85
10.8	Azione del vento ( $Q_6$ ) .....	87
10.9	Variazioni termiche.....	89
10.10	Resistenze passive dei vincoli.....	91
10.11	Azione sismica (E).....	92
<b>11.</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>113</b>
<b>12.</b>	<b>ANALISI DINAMICA .....</b>	<b>113</b>
12.1	Prima frequenza propria dell'impalcato.....	113
12.2	Analisi dinamica modale.....	113
<b>13.</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>118</b>
13.1	Controventi e traversi superiori.....	118
13.2	Briglie inferiori e superiori .....	147
13.3	Montanti diagonali .....	179
13.4	Controventi inferiori .....	216
13.5	Longherine .....	231
13.6	Traversi di campata.....	246
13.7	Traversi di testata.....	259
<b>14.</b>	<b>VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....</b>	<b>274</b>
14.1	Verifica deformazioni torsionali (sghembo).....	274
14.2	Inflessione nel piano verticale dell'impalcato .....	275
14.3	Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato .....	277
14.4	Verifica stato limite di comfort.....	279
<b>15.</b>	<b>CALCOLO DELLA CONTRO - FRECCIA.....</b>	<b>280</b>
<b>16.</b>	<b>AZIONI SUGLI APPOGGI.....</b>	<b>281</b>
<b>17.</b>	<b>VERIFICA VASCA PORTA-BALLAST .....</b>	<b>284</b>
17.1	Analisi dei carichi .....	285
17.2	Combinazioni di carico .....	290
17.3	Verifiche strutturali.....	290
<b>18.</b>	<b>VERIFICHE PASSERELLE DI SERVIZIO .....</b>	<b>291</b>
18.1	Verifiche sbalzi .....	291
18.2	Verifica grigliato e travetti .....	302
<b>19.</b>	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>306</b>

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>3</b>

 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

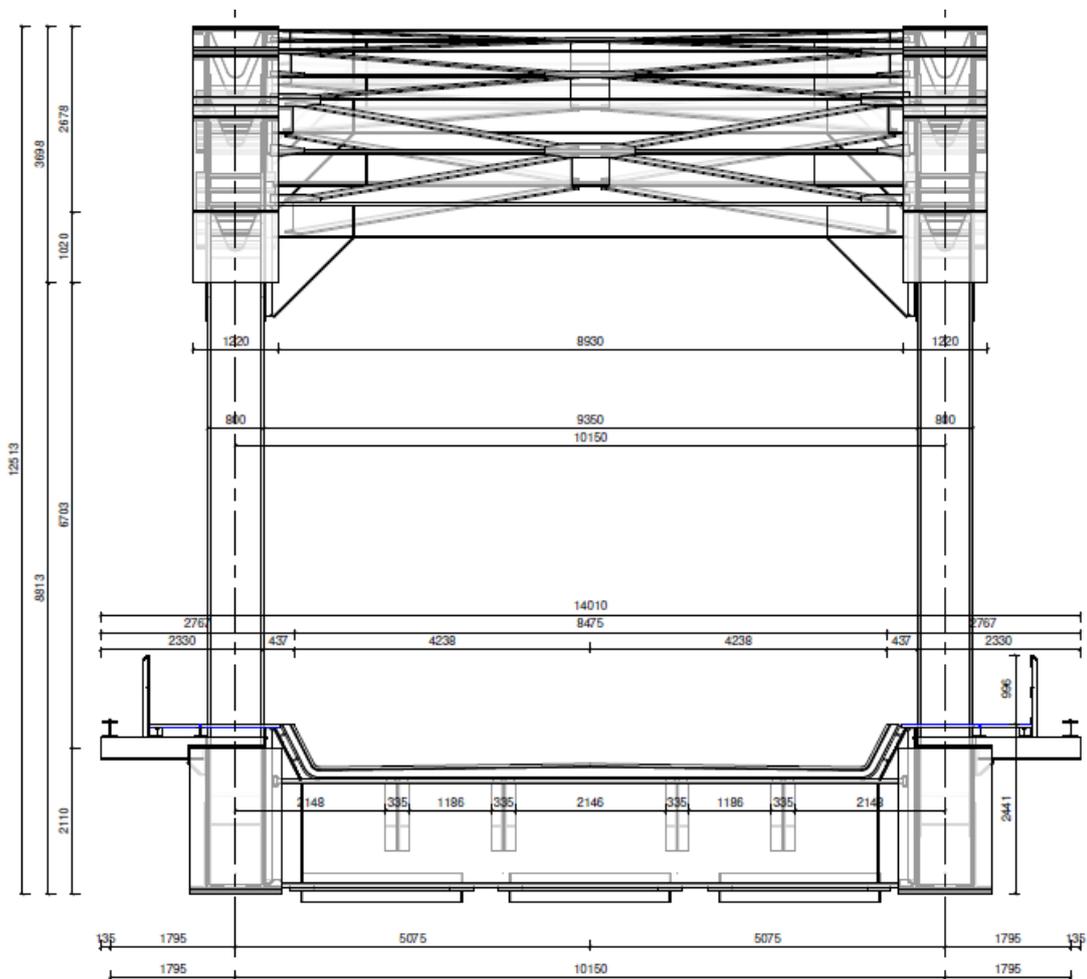
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>5</b>

**2. DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Oggetto della presente relazione è la verifica della campata a doppio binario semplicemente appoggiata con luce pari a 70m e portata teorica pari a 68.25m.

La travata metallica, con armamento su ballast, è del tipo “a maglia triangolare” a via inferiore chiusa superiormente. La campata è costituita da 14 scomparti lunghi 4.875m, con altezza baricentrica variabile tra 9.5 m e 12 m in mezzeria, interasse delle pareti di 10.15 m ed ampiezza della cassetta pari a 800mm. L'impalcato è costituito da una vasca porta-ballast metallica con riempimento in calcestruzzo, da traversi in composizione saldata di altezza pari a 1550 mm e da longherine HEA700. La quota relativa al P.F. sottotrave è pari a 2540 mm. I controventi inferiori e superiori sono previsti sia in composizione saldata che ricavati da profili laminati. Tutte le giunzioni in opera fra i vari elementi strutturali sono previste con bulloni A.R. di classe 10.9 a taglio.

Il sistema di vincolo prevede uno schema tradizionale isostatico con apparecchi d'appoggio sferici.



*Figura 1 – Sezione trasversale impalcato*

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

### 3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

##### 3.1.1 Materiali

- [1] UNI EN 197-1: 2011 – “Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- [2] UNI EN 197-2: 2020 – “Cemento - Parte 2: Valutazione e verifica della costanza della prestazione”;
- [3] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206”;
- [4] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 07/02/2003 – “Linee guida per il calcestruzzo strutturale, Linee guida per il calcestruzzo strutturale ad alta resistenza, Linee guida per il calcestruzzo preconfezionato”;
- [5] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 01/09/2017 – “Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera”;
- [6] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 01/09/2017 – “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale”;
- [7] “Regolamento UE n°305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio”

##### 3.1.2 Costruzioni in c.a. e acciaio

*Istruzioni CNR - Varie*

- [8] Regolamento UE n°305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio”

*Eurocodice 0 - “Criteri generali di progettazione strutturale”*

- [9] UNI EN 1990:2006;

*Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”*

- [10] UNI EN 1991-1-1:2004 – “Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;;
- [11] UNI EN 1991-1-3:2015 – “Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve”;
- [12] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;
- [13] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;
- [14] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;
- [15] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

*Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”*

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>7</b>

- [16] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [17] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;
- [18] UNI EN 1992-3:2006 – “Parte 3: Strutture di contenimento liquidi”;
- [19] UNI EN 1992-4:2018 – “Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo”;  
*Eurocodice 3 - “Progettazione delle strutture in acciaio”*
- [20] UNI EN 1993-1-1:2014 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [21] UNI EN 1993-1-3:2007 – “Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo”;

### 3.1.3 Sismica

*Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”*

- [22] UNI EN 1998-1:2013 – “Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- [23] UNI EN 1998-2:2011 – “Parte 2: Ponti”;
- [24] UNI EN 1998-5:2005 – “Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;

### 3.2 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

- [25] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- [26] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [27] D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [28] Circolare LL.PP. n°617 02/02/2009 - “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- [29] D.M. 31/07/2012 – “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici”;
- [30] D.P.R. n°380 06/06/2001 – “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia”;

### 3.3 MANUALI

- [31] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di progettazione delle opere Civili;

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per gli elementi strutturali in cemento armato è previsto l'impiego dei seguenti materiali.

##### 4.1 CALCESTRUZZO

##### 4.1.1 Calcestruzzo per soletta

Classe minima	C32/40		
Classe di esposizione ambientale	XC4 – XS1		
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck}$	$\geq 40$	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 =$	33.20	MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3} =$	33643	MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} =$	3.10	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.17	MPa
<u>Stato limite ultimo</u>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.5	
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{CC} =$	0.85	
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C =$	18.81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C =$	1.45	MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$\epsilon_{cu} =$	3.5 ‰	
<u>Stato limite di esercizio</u>			
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 0.55 * f_{ck} =$	19.92	MPa
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.	$\sigma_c = 0.40 * f_{ck} =$	14.94	MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

## 4.2 ACCIAIO

### 4.2.1 Acciaio in barre per calcestruzzo armato – B450C (Reti elettrosaldate – B450A)

Classe	B450C (B450A)		
Tensione caratteristica di rottura a trazione	$f_{tk} =$	$\geq 540$	MPa
Tensione caratteristica di snervamento a trazione	$f_{yk} =$	$\geq 450$	MPa
Modulo elastico	$E_s =$	200000	MPa
<u>Stato limite ultimo</u>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa
Valore ultimo della deformazione a trazione	$\epsilon_{cu} = 10 \%$		
<u>Stato limite di esercizio</u>			
Tensione max di trazione	$\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} =$	360.00	Mpa

### 4.2.2 Acciaio da carpenteria – S355

Acciaio secondo EN 10025-2

Classe per profili, lamiere e piatti larghi (per elementi saldati)	S355J2		
Classe per lamiere e profili per elementi non saldati	S355J0		
Modulo elastico	$E_s = 210000$ Mpa		
Tensione caratteristica di snervamento	$t \leq 40$ mm	$f_{yk} =$	355 MPa
	$40$ mm $< t \leq 80$ mm	$f_{yk} =$	335 MPa
Tensione caratteristica di rottura	$t \leq 40$ mm	$f_{tk} =$	510 MPa
	$40$ mm $< t \leq 80$ mm	$f_{tk} =$	470 MPa

#### Stato limite ultimo

Coefficiente parziale sulla resistenza delle sezioni	$\gamma_{M0} =$	1.05
Coefficiente parziale sulla resistenza delle sezioni forate	$\gamma_{M2} =$	1.25
Tensione di calcolo	$t \leq 40$ mm	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 338.09$ MPa
	$40$ mm $< t \leq 80$ mm	$f_{yk} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 319.05$ MPa

### 4.2.3 Unioni saldate

Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a D.M. 14/01/2008.

### 4.2.4 Unioni bullonate

Viti ad alta resistenza (UNI EN ISO 898/1)	Classe 10.9
Dadi ad alta resistenza (UNI EN 20898/2)	Classe 10

### 4.2.5 Acciaio pioli Nelson

St 37-3K DIN 17100

Tensione caratteristica di snervamento a trazione	$f_{yk} =$	355	MPa
Modulo elastico	$E_s =$	210000	MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

## 5. CLASSE DI ESECUZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO

La UNI EN 1090 Introduce il concetto di “Execution Class” in termini di requisiti specificati, classificati per l'esecuzione di un'opera nel suo complesso, di un singolo componente o di un dettaglio di un componente. La classe di esecuzione seleziona e specifica il livello di qualità appropriato riguardo alla sicurezza che quel componente avrà nell'opera di costruzione.

La scelta della classe di esecuzione dovrebbe prendere in considerazione il tipo di materiale utilizzato, l'affidabilità data dalla classe di conseguenza (CC) e i rischi potenziali dati dalla:

- Categoria di servizio, legata al rischio dell'installazione/utilizzo (SC)
- Categoria di produzione, legata alla complessità di esecuzione (PC)

### 5.1 CLASSE DI CONSEGUENZA

Nell'Eurocodice 0 EN 1990 “Criteri generali di progettazione” all'appendice B Tabella B1 “differenziazione dell'affidabilità strutturale per le costruzioni” sono riportate le classi di conseguenza in caso di malfunzionamento della struttura, definite in base all'impatto sulla popolazione, ambiente, vite umane, sociali.

### 5.2 CLASSE DI RISCHIO CONNESSA ALL'UTILIZZO DELLA STRUTTURA

È necessario tener conto che in una struttura possono essere contenuti componenti strutturali di entrambe le classi di rischio. In questo caso, al fine di una corretta determinazione della classe di esecuzione dell'opera la scelta cadrà sulla classe di servizio maggiormente restrittiva.

### 5.3 DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI ESECUZIONE

La procedura per la determinazione è la seguente:

- selezionare la Classe di Conseguenza (CC<sub>i</sub>; i=1,2,3) espressa in termini di perdita di vite umane, di conseguenze economiche, sociali ed ambientali (vedere EN 1990);
- selezionare la Categoria di Servizio e la Categoria di Produzione;
- determinare quindi la Classe di Esecuzione come risultato delle due operazioni precedenti, secondo quanto previsto nella tabella seguente.

Tabella di determinazione della classe di esecuzione							
Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze determinate dal cedimento della struttura, in base a disposizioni legislative.							

Tabella 1 – Determinazione della classe di esecuzione, Tab. B3 della EN1090-2

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	11

### Opere definitive

Classe di conseguenza

CC3

Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente. Tribune coperte, edifici pubblici, ove le conseguenze di errori sono alte (esempio: sale di concerti).

CC2

Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente. Costruzioni residenziali oppure per uffici, uffici pubblici ove le conseguenze in caso di fallimento sono medie (esempio: uffici).

CC1

Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente. Costruzioni agricole dove le persone normalmente non entrano (esempio: Magazzini, serre).

Categoria di servizio

SC1 (sollecitazione statica)

Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche (esempio: Edifici). Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni simiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL. Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S0).

SC2 (sollecitazione dinamica a fatica)

Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993 (esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S1 a S9), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale). Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH.

Categoria di produzione

PC1 (no saldature e acciai con grado < S355)

Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio. Componenti saldati realizzati con acciaio di grado inferiore a S355.

PC2 (componenti saldati e acciaio con grado ≥ S355)

Componenti saldati realizzati con acciaio di grado S355 e superiore. Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ. Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione. Componenti di tralicci CHS che richiedono tagli e profilature.

Classe di esecuzione

EXC4

Per la struttura in esame si assume una classe di conseguenza CC3, una categoria di servizio SC2 e una categoria di produzione PC2, pertanto la struttura va realizzata in classe di esecuzione EXC4.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>12</b>

## 6. DURABILITÀ DEI MATERIALI

### 6.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206: 2016 e UNI 11104: 2016, delle istruzioni contenute nella C.M. n°617 per l'applicazione delle NTC 2008, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con  $V_N = 50$  anni la circolare al punto §C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva.

Per classi di resistenza inferiori a  $C_{min}$  i valori sono da aumentare di  $\Delta C_{min} = +5$  mm.

Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di  $\Delta C_{min} = -5$  mm.

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa  $\Delta C_{dev}$ .

Nella norma UNI EN 1992-1-1 sono indicati al §4.4.1.3 i metodi per la valutazione rigorosa dei copriferri in base alla tipologia di armature e altre particolari specifiche di dettaglio previste in progetto.

Nelle tabelle seguenti si indicano i copriferri nominali  $C_{nom}$  e i parametri di mix design minimi richiesti dalle normative per ottenere le prestazioni di durabilità minime di progetto.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

UNI 11104:2016	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura		Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
							Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,80	0,55	0,50	0,50	0,45			0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45			C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360			320	340	360	320	340	360	320	340	360		
Contenuto minimo in aria (%)												b)		4,0 a)					
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9155						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati c)			

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TS 15177 0 UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minima di aria inglobata dal 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori ilimita minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm). Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.  
c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9155. La UNI9155 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza soffiata. La classe di resistenza soffiata del cemento deve essere precalata in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.  
d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Tabella 2 - Prospetto requisiti di mix-design (UNI 11104)

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

$C_{min}$	$C_o$	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima  $C_{min}$  indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

Tabella 3 - Copriferri minimi in mm (VN = 50 anni)

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>13</b>

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4 - Condizioni ambientali e classi di esposizione

<b>NOME: SOLETTA E CORDOLI</b>	<b>REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)</b>	<b>Rev. 00.1</b>		
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>				
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. CIs in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. CIs ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.		
Corrosione da cloruri	<b>XS1</b>	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. CIs di strutture in zone costiere.		
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)				
	XC4	XS1	Mix design di progetto: XC4+XS1 0,5 C32/40 340 - - - SI	
Rapporto max A/C	0,50	0,50		
Classe di resistenza minima	C32/40	C32/40		
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340	340		
Contenuto minimo di aria (%)	-	-		
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-		
Cemento resistente ai solfati	-	-		
Cemento resistente all'acqua di mare	-	SI	SI	
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>				
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$ $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1) (Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)		
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm)	<b>5</b>	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm)	<b>22</b>	
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>			
$\varnothing$ (mm)	<b>22</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)		
$D_{upper}$ (mm)	<b>20</b>	dimensione max aggregato		
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)		$c_{min,dur}$ (mm)	<b>30</b>	
Ambiente Aggressivo				
Vita nominale	<b>75</b>	valori tabella +5 mm	C <b>C32/40</b> Classe di resistenza utilizzata	
Controllo qualità speciale cIs	<b>SI</b>	valori tabella -5 mm	$C_0$ <b>C40/50</b>	
Elemento a piastra	<b>SI</b>		$C_{min}$ <b>C30/37</b>	
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm)	<b>35</b>

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	14

## 7. APPROCCIO DI CALCOLO

### 7.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Vita nominale	$V_N = 75$ anni (§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)
Classe d’uso	III (§ 2.4.2, “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”)
Coefficiente d’uso	$C_U = 1.5$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N \cdot C_U = 112.5$ anni

### 7.2 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

In accordo con quanto definito nel §2.3 delle NTC 2008, devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese per Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite d’Esercizio (SLE) secondo opportune combinazioni di carico delle azioni.

#### 7.2.1 Combinazioni di carico

Come riportato al §2.5.3 delle NTC 2008, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione fondamentale SLU
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione caratteristica rara SLE
$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione frequente SLE
$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione quasi permanente SLE
$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione sismica SLE e SLU
$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione eccezionale SLU
$G_1$	masse dei pesi propri strutturali
$G_2$	masse dei carichi permanenti non strutturali
$P$	precompressione e pretensione
$Q_{ki}$	masse dei carichi accidentali
$E$	azione sismica
$A_d$	azione eccezionale
$\psi_0, \psi_1, \psi_2$	coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab.. 2.5.I oppure Tab.. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab.. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	15

### 7.2.2 Stati limite ultimi

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$R_d \geq E_d$	(Eq. 2.2.1)
$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$	valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ )
$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$	capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ )
$F_d = \gamma_F \cdot F_k$	azioni di progetto
$X_d = X_k / \gamma_M$	proprietà del materiale di progetto
$a_d$	parametri geometrici di progetto
$\gamma_M$	coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

### 7.2.3 Strutture non geotecniche

Fatte salve le prescrizioni specifiche e con riferimento alle tabelle seguenti, per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_F$  da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni per le verifiche di equilibrio (SLU EQU) sono quelle della colonna EQU mentre per le verifiche strutturali (SLU STR) sono quelle della colonna A1.

Tab. 5.2.IV -Valutazione dei carichi da traffico

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

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

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

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>16</b>

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 6 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Ponti ferroviari

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

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di carico	$gr_2$	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 SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

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

Tabella 7 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Ponti ferroviari

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	17

#### 7.2.4 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [27], la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$C_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.2})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$       valore di progetto dell'effetto delle azioni  
 $C_d = C(F_d ; X_d ; a_d)$       valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

#### 7.2.5 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto. Le verifiche degli *elementi strutturali primari (ST)* si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	18

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)* e di *resistenza (RES)*, senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)*, di *resistenza (RES)* e di *duttilità (DUT)* (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità, mentre le verifiche degli *elementi non strutturali (NS)* e degli *impianti (IM)* si effettuano in termini di *funzionamento (FUN)* e *stabilità (STA)*, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2008.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Tabella 8 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

### 7.3 SOFTWARE DI CALCOLO

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 5.3.1 Analisi strutturale generica

Titolo:



Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

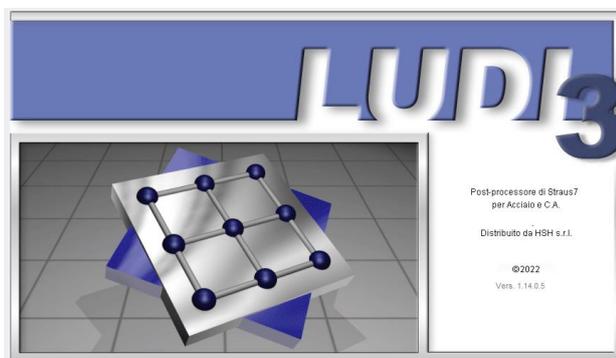
Autore: G + D Computing Pty Limited - Sidney NSW 2000 Australia

Distribuzione: HSH srl - Padova Italia

Versione: 2.4.6

#### 5.3.2 Verifiche elementi in acciaio

Titolo:



Caratteristiche: Software per il calcolo di sezioni in acciaio

Autore: Corazzin – Studio RS

Distribuzione: HSH srl - Padova Italia

Versione: 1.14.0.5

MANDATARIA  MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>20</b>

## 7.4 VALIDAZIONE PROGRAMMI DI CALCOLO

### 7.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Ai sensi del §10.2 delle NTC 2008 si dichiara quanto segue.

#### 7.4.2 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

#### 7.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 7.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### 7.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### 7.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	21

## 8. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 8.1 ELEMENTI IN ACCIAIO

Le verifiche di resistenza degli elementi in acciaio, svolti mediante il software indicato al §7.3, vengono descritte di seguito.

#### 8.1.1 VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche di resistenza seguono le indicazioni per il calcolo agli stati limite poste nel capitolo 4.2.4 dell'N.T.C.2018.

Il criterio di verifica limita la sollecitazione esterna  $R_{Ed}$  ad essere inferiore a quella resistente:  $R_{Ed}/R_{Rd} \leq 1$ .

I coefficienti di sicurezza utilizzati sono divisi per verifiche di resistenza e verifiche di instabilità. Di default sono specificati i valori:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.05$$

Il limite ultimo raggiungibile per sezioni di classe 1 e 2 è la sezione completamente plasticizzata, mentre per le sezioni di classe 3 sono ammesse solo verifiche in campo elastico. Lo stato limite è quindi quello relativo al superamento del limite elastico nella fibra della sezione maggiormente sollecitata.

La resistenza ultima assiale, uguale per l'analisi elastica e plastica, è calcolata con la relazione:

$$N_{Rd} = N_{Rd,pl} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Nella resistenza ultima flessionale il modulo di resistenza  $W$  è come quello plastico  $W_{pl}$  per le sezioni di classe 1 e 2 e quello elastico  $W_{el,min}$  per le sezioni di classe 3.

Nel caso di sollecitazioni combinate, (§4.2.4.1.2.7), sono utilizzate le formule indicate nel capitolo o dove non presenti le formulazioni indicate in EN1993-1-1 §6.2.9.1.

Come da prescrizioni del paragrafo §4.2.4.1.2.6 *Flessione e taglio*, la presenza di sforzi taglianti, superiori al 50% del valore resistente, è computata inserendo un coefficiente riduttivo nella tensione di snervamento del materiale:

$$f_{y,v} = (1 - \rho) f_y$$

$$\rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

e quindi:

$$M_{Rd} = M_{v,Rd} = \frac{W \cdot (1 - \rho) f_y}{\gamma_{M0}}$$

Le verifiche di resistenza al taglio sono differenziate tra il caso di sezioni di classe 1 e 2, per le quali è calcolato il rapporto massimo tra sollecitazioni agenti e resistenti, e le sezioni di classe 3, per le quali il coefficiente di sicurezza è calcolato come rapporto tensionale:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \text{classi 1 e 2}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} \leq 1 \quad \text{classe 3}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

in cui  $V_{Rd} = V_{pl,Rd}$ . Nel caso di copresenza di sollecitazioni torcenti sono applicati i coefficienti riduttivi prescritti in EN1993-1-1 al § 6.2.7.

Le verifiche a torsione sono eseguite calcolando le tensioni tangenziali nei punti significativi della sezione secondo le regole della Scienza delle Costruzioni.

In particolare, per sezioni aperte (Saint Venant):  $\tau_T = \frac{T \cdot s}{J_t}$

per sezioni chiuse (Bredt):  $\tau_T = \frac{T}{2 \cdot \Omega \cdot s}$

Nella ricerca della tensione tangenziale  $\tau_{Ed}$  massima le tensioni derivanti dalla torsione sono sommate a quelle dovute agli sforzi taglianti.

$$\frac{\tau_{v1,Ed} + \tau_{v2,Ed} + \tau_{T,Ed}}{f_y / (\sqrt{3}\gamma_{M0})} \leq 1$$

## 8.1.2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche di stabilità di elementi metallici compressi sono condotte seguendo le prescrizioni del § 4.2.4.1.3. La norma prevede di cautelarsi dagli effetti di sbandamento assiale nelle direzioni 1 e 2 e lo sbandamento flessione torsionale (LT = lateral torsional) tramite i coefficienti di riduzioni  $\chi$ .

L'asta compressa è verificata se vengono soddisfatte le seguenti disuguaglianze:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_1 N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{1,Ed}}{\chi_{LT} M_{1,b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{2,Ed}}{M_{2,b,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_2 N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{1,Ed}}{\chi_{LT} M_{1,b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{2,Ed}}{M_{2,b,Rd}} \leq 1$$

dove:

$N_{Ed}$ ,  $M_{1,Ed}$  ed  $M_{2,Ed}$  sono le sollecitazioni massime sulla trave;

$N_{b,Rd}$ ,  $M_{b,1,Rd}$  ed  $M_{b,2,Rd}$  sono le sollecitazioni resistenti calcolate con il coefficiente di sicurezza  $\gamma_{M1}$ ;

$\chi$  sono i coefficienti di riduzione per instabilità flessionale e torsionale;

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  sono i fattori di interazione. Ludi calcola tali fattori con entrambi i metodi (A e B) proposti dalla norma negli allegati.

Ai fini della verifica di un elemento compresso sono definiti i seguenti parametri di snellezza:

$$\lambda_1 = l_{0,1}/i_1 \quad \lambda_2 = l_{0,2}/i_2 \quad \lambda_0 = l_{0,0}/i_{min}$$

dove  $l_0$  è la lunghezza libera d'inflessione dell'elemento e  $i$  è il raggio d'inerzia della sezione trasversale.

Per definire i singoli coefficienti  $\chi$  è necessario calcolare la snellezza equivalente  $\bar{\lambda}$  (funzione del carico critico) e il coefficiente  $\Phi$  (funzione del carico critico e dell'imperfezione del materiale  $\alpha$ ).

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \text{e} \quad \Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

In maniera del tutto equivalente è calcolato il valore di  $\chi_{LT}$ :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \text{e} \quad \Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

nelle formule utilizzate, i coefficienti di imperfezione  $\alpha$  e  $\alpha_{LT}$  sono tabulati nelle tabelle 6.1 e 6.3 a seconda del tipo di acciaio e del tipo di sezione; i carichi critici sono calcolati con la nota relazione:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{EA}{\lambda^2}$$

Per il calcolo del  $M_{cr}$  la norma non specifica un metodo di calcolo (se non limitatamente nella circolare n.617-2009 per le sezioni a I/H), si richiede soltanto che esso inglobi la reale distribuzione dei momenti ed i vincoli applicati alle estremità dell'asta. Nella presente relazione il momento critico per sezioni a T,L,[] , se considerato, è calcolato a partire dai metodi approssimati di Ballio-Mazzolani (Strutture in acciaio – Hoepli §9.3.2.2):

$$M_{cr} = \sigma_{cr,D} \cdot W$$

dove  $\sigma_{cr,D}$  è la tensione critica di snellezza laterale,  $W$  è il modulo di resistenza elastico. Il momento tiene conto dell'eventuale andamento lungo l'asse 3 della trave mediante l'utilizzo di un fattore scalare  $C_1$  derivante dalla nota formula  $C_1 = 1.75 - 1.05 \cdot M_B/M_A + 0.3 \cdot (M_B/M_A)^2$  per andamenti lineari e da una formula interpolante per andamenti generici.

### 8.1.3 VERIFICHE A FATICA

Le verifiche a fatica sono state condotte secondo la specifica la RFI DTC INC PO SP IFS 003 A inclusa nel MdP, tramite il metodo dei coefficienti  $\lambda$ .

#### 8.1.3.1 Accidentali mezzi a fatica coeff $\lambda$

E' possibile ricondurre la verifica a fatica ad una verifica convenzionale di resistenza, confrontando il delta ideale convenzionale di tensione di progetto,  $\Delta\sigma_{E,d}$ , descritto nel seguito, con la classe del particolare  $\Delta\sigma_C$ .

Il delta di tensione convenzionale di calcolo  $\Delta\sigma_{E,d}$  è dato da:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{71}$$

Per essere in sicurezza nei riguardi della fatica dovrà verificarsi la seguente condizione:

$$\Delta\sigma_{E,d} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

esprimibile con identica forma anche in termini di tensioni tangenziali:

$$\Delta\tau_{E,d} \leq \frac{\Delta\tau_C}{\gamma_{Mf}}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

Dove:

$\lambda$  è un fattore di correzione i cui valori numerici sono definiti in 2.1;

$\Delta_{\sigma 71}$  è la differenza di tensione tra i valori estremi  $\sigma_{\max}$  e  $\sigma_{\min}$  dovuti a sovraccarico teorico di calcolo adottato per il ponte (LM71) posto nella posizione più sfavorevole;

$\Delta_{\sigma C}$  è la resistenza alla fatica corrispondente a  $2 \times 10^6$  cicli da ricavare sulle curve SN corrispondenti al particolare strutturale esaminato (Figure 1.5-1 e 1.5-3);

$\Phi_2$  è il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico valutato mediante la seguente formula:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

dove  $L_\Phi$  rappresenta la lunghezza “caratteristica” in metri, così come definita in Tab. 1.4.2.5.3-1 della Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A.

I coefficienti di incremento dinamico sono stabiliti con riferimento a travi semplicemente appoggiate.

La lunghezza  $L_\Phi$  permette di estendere l’uso di questi coefficienti ad altre tipologie strutturali.

Ove le sollecitazioni agenti in un elemento strutturale dipendessero da diversi termini ciascuno dei quali afferente a componenti strutturali distinti, ognuno di questi termini dovrà calcolarsi utilizzando la lunghezza caratteristica  $L_\Phi$  appropriata.

Per  $\gamma_{Mf}$  vale quanto detto al Paragrafo 1.4.

“Il coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica è dato da:

$$\gamma_{Mf} = \gamma_M * \gamma_f$$

dove  $\gamma_f$  è il coefficiente parziale relativo alle azioni di fatica e  $\gamma_m$  il coefficiente parziale relativo alla resistenza, che copre le incertezze nella valutazione dei carichi e delle tensioni e la possibile presenza di difetti nei particolari in esame.

Il coefficiente  $\gamma_{Mf}$  dipende sia dalla possibilità di individuare e riparare eventuali lesioni per fatica, sia dall’entità delle conseguenze della crisi per fatica dell’elemento o della struttura.” A questo scopo, con riferimento al punto 4.2.4.1.4 delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008, le strutture possono essere distinte, a seconda della loro sensibilità alla crisi per fatica, in strutture poco sensibili (damage tolerant) e in strutture sensibili (safe life).

Si precisa che le strutture metalliche ferroviarie sono strutture sensibili alla rottura per fatica.

I valori dei coefficienti  $\gamma_{Mf}$  da adottare nelle verifiche delle strutture sensibili e poco sensibili sono riportati in Tabella 1.4-1, in funzione delle conseguenze dell’eventuale rottura per fatica.

Criteri di valutazione della resistenza a fatica	Conseguenza della rottura per fatica	
	Moderate	Significative
Danneggiamento accettabile (strutture poco sensibili alla rottura per fatica)	$\gamma_{Mf} = 1,00$	$\gamma_{Mf} = 1,15$
Vita utile (strutture sensibili alla rottura per fatica)	$\gamma_{Mf} = 1,15$	$\gamma_{Mf} = 1,35$

**Tab. 1.4-1** – Coefficienti parziali  $\gamma_{Mf}$  per verifiche a fatica

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	25

A meno di quanto diversamente stabilito dal Gestore dell’Infrastruttura, il coefficiente parziale per i carichi da fatica per i ponti ferroviari metallici, trattandosi di opere “sensibili ai fenomeni di fatica”, deve essere assunto pari a:

$$\gamma_{Mf} = 1,35$$

VALORI NUMERICI DEL FATTORE DI CORREZIONE “λ”.

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \quad \text{ma} \quad \lambda \leq \lambda_{\max}$$

$\lambda_1$  è un fattore che, per differenti tipi di travature, porta in conto l'effetto di danneggiamento dovuto al traffico e dipende dalla lunghezza di influenza caratteristica dell'elemento da verificare;

$\lambda_2$  è un fattore che porta in conto il volume di traffico (definito in 2.2);

$\lambda_3$  è un fattore che porta in conto la vita di progetto del ponte (definito in 2.3);

$\lambda_4$  è un fattore da applicarsi quando l'elemento strutturale è caricato da più di un binario (definito in 2.4).

Il valore del fattore di campata  $\lambda_1$ , corrispondente alla combinazione di carico “standard” può essere ottenuto dalla Tabella 2.1-1.

Per linee con combinazioni di tipo di treno diverse da quelle prese in considerazione (per esempio linee specializzate) il Gestore dell’Infrastruttura può specificare direttamente valori di  $1\lambda$ .

L [m]	$\lambda_1$
0,5	1,60
1,0	1,60
1,5	1,60
2,0	1,46
2,5	1,38
3,0	1,35
3,5	1,17
4,0	1,07
4,5	1,02
5,0	1,03
6,0	1,03
7,0	0,97
8,0	0,92
9,0	0,88
10,0	0,85

10,0	0,85
12,5	0,82
15,0	0,76
17,5	0,70
20,0	0,67
25,0	0,66
30,0	0,65
35,0	0,64
40,0	0,64
45,0	0,64
50,0	0,63
60,0	0,63
70,0	0,62
80,0	0,61
90,0	0,61
100,0	0,60

Tab. 2.1-1 – Valori di  $\lambda_1$  in funzione di L [m]

Nella determinazione di  $\lambda_1$  la luce della campata dovrebbe essere assunta facendo riferimento alle Tabelle 2.1-2 e 2.1-3, rispettivamente per stati tensionali provenienti da sollecitazioni di flessione e di taglio.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

PER STATI TENSIONALI PROVENIENTI DA SOLLECITAZIONI DI FLESSIONE:			
		Per:	Luce L da considerare
1		una campata semplicemente appoggiata	luce della campata L
2		campate continue	la luce della campata $L_i$ considerata
		nelle sezioni di mezzeria (vedere Figura 3.1-1)	
3		campate continue	la media delle campate $L_i$ e $L_j$ adiacenti a quell'appoggio
		nelle sezioni sugli appoggi (vedere Figura 3.1-1)	
4		travature trasversali facenti da appoggio a supporti delle rotaie (o a irrigidimenti)	la somma delle due campate dei supporti delle rotaie (o degli irrigidimenti) immediatamente adiacenti alla travatura trasversale
5	a	piastra di impalcato sostenuta solo da travature o irrigidimenti trasversali (senza elementi longitudinali) e per quelle che sostengono elementi trasversali	lunghezza della linea di influenza dello spostamento (trascurando le parti con lo spostamento verso l'alto), prendendo in dovuto conto la rigidità delle rotaie nella distribuzione del carico
	b	elementi trasversali distanti tra di loro non più di 750 mm	2 volte la distanza tra gli elementi trasversali + 3 m

Tab. 2.1-2 – Valutazione della luce L per stati tensionali provenienti da sollecitazioni di flessione

PER STATI TENSIONALI PROVENIENTI DA SOLLECITAZIONI DI TAGLIO:			
		Per:	Luce L da considerare
6		una campata semplicemente appoggiata	la luce della campata L
		nelle sezioni di mezzeria (vedere Figura 3.1-1)	
7		una campata semplicemente appoggiata	$0,4 \times$ la luce della campata L
		nelle sezioni sugli appoggi (vedere Figura 3.1-1)	
8		campate continue	la luce della campata $L_i$ considerata
		nelle sezioni di mezzeria (vedere Figura 3.1-1)	
9		campate continue	$0,4 \times$ la luce della campata $L_i$ considerata
		nelle sezioni sugli appoggi (vedere Figura 3.1-1)	

Tab. 2.1-3 – Valutazione della luce L per stati tensionali provenienti da sollecitazioni di taglio

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

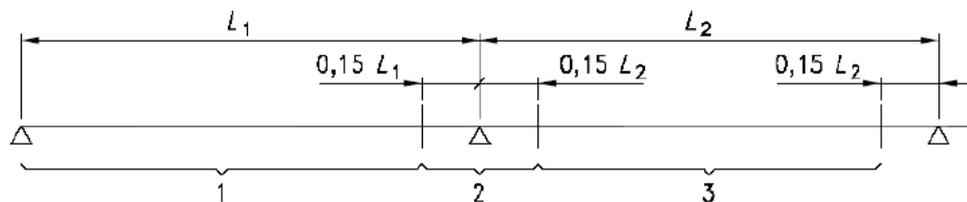


Fig. 2.1-1 – Aree dove si considerano la sezione di mezzeria o la sezione sull'appoggio

Legenda

- 1 Sezione di mezzeria
- 2 Sezione sull'appoggio
- 3 Sezione di mezzeria

Le lunghezze caratteristiche  $L_\phi$  da utilizzare per elementi non contemplati dalla Tab. 2.1.-2 sono riportate sulla Specifica RFI DTC INC SP IFS 001 A.

Se le sollecitazioni risultanti in un elemento strutturale dipendono da effetti diversi, ognuno dei quali relativi a comportamenti strutturali separati, si raccomanda che ogni effetto sia calcolato usando la lunghezza caratteristica appropriata.

Per tenere conto del limite di fatica, il valore di  $\lambda$  non dovrebbe essere maggiore di  $\lambda_{max}$  dato da:

$$\lambda_{max}=1,4$$

### 8.1.3.2 Influenza del volume di traffico

Per i ponti ubicati su linee per le quali si prevede per il futuro un traffico annuo (T) diverso in termini di tonnellaggio da quello assunto a riferimento ( $24,95 \times 10^6$  t/anno), i valori delle sollecitazioni andranno corretti mediante il coefficiente  $\lambda_2$  funzione del volume di traffico assunto a riferimento.

Si riportano nella sottostante tabella i valori del fattore correttivo per diversi valori di volume di traffico  $\lambda_2$

Traffico annuo [10 <sup>6</sup> t/binario]	5	10	15	20	25	30	35	40	50
$\lambda_2$	0.72	0.83	0.90	0.96	1.00	1.04	1.07	1.10	1.15

Tab. 2.2-1 – Valori di  $\lambda_2$  in termini di volume di traffico annuo

Salvo diversa specificazione da parte del Gestore dell'Infrastruttura, si dovrà assumere per  $\lambda_2$  il valore corrispondente ad un volume di traffico di  $25 \times 10^6$  t /anno/via.

### 8.1.3.3 Influenza della vita utile a fatica

Per effettuare le verifiche di ponti per i quali si prescrive una vita a fatica diversa da 100 anni, si forniscono i valori del fattore correttivo  $\lambda_3$  tabellati in funzione della vita utile "N".

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

Vita utile a fatica [anni]	50	60	70	80	90	100	120
$\lambda_3$	0.87	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00	1.04

Tab. 2.3-1 – Valori di  $\lambda_3$  in termini di vita di progetto della struttura

Salvo diversa specificazione da parte del Gestore dell'Infrastruttura, si dovrà assumere per  $\lambda_3$  il valore corrispondente ad una vita utile pari a 100 anni.

#### 8.1.3.4 Influenza del doppio binario

Nel caso di ponti a doppio binario, si dovrà tener conto delle possibilità di incrocio dei treni sul ponte per la verifica degli elementi delle pareti principali e delle travi trasversali.

In tal caso, i dati tensionali andranno calcolati considerando ambedue i binari caricati, ma apportando ai valori numerici di  $\Delta\sigma$  ( $\Delta\tau$ ) così determinati, il fattore correttivo  $\lambda_4$  di seguito riportato:

$$\lambda_4 = \sqrt[5]{n + [1 - n] \cdot [a^5 + (1 - a)^5]}$$

dove:

$$a = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}}$$

$\Delta\sigma_1$  è l'intervallo di tensione nella sezione da verificare ottenuta con il modello di carico su un solo binario;

$\Delta\sigma_{1+2}$  è l'intervallo di tensione nella stessa sezione ottenuta con il modello di carico su due binari qualsiasi.

$n$  è uguale alla percentuale dei treni che si incrociano sul ponte, la quale salvo diverse indicazioni da parte del Gestore dell'Infrastruttura si assumerà pari al 33,3%.

#### 8.1.3.5 Combinazione del danneggiamento da intervalli di sforzo locali e globali

Laddove un elemento è soggetto a variazioni di sforzo dovute all'effetto combinato della flessione della travatura principale (effetti globali) e della flessione dell'impalcato (effetti locali), gli effetti separati dovrebbero essere combinati usando la formula:

$$\lambda_{loc} \cdot \Phi_{loc} \cdot \Delta\sigma_{loc} + \lambda_{glo} \cdot \Phi_{glo} \cdot \Delta\sigma_{glo}$$

in cui il suffisso "loc" si riferisce agli effetti locali e "glo" a quelli globali.

#### 8.1.3.6 Influenza dello spessore

Nella valutazione della resistenza a fatica dovrà tenersi conto dello spessore del metallo base nel quale può innescarsi una potenziale lesione.

Nel caso che l'influenza dello spessore sulla resistenza a fatica non sia trascurabile (spessore  $t > 25\text{mm}$ ), la classe del dettaglio deve essere ridotta secondo la formula:

$$\Delta\sigma_{C,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_C$$

MANDATARIA  MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	29

dove il coefficiente riduttivo  $k_s$  dipende dal dettaglio strutturale considerato ed i cui valori indicativi sono indicati, per alcuni dettagli costruttivi, nelle Tabelle dell'Allegato 2.

Dove non esplicitamente indicato il coefficiente  $k_s$  nelle tabelle sopraccitate, lo stesso può essere determinato con la seguente espressione:

$$k_s = \sqrt[4]{\frac{25}{t}} \leq 1.$$

$t$  spessore in mm

Analogamente si procederà per i  $\Delta$  di tensione tangenziale.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	30

## 9. MODELLO DI CALCOLO IMPALCATO

La modellazione descritta in questo paragrafo è stata impiegata per le verifiche globali dell'impalcato nella configurazione di progetto.

Il ponte ferroviario, classificato come ponte a via inferiore a struttura reticolare, è costituito da due travate parallele a traliccio, composte da una briglia inferiore e una briglia superiore collegate da diagonali e montanti a formare maglie triangolari; le due briglie inferiori poste ad interasse pari a 10,15 m sono risultano collegate da traversi a doppio T ad interasse 4,875 m.

Tra i traversi si sviluppano in senso longitudinale le longherine HEA700, in numero di una al di sotto di ogni rotaia, sulle quali è solidarizzata la vasca porta-ballast in acciaio di spessore 30mm, riempita in calcestruzzo. La struttura si completa con controventi inferiori in acciaio a T, a stabilizzare il piano dell'impalcato, ed un piano di controventamento superiore composto da traversi e controventi realizzati con profili HEA500.

Tutti gli elementi monodimensionali che costituiscono il ponte sono modellati mediante elementi tipo "beam", ad eccezione dei controventi, modellati come elementi "truss".

Le longherine, come richiesto dal MdP implementate con area sezionale ridotta al 60% di quella nominale, sono svincolate alla rotazione attorno agli assi verticali Y in corrispondenza dei traversi inferiori, modellati in continuità flessionale lungo la direzione longitudinale X.

Sia i traversi inferiori sia i traversi superiori sono svincolati alla rotazione attorno all'asse verticale Y in corrispondenza delle briglie, mentre risultano in continuità flessionale nel piano YZ.

La vasca porta-ballast viene modellata con elementi "plate" poggianti su longherine e traversi, di spessore flessionale 30 mm e spessore membranale nullo.

Come per la riduzione della sezione normale delle longherine, questo accorgimento consente di applicare i carichi verticali alle "beam" sottostanti senza introdurre rigidità di piano, e massimizzare in senso conservativo le sollecitazioni sulle strutture principali longitudinali.

Agli elementi modellati sono stati attribuiti degli offset per tenere in conto la posizione reale del loro baricentro rispetto alla quota dei fili modellati.

Gli assi di riferimento sono:

- X = asse longitudinale impalcato
- Y = asse verticale impalcato
- Z = asse trasversale impalcato

In corrispondenza degli appoggi sono stati introdotti i vincoli seguenti:

- fisso (F) + unidirezionale trasversale (UT)
- unidirezionale longitudinale (UL) + mobile (M)

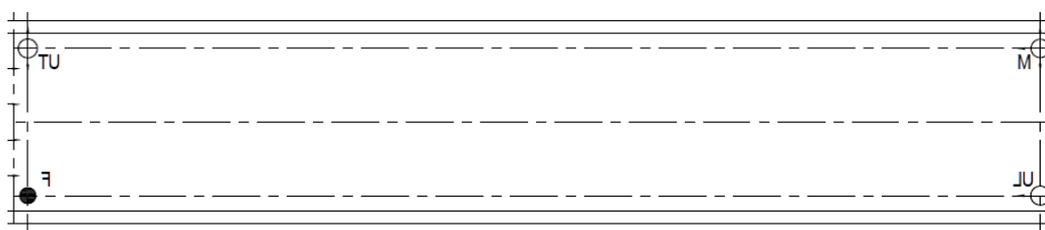


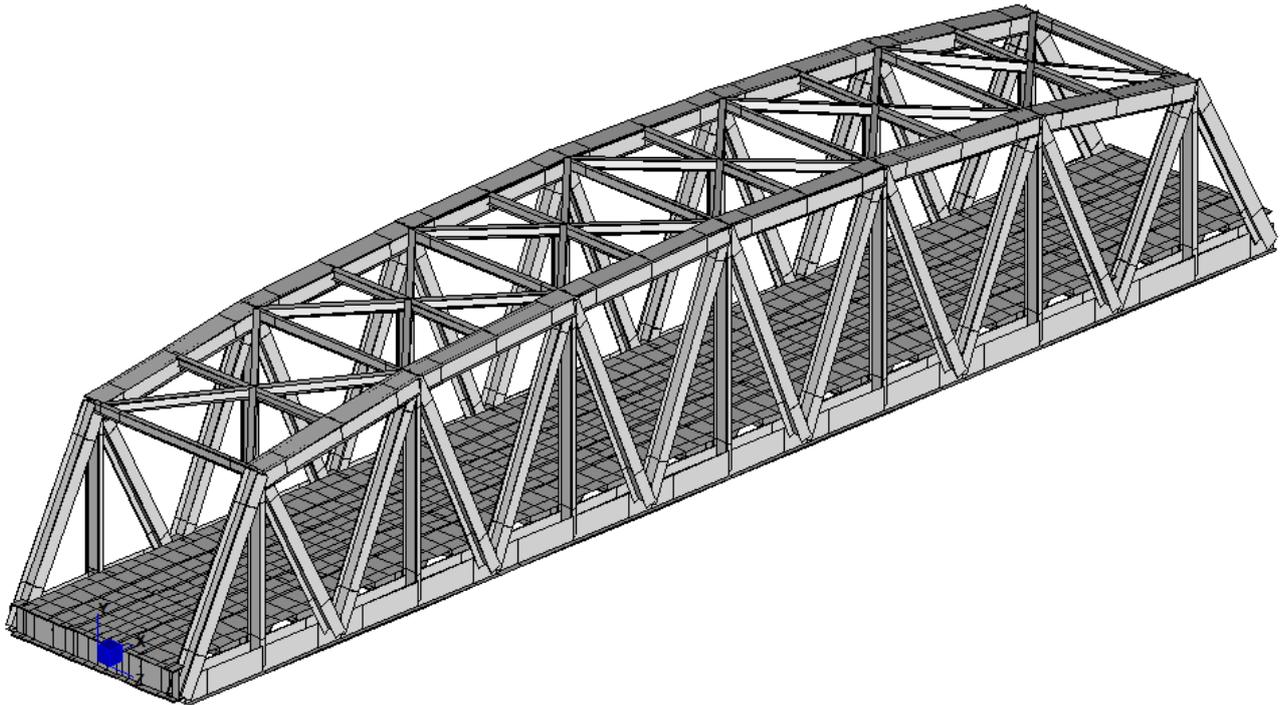
Figura 2 - Modello FEM – Schema appoggi

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

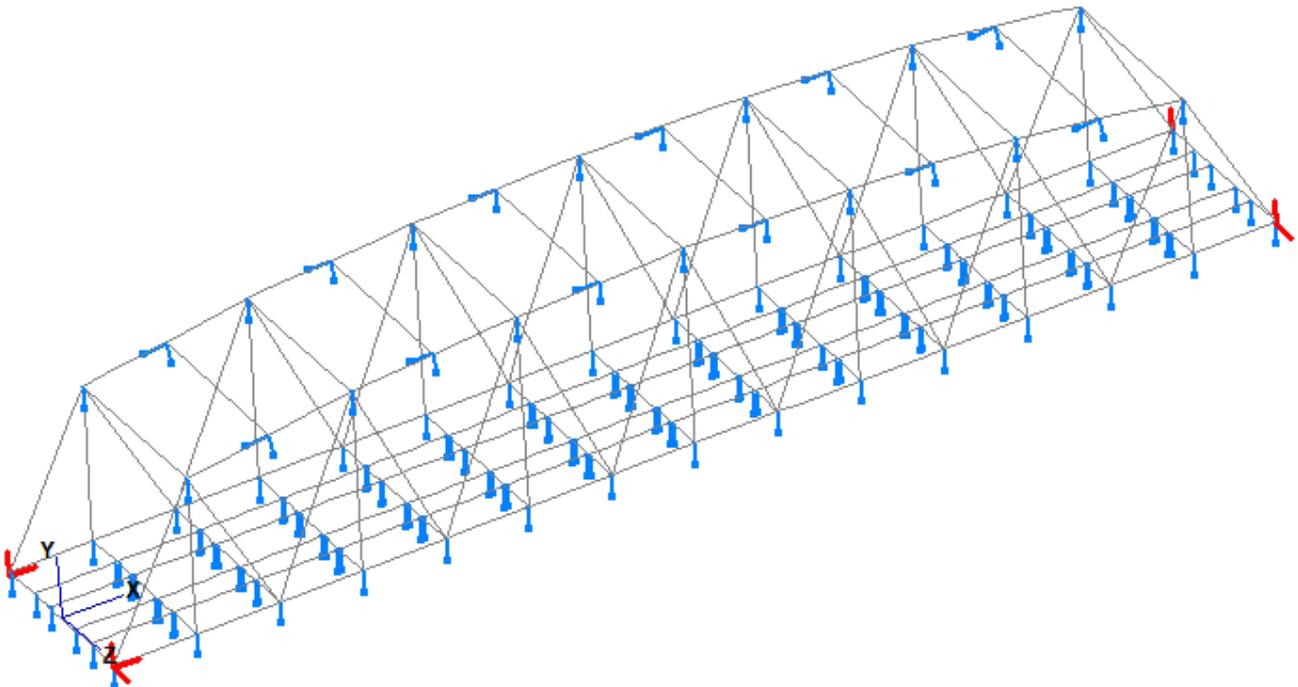
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	31

L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

Il modello analizzato viene rappresentato nelle figure seguenti.



*Figura 3 - Modello FEM – Vista estrusa*



*Figura 4 - Modello FEM – Vista unifilare con svincoli interni (azzurro) e vincoli esterni (rossi)*

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>32</b>

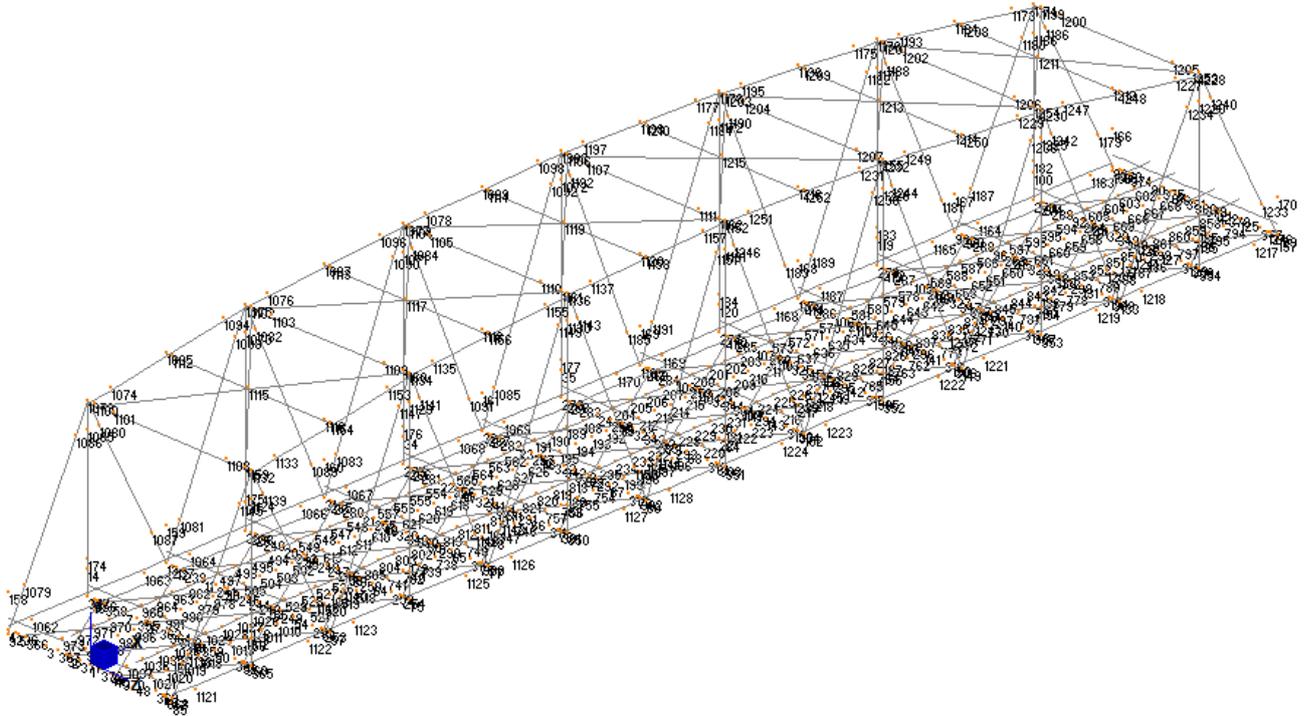


Figura 5 - Modello FEM – Numerazione nodi

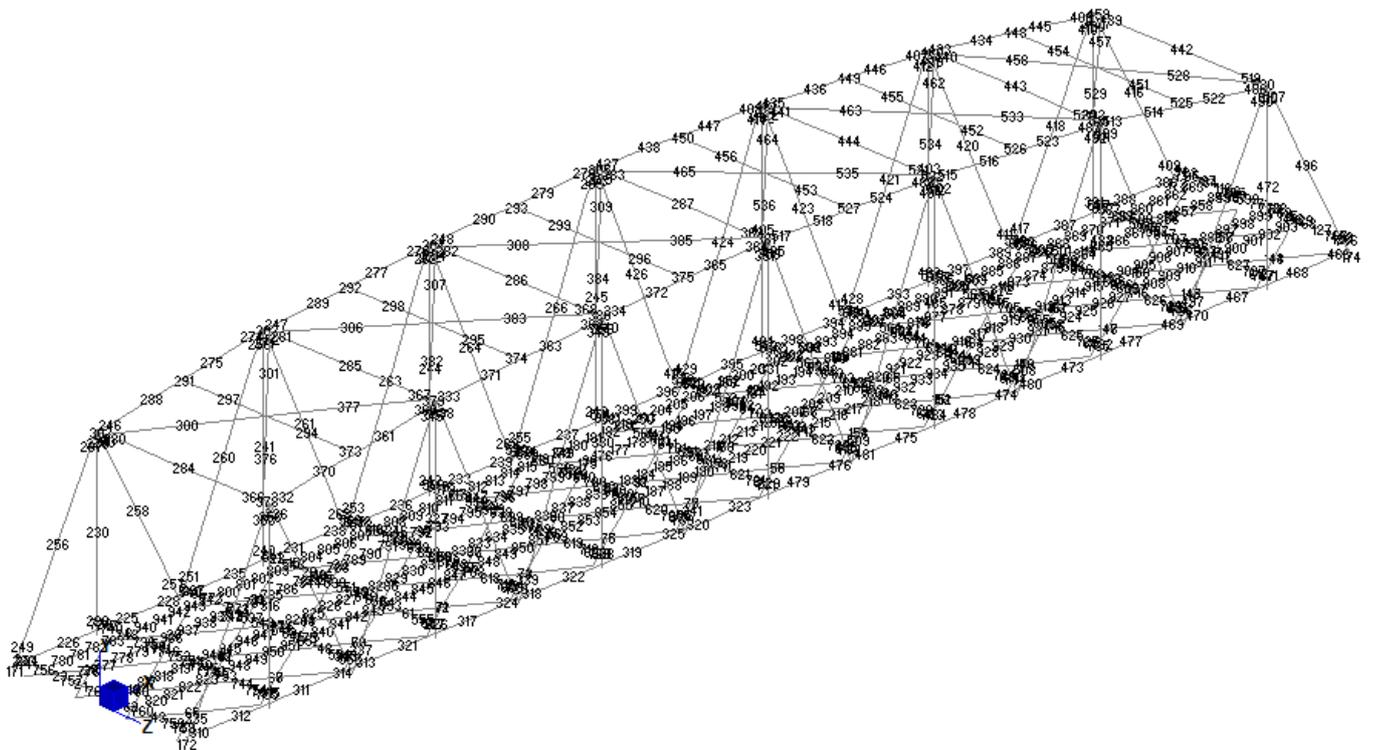


Figura 6 - Modello FEM – Numerazione beam e truss

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>33</b>

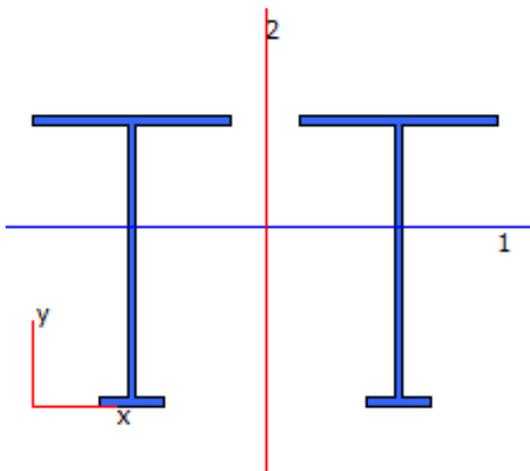
**9.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI METALLICHE**

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche attribuite agli elementi modellati.

**9.1.1 Briglia superiore**

La briglia superiore è un profilo ad omega di larghezza totale 1.220 mm e altezza delle anime 850 mm. Lo spessore della piattabanda varia da concio “A” a concio “B” essendo rispettivamente 25 mm e 35 mm. Le anime hanno spessore 25 mm e le due ali inferiori presentano larghezza 200 mm cadauna e spessore 25 mm.

Per poter consentire al postprocessore le verifiche strutturali dell'acciaio, la sezione viene modellata e poi verificata con una doppia sezione a doppio T, di larghezze e spessori identici al profilo ad omega, opportunamente predisposta in modo da avere le stesse caratteristiche inerziali della sezione originale.



1: BRIGLIA\_SUP\_1

Materials... Steel - Modified

Type

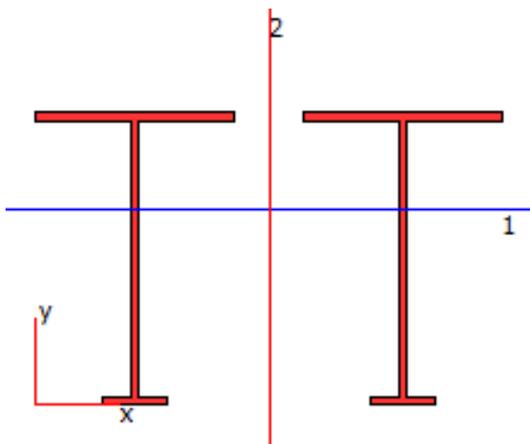
- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	83.0000 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>2</sup>
I11	9.3438 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>4</sup>
I22	15.1043 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>4</sup>
J	17.4029 x 10 <sup>-6</sup>	m <sup>4</sup>
Shear L1	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m
Shear L2	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m
Shear A1	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m <sup>2</sup>
Shear A2	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

Total Properties: 19

Close



2: BRIGLIA\_SUP\_2

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	95.2000 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>2</sup>
I11	10.6242 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>4</sup>
I22	17.5585 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>4</sup>
J	28.1896 x 10 <sup>-6</sup>	m <sup>4</sup>
Shear L1	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m
Shear L2	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m
Shear A1	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m <sup>2</sup>
Shear A2	0.0000 x 10 <sup>0</sup>	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

Total Properties: 19

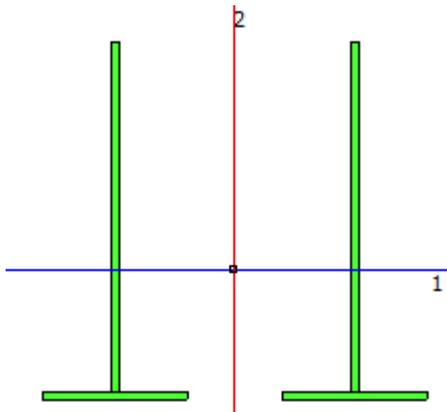
Close

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>34</b>

**9.1.2 Briglia inferiore**

La briglia inferiore è un profilo composto da due T con ala ad intradosso di altezza totale delle anime di 1.220 mm e larghezza netta tra le anime 800 mm. La larghezza e lo spessore delle ali inferiori variano da concio "A" a concio "B" essendo rispettivamente 500x25 mm e 500x35 mm. Le anime hanno spessore 25 mm.



3: BRIGLIA\_INF\_1

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area: 0,086 m<sup>2</sup>

I11: 0,014439 m<sup>4</sup>

I22: 0,015157 m<sup>4</sup>

J: 1,74345E-5 m<sup>4</sup>

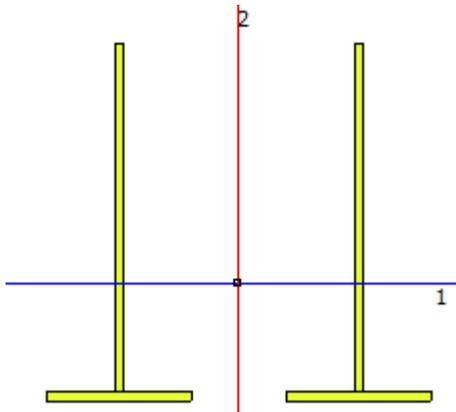
Shear L1: 0,0 m

Shear L2: 0,0 m

Shear A1: 0,041518 m<sup>2</sup>

Shear A2: 0,055223 m<sup>2</sup>

Integration Points: 5



4: BRIGLIA\_INF\_2

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area: 0,0955 m<sup>2</sup>

I11: 0,015977 m<sup>4</sup>

I22: 0,016982 m<sup>4</sup>

J: 2,59341E-5 m<sup>4</sup>

Shear L1: 0,0 m

Shear L2: 0,0 m

Shear A1: 0,059453 m<sup>2</sup>

Shear A2: 0,054891 m<sup>2</sup>

Integration Points: 5

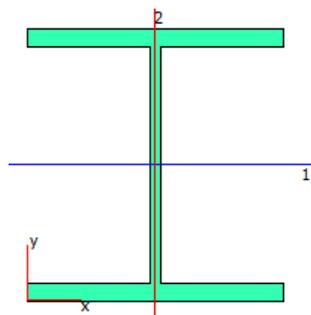
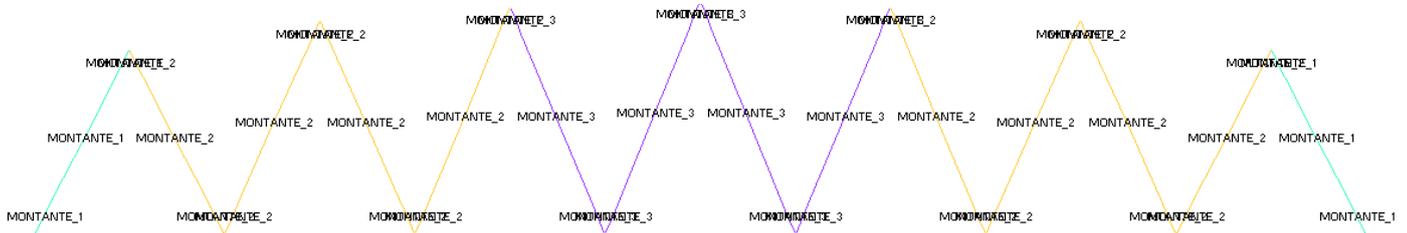
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 9.1.3 Diagonali e montanti

Ciascuna delle travate laterali è composta oltre che da briglia superiore e briglia inferiore anche da diagonali e montanti a comporre una struttura reticolare a maglia triangolare.

I diagonali si suddividono in tre tipologie aventi le seguenti geometrie:

- “MONTANTE\_1” sezione a doppio T di altezza totale 800 mm, piattebande 750x50 mm e anima di spessore 35 mm;
- “MONTANTE\_2” sezione a doppio T di altezza totale 800 mm, piattebande 600x45 mm e anima di spessore 25 mm;
- “MONTANTE\_3” sezione a doppio T di altezza totale 800 mm, piattebande 600x30 mm e anima di spessore 20 mm.



11: MONTANTE\_1

Materials... Steel - Modified

Type

Spring-Damper

Cable

Truss

Cutoff Bar

Point Contact

Beam

User-defined

Pipe

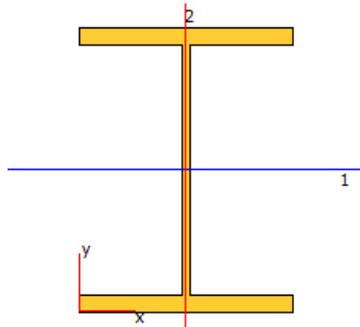
Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,0995	m <sup>2</sup>
I11	0,011563	m <sup>4</sup>
I22	0,003518	m <sup>4</sup>
J	7,25042E-5	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,068596	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,027854	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>36</b>



12: MONTANTE\_2

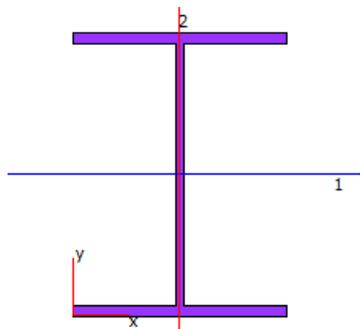
Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,07175	m <sup>2</sup>
I11	0,00845	m <sup>4</sup>
I22	0,001621	m <sup>4</sup>
J	4,01479E-5	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,048577	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,019943	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	



13: MONTANTE\_3

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

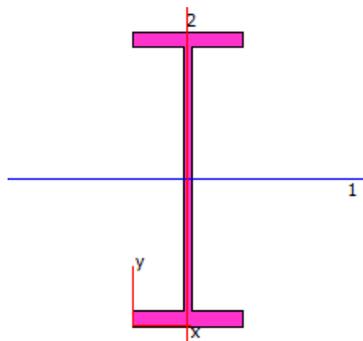
Section Area	0,0508	m <sup>2</sup>
I11	0,006014	m <sup>4</sup>
I22	0,00108	m <sup>4</sup>
J	1,27733E-5	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,031912	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,015895	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>37</b>

I montanti si suddividono in due tipologie aventi le seguenti geometrie:

- “MONTANTE\_4” sezione a doppio T di altezza totale 800 mm, piattebande 300x40 mm e anima di spessore 25 mm;
- “MONTANTE\_5” sezione a doppio T di altezza totale 800 mm, piattebande 250x25 mm e anima di spessore 20 mm.



14: MONTANTE\_4

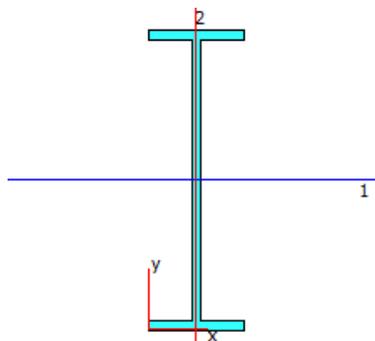
Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,042	m <sup>2</sup>
I11	0,004246	m <sup>4</sup>
I22	0,000181	m <sup>4</sup>
J	1,655E-5	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,023476	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,019613	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	



15: MONTANTE\_5

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

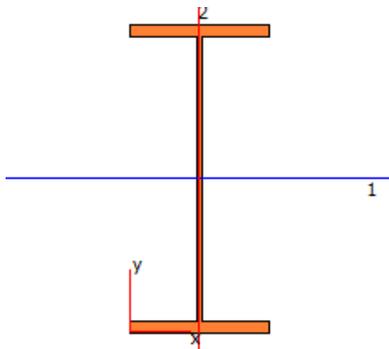
Section Area	0,0275	m <sup>2</sup>
I11	0,002581	m <sup>4</sup>
I22	6,56042E-5	m <sup>4</sup>
J	4,60417E-6	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,012381	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,015533	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	38

**9.1.4 Traversi**

I traversi, realizzati in composizione saldata mediante un profilo a doppio T per un'altezza totale di 1550m, presentano in testata piattebande 700x60 mm ed anima di spessore 30mm mentre in campata piattebande 650x40 mm ed anima di spessore 20mm.



8: TRAVERSO\_INF\_1

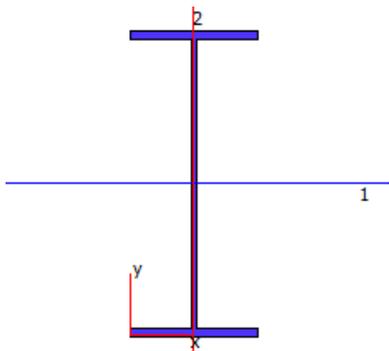
Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,1269	m <sup>2</sup>
I11	0,053958	m <sup>4</sup>
I22	0,003433	m <sup>4</sup>
J	0,000114	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,075894	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,045935	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	



9: TRAVERSO\_INF\_2

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

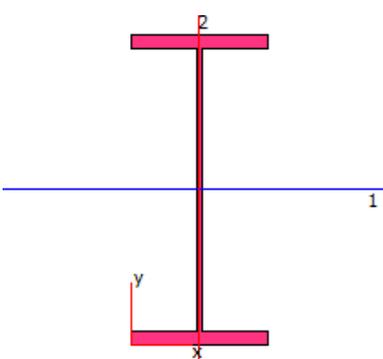
Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,0814	m <sup>2</sup>
I11	0,034942	m <sup>4</sup>
I22	0,001832	m <sup>4</sup>
J	3,16533E-5	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,046195	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,030796	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>39</b>

### 9.1.5 Longherine

Le longherine sono realizzate mediante profili HEA700.



10: LONGHERINA\_1

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,025422	m <sup>2</sup>
I11	0,002092	m <sup>4</sup>
I22	0,000122	m <sup>4</sup>
J	4,58291E-6	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,014922	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,009856	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	

Come richiesto dal MdP §2.5.2.3.7.2.2, per le longherine si corregge l'area della sezione con una riduzione del 60% rispetto al valore nominale, pari a  $0.025422 \cdot 0.60 = 0.0152532$  mq.

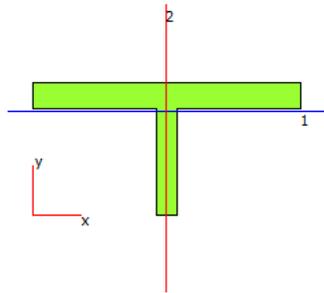
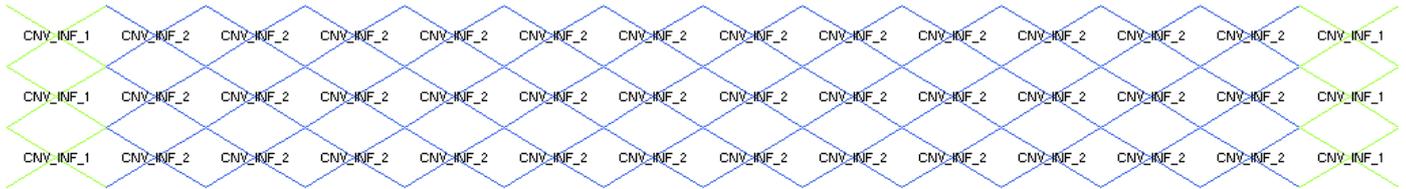
**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>40</b>

**9.1.6 Controventi inferiori**

I controventi inferiori si suddividono in due tipologie aventi le seguenti geometrie:

- “CNV\_INF\_1” sezione T di altezza totale 200 mm, ala 400x40 mm e anima di spessore 30 mm;
- “CNV\_INF\_1” sezione T di altezza totale 200 mm, ala 400x25 mm e anima di spessore 16 mm.



16: CNV\_INF\_1

Materials... Steel - Modified

Type

Spring-Damper

Cable

Truss

Cutoff Bar

Point Contact

Beam

User-defined

Pipe

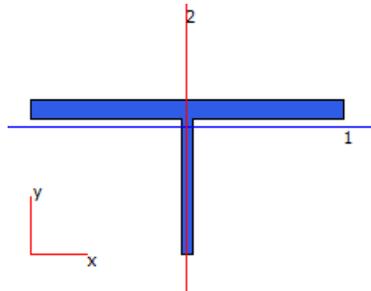
Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area  m<sup>2</sup>

J  m<sup>4</sup>

Integration Points



17: CNV\_INF\_2

Materials... Steel - Modified

Type

Spring-Damper

Cable

Truss

Cutoff Bar

Point Contact

Beam

User-defined

Pipe

Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area  m<sup>2</sup>

J  m<sup>4</sup>

Integration Points

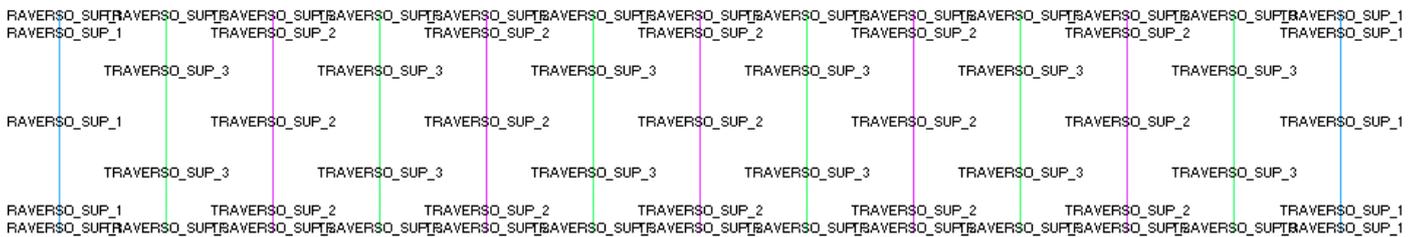
**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>41</b>

**9.1.7 Controventi superiori**

Il piano di controventamento superiore è costituito da elementi disposti perpendicolarmente all'asse del ponte che uniscono le due travate principali:

- "TRAVERSO\_SUP\_1" sezione a doppio T di altezza totale 500 mm, piattebande 300x30 mm e anima di spessore 20 mm;
- "TRAVERSO\_SUP\_2" sezione a doppio T di altezza totale 500 mm, piattebande 250x20 mm e anima di spessore 20 mm;
- "TRAVERSO\_SUP\_3" sezione HEA500.



Il controventamento superiore si completa con diagonali realizzati mediante profili HEA500.

5: TRAVERSO\_SUP\_1

Materials... Steel - Modified

Type

Spring-Damper

Cable

Truss

Cutoff Bar

Point Contact

Beam

User-defined

Pipe

Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area: 0,0268 m<sup>2</sup>

I11: 0,001137 m<sup>4</sup>

I22: 0,000135 m<sup>4</sup>

J: 6,57333E-6 m<sup>4</sup>

Shear L1: 0,0 m

Shear L2: 0,0 m

Shear A1: 0,017125 m<sup>2</sup>

Shear A2: 0,009907 m<sup>2</sup>

Integration Points: 5

6: TRAVERSO\_SUP\_2

Materials... Steel - Modified

Type

Spring-Damper

Cable

Truss

Cutoff Bar

Point Contact

Beam

User-defined

Pipe

Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area: 0,0192 m<sup>2</sup>

I11: 0,000739 m<sup>4</sup>

I22: 5,239E-5 m<sup>4</sup>

J: 2,56E-6 m<sup>4</sup>

Shear L1: 0,0 m

Shear L2: 0,0 m

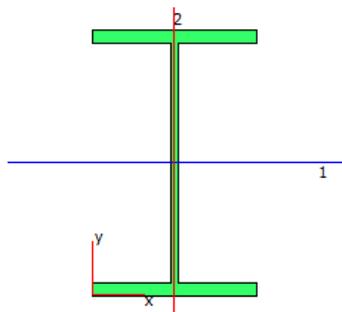
Shear A1: 0,009835 m<sup>2</sup>

Shear A2: 0,009775 m<sup>2</sup>

Integration Points: 5

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	42



7: TRAVERSO\_SUP\_3

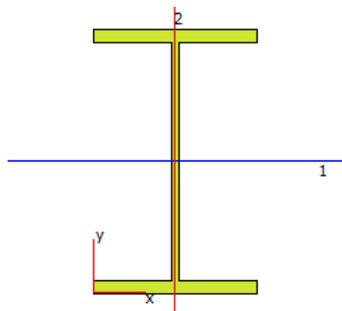
Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,019128	m <sup>2</sup>
I11	0,000841	m <sup>4</sup>
I22	0,000104	m <sup>4</sup>
J	2,68914E-6	m <sup>4</sup>
Shear L1	0,0	m
Shear L2	0,0	m
Shear A1	0,012439	m <sup>2</sup>
Shear A2	0,005845	m <sup>2</sup>
Integration Points	5	



20: CNV\_SUP

Materials... Steel - Modified

Type

- Spring-Damper
- Cable
- Truss
- Cutoff Bar
- Point Contact
- Beam
- User-defined
- Pipe
- Connection

Structural | Nonlinear | Heat | Tables | Section | Geometry

Section Area	0,019128	m <sup>2</sup>
J	2,60658E-6	m <sup>4</sup>
Integration Points	5	

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

## 10. ANALISI DEI CARICHI

### 10.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI ( $G_1$ )

Nome	$\gamma_G$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP carpenteria metallica	1.0 / 1.35	-	-	-
PP vasca porta ballast				
PP riempimento vasca porta ballast				

#### 10.1.1 Peso proprio carpenteria metallica

Il peso della carpenteria metallica viene computato automaticamente dal software, a partire dalle proprietà sezionali e di materiale degli elementi modellati; in particolare agli elementi in acciaio è stato attribuito un peso per unità di volume amplificato del 15% ( $\gamma_s = 7850 \text{ kN/m}^3 * 1.15 = 9028 \text{ kN/m}^3$ ), questo al fine di considerare l'incremento dovuto a saldature, irrigidimenti, piastre, imbottiture, etc.

#### 10.1.2 Peso proprio della vasca metallica porta-ballast

Il peso della vasca in acciaio porta-ballast, di spessore 30 mm, viene applicato come pressione distribuita e come massa non strutturale distribuita sulle plate di soletta, considerando un peso per unità di volume  $\gamma_c = 78.5 \text{ kN/m}^3$  e tenendo in conto del maggior peso in corrispondenza dei risvolti terminali, come schematizzato nella figura seguente.

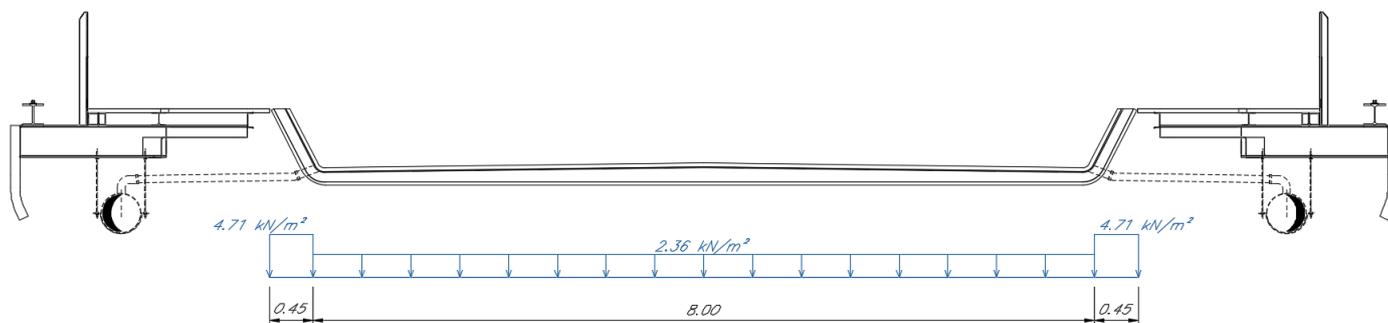


Figura 7 – Peso proprio della vasca porta-ballast

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	44

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

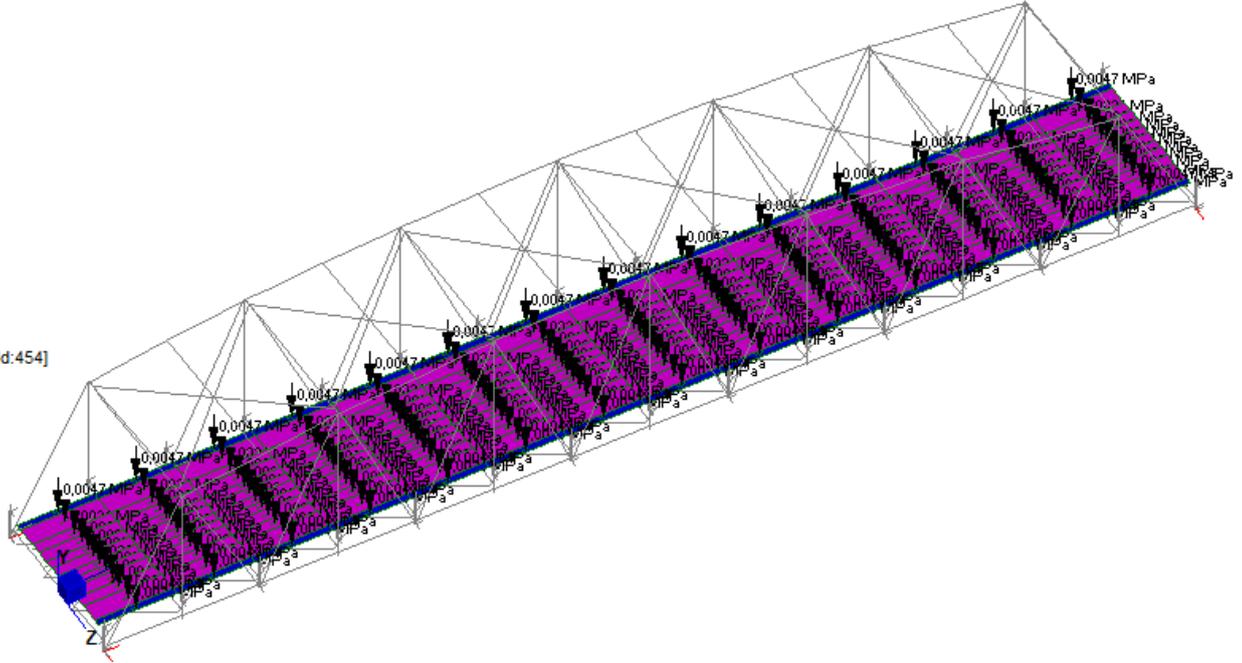
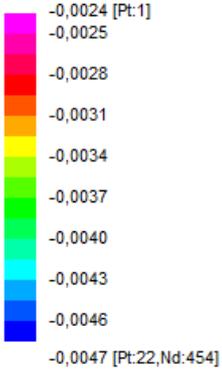
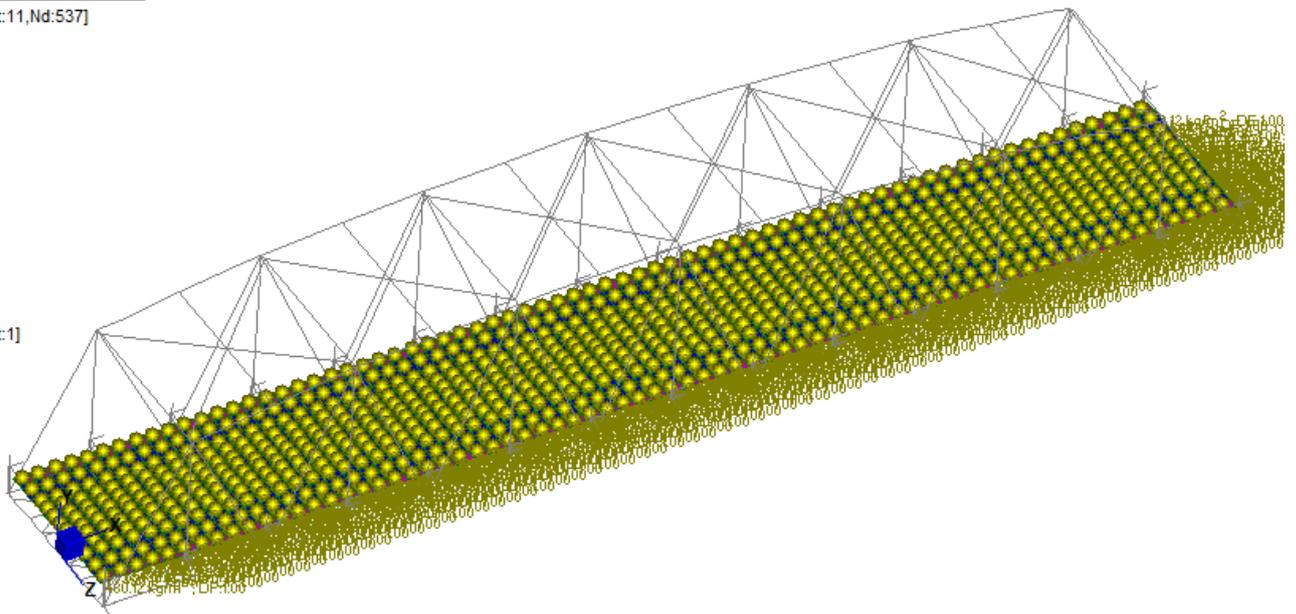
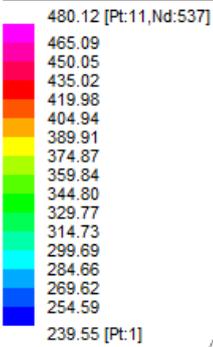


Plate Non-structural Mass [kg/m<sup>2</sup>]



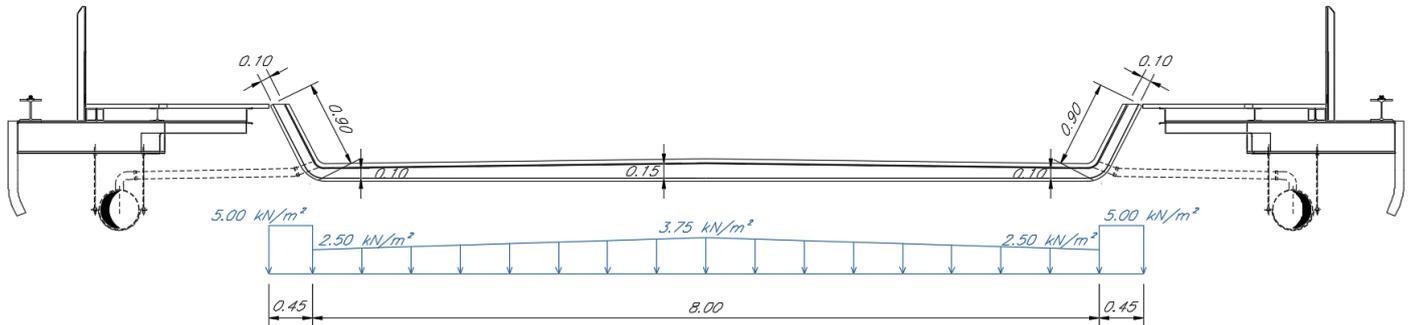
*Figura 8 – Modello FEM – Condizione di carico: G1 Soletta acciaio*

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	45

**10.1.3 Riempimento in calcestruzzo della vasca porta-ballast**

Il peso del calcestruzzo di riempimento della vasca porta-ballast viene applicato come pressione distribuita e come massa non strutturale distribuita sulle plate di soletta, considerando un peso per unità di volume  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$  e tenendo in conto la sua variabilità di spessore (da 15 cm in mezzeria a 10 cm alle estremità) ed il maggior peso in corrispondenza dei risvolti terminali, come schematizzato nella figura seguente.



*Figura 9 – Riempimento in calcestruzzo*

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>46</b>

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

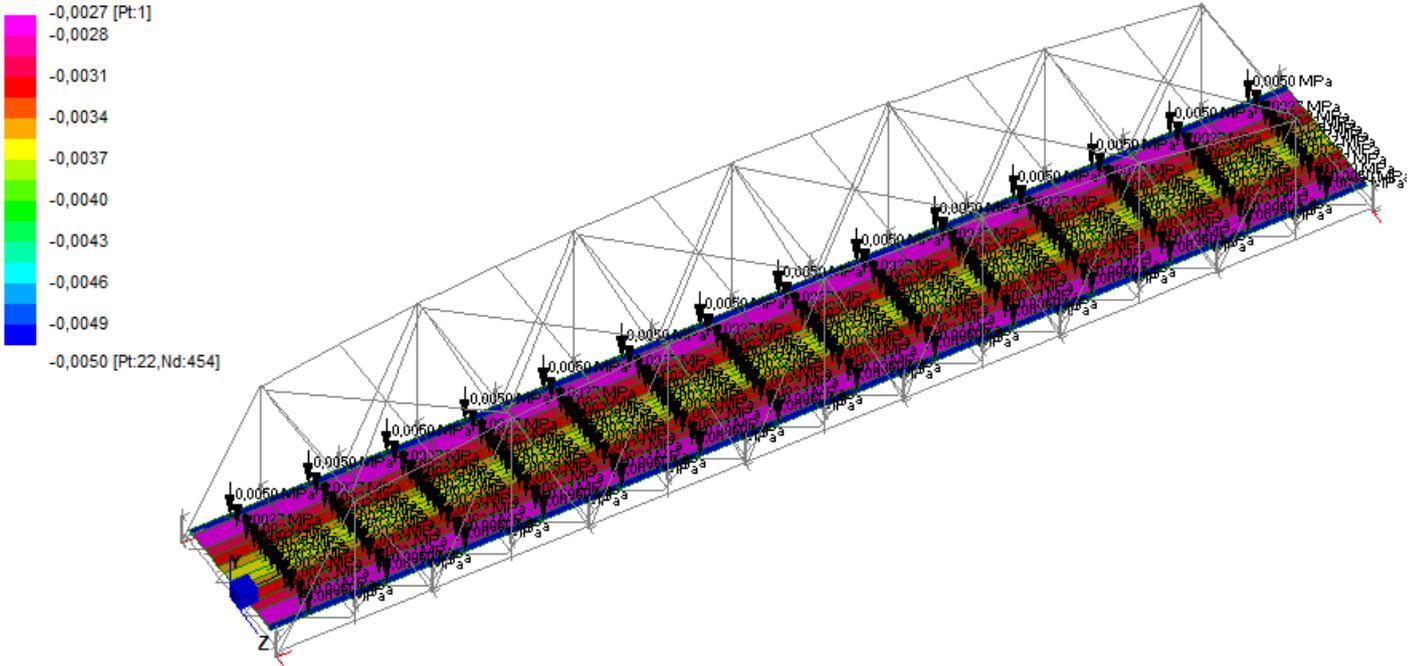


Plate Non-structural Mass [kg/m<sup>2</sup>]

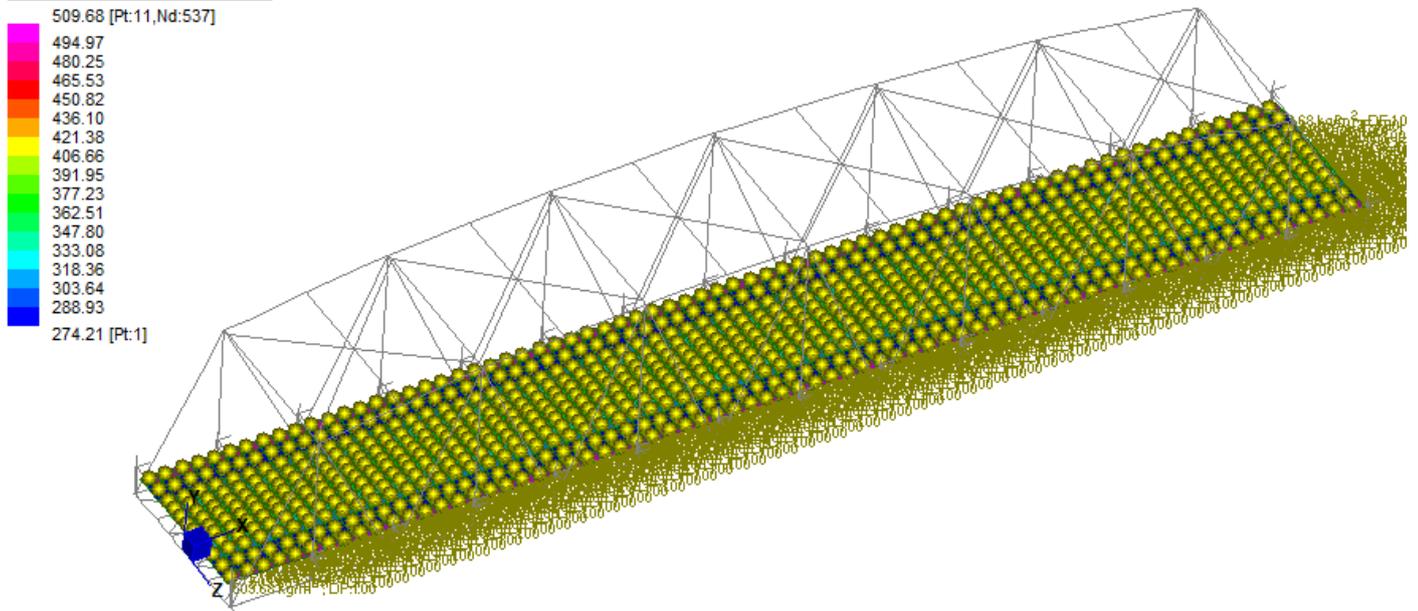


Figura 10 – Modello FEM – Condizione di carico: G1 Soletta cls

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

## 10.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G<sub>2</sub>)

Nome	γ <sub>G</sub> (Fav / Sfav)	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
Ballast Velette, arredi, barriere	1.0 / 1.50	-	-	-

### 10.2.1 Ballast, armamento ed impermeabilizzazione

Il peso complessivo di ballast, armamento ed impermeabilizzazione viene convenzionalmente considerato pari a 20 kN/m<sup>3</sup>, con riferimento ad un'altezza di 0.80 m; nel modello viene applicato come pressione distribuita e come massa non strutturale distribuita sulle plate di soletta, tenendo in conto del minor peso in corrispondenza dei risvolti terminali, come schematizzato nella figura seguente.

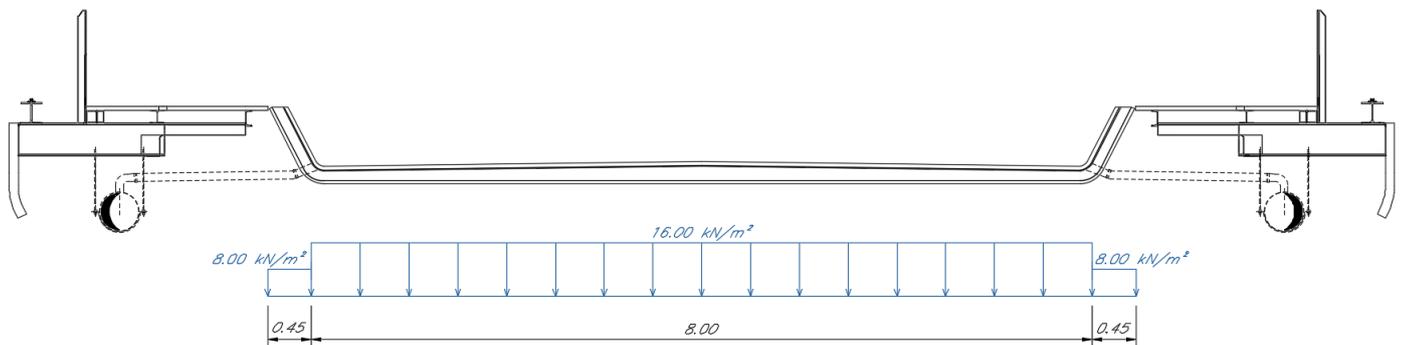


Figura 11 – Ballast

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	48

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

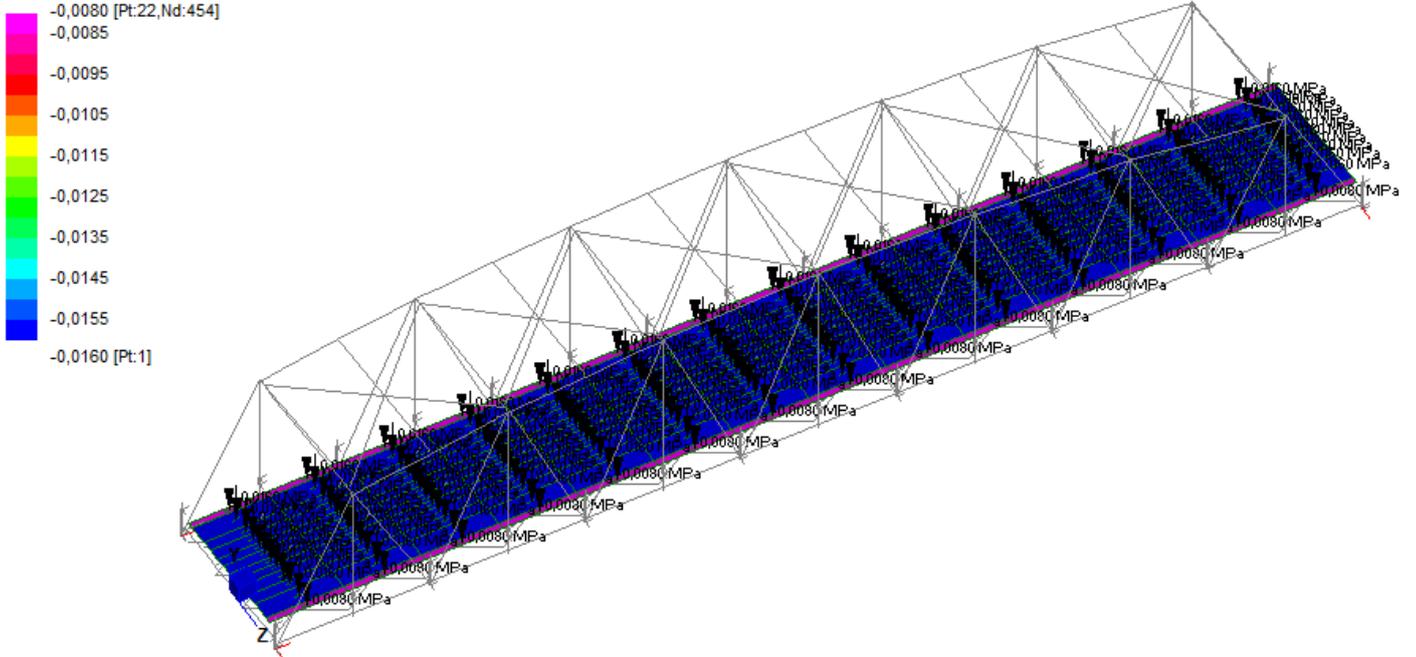


Plate Non-structural Mass [kg/m<sup>2</sup>]

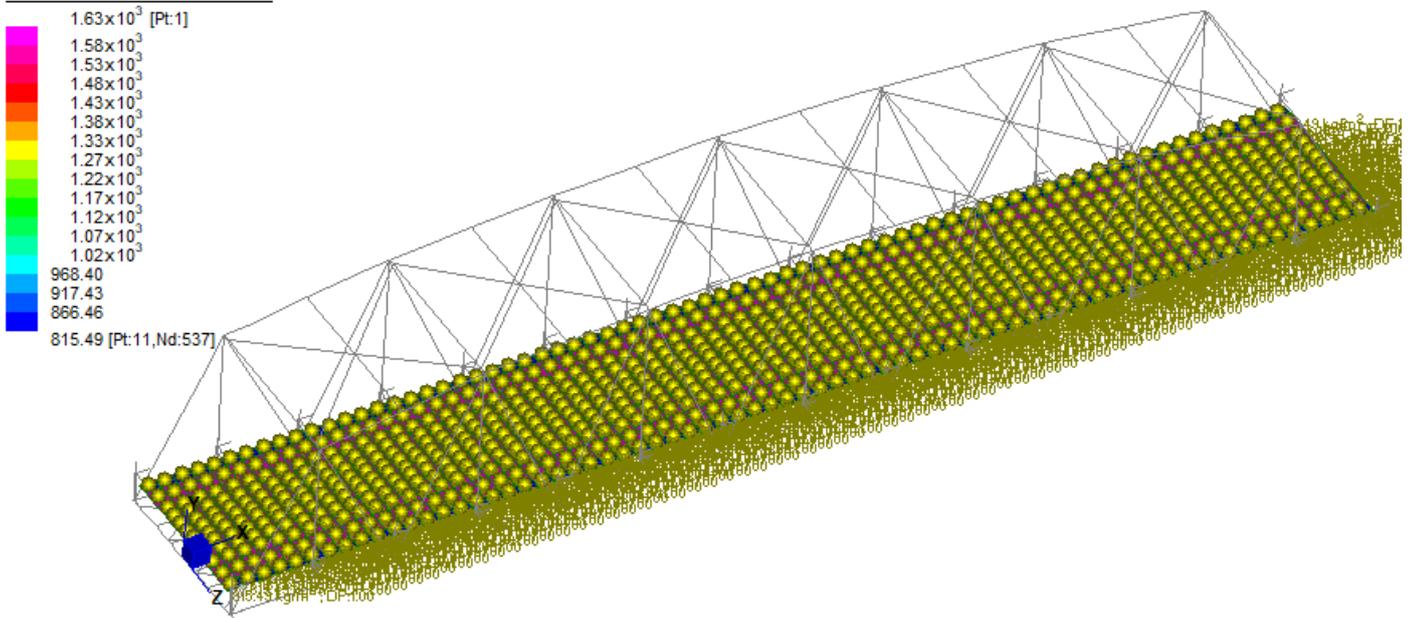


Figura 12 – Modello FEM – Condizione di carico: G2 Ballast

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 10.2.2 Velette, arredi e barriere

I carichi permanenti non strutturali considerati, intesi come carichi uniformemente distribuiti longitudinalmente, sono i seguenti:

- grigliato camminamento 2.0 kN/m
- parapetto camminamento 1.0 kN/m
- tubo di smaltimento acque 1.5 kN/m
- mensola camminamento 0.5 kN/m
- veletta 3.0 kN/m
- binario di servizio 1.0 kN/m

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 sia originariamente prevista la realizzazione di questo genere di elementi, pertanto si considera:

- barriere antirumore 16.0 kN/m

In figura seguente sono indicati i bracci d'applicazione considerati, rispetto alle estremità della soletta modellata.

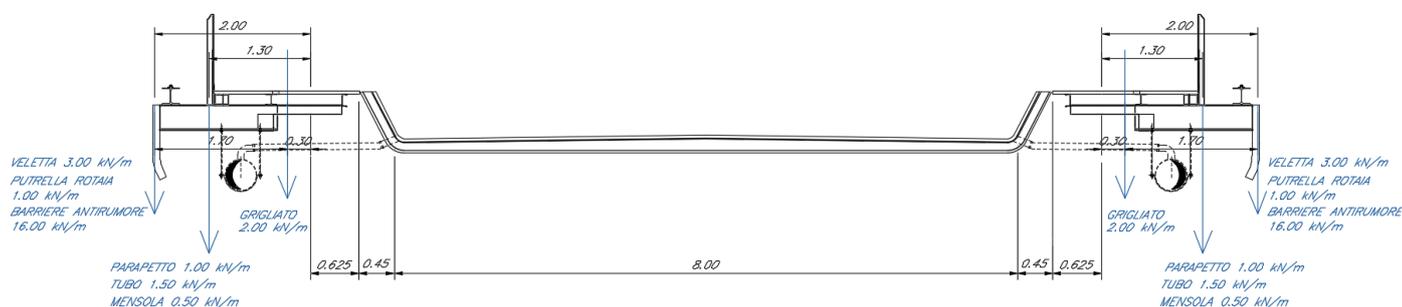


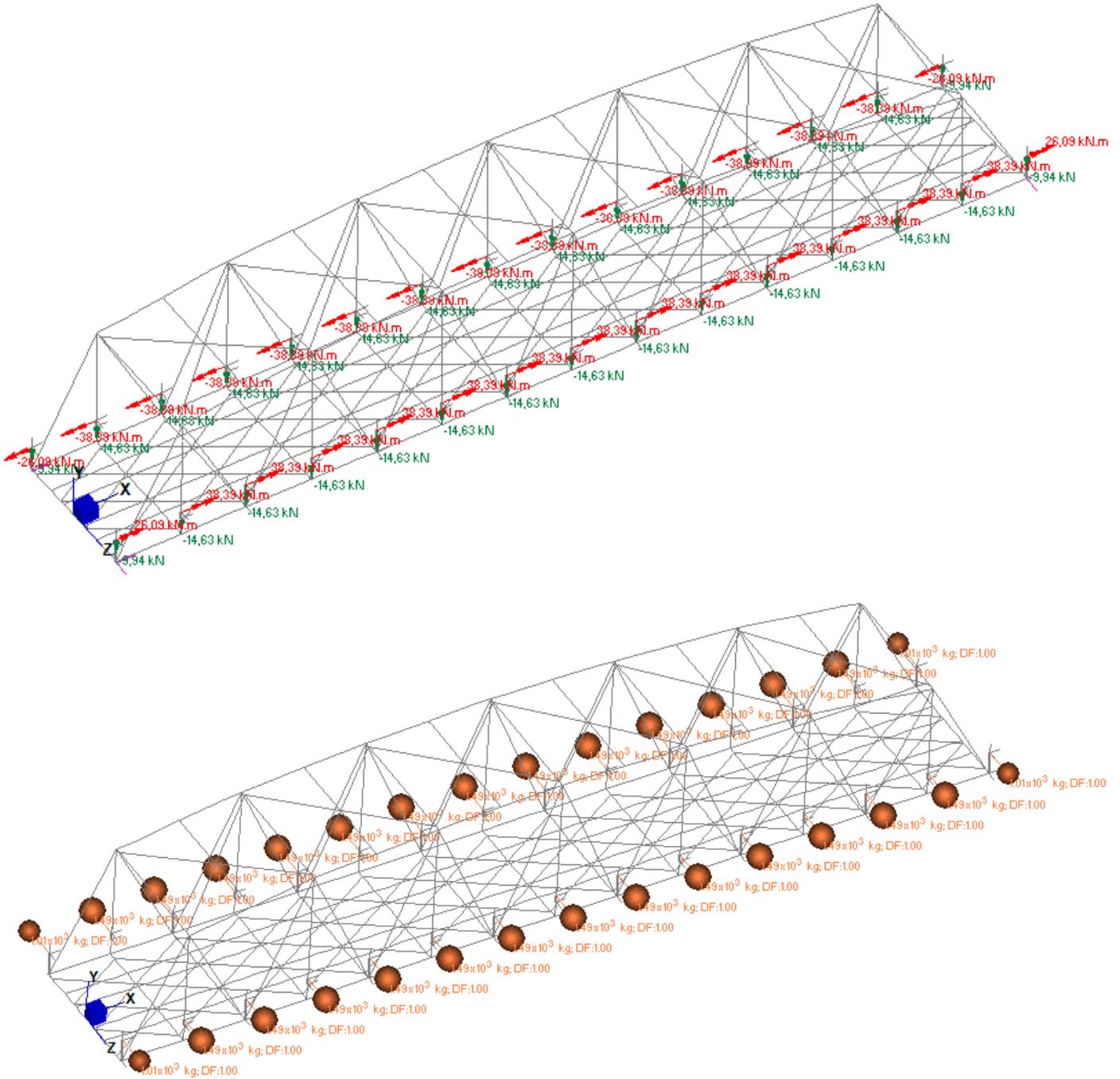
Figura 13 – Arredi

Nel modello FEM i suddetti carichi sono applicati come forze e momenti nodali, oltre che masse concentrate con offset interno uguale all'eccentricità dei baricentri prevista, alle estremità di rigid link verticali.

Tali link sono posizionati a bordo soletta in corrispondenza di ciascuna mensola d'appoggio dei camminamenti; le forze e masse su ciascuna mensola vengono calcolate considerando una lunghezza di competenza pari al loro interasse (4.875 m in campata e 3.313 m agli appoggi), come riportato nelle tabelle seguenti.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>50</b>

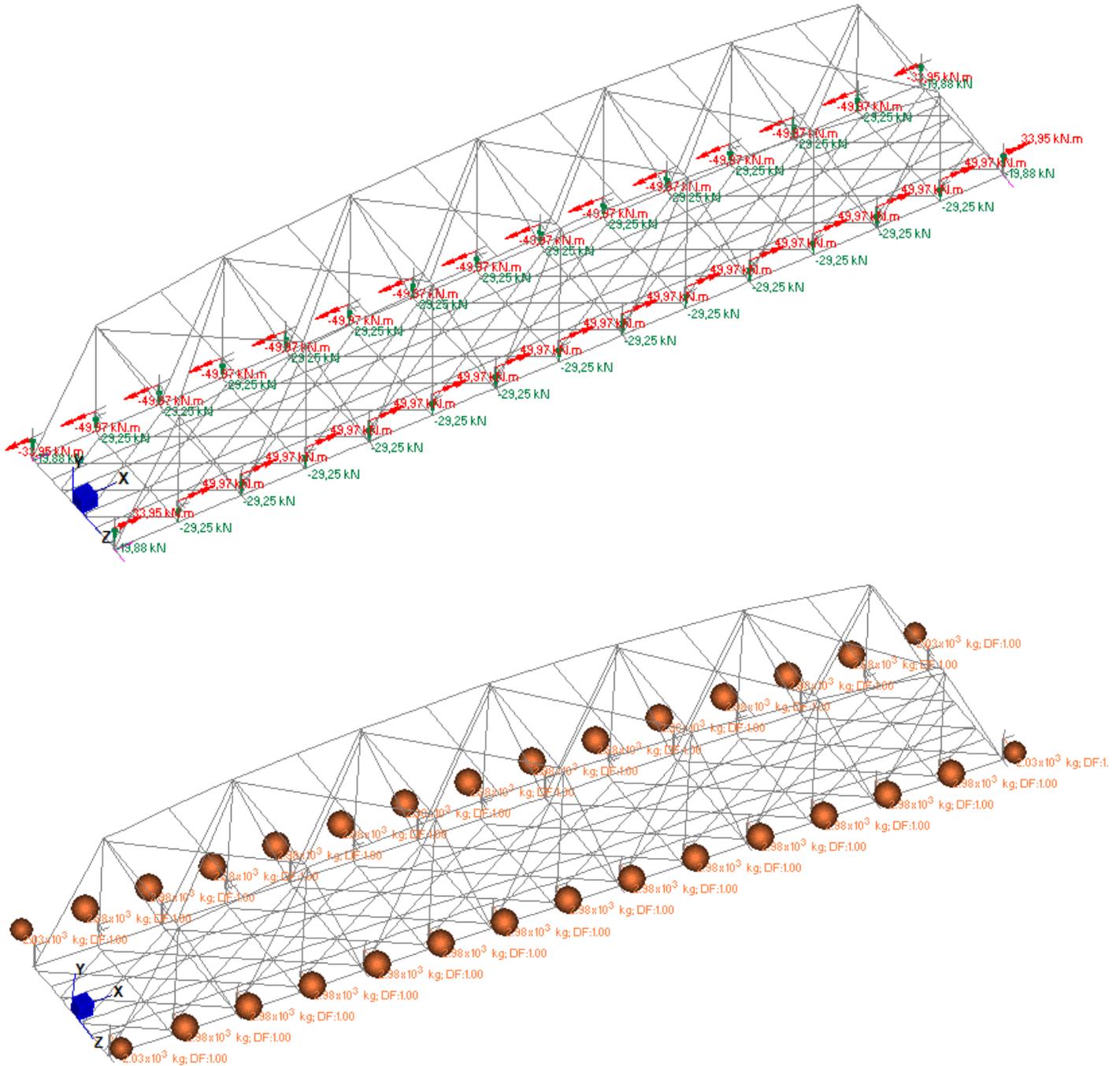


		i [m]		4,875		3,313	
	F [kN]	e [m]	F [kN]	M [kNm]	F [kN]	M [kNm]	
veletta	3	2,625	14,63	38,39	9,94	26,09	
			Tot.	14,63	38,39	9,94	26,09

Figura 14 – Modello FEM – Condizione di carico: G2 Velette

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>51</b>

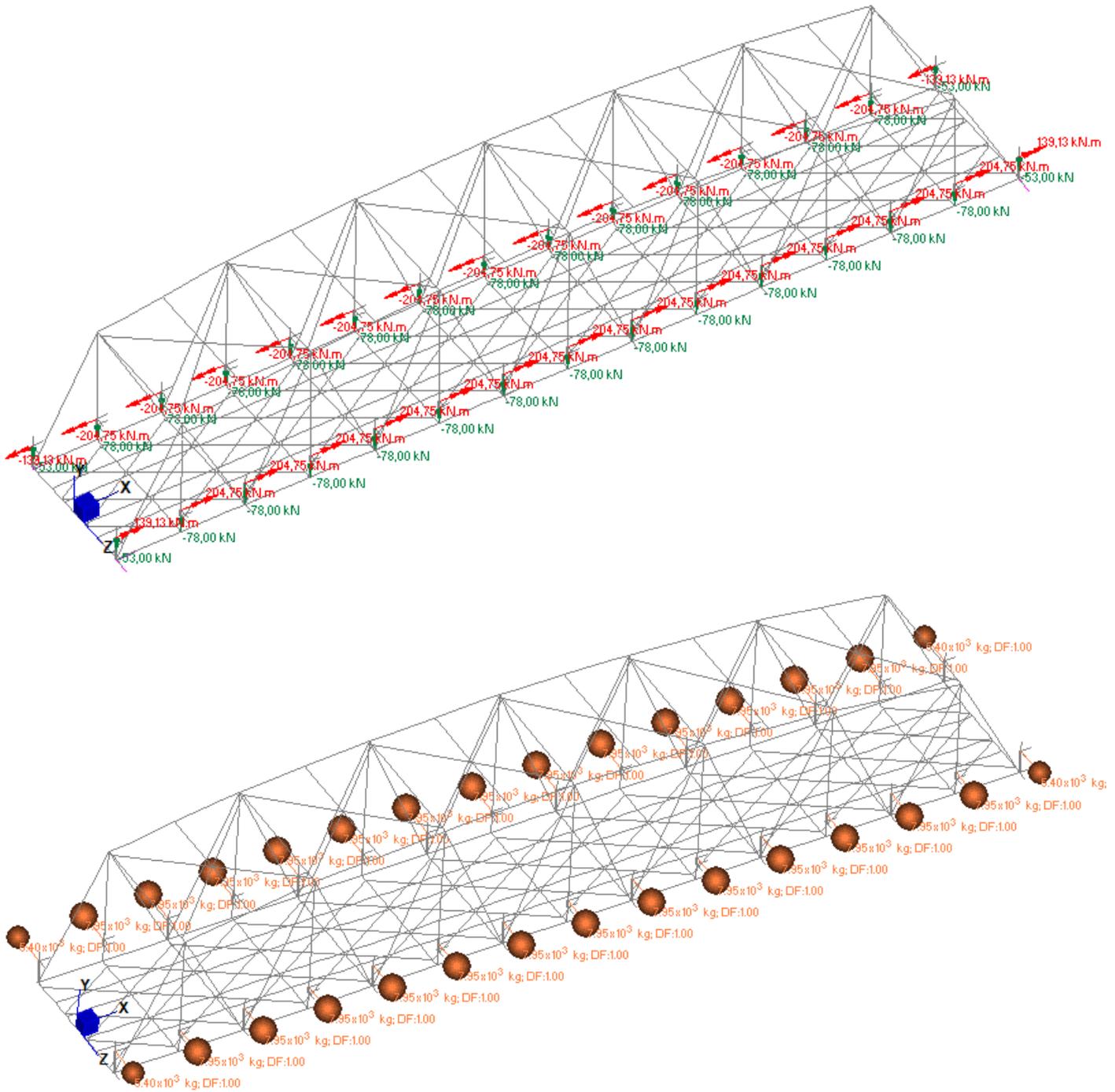


	F [kN]	e [m]	i [m]	4,875		3,313	
				F [kN]	M [kNm]	F [kN]	M [kNm]
grigliato	2	0,925		9,75	9,02	6,63	6,13
parapetto	1	1,925		4,88	9,38	3,31	6,38
tubo	1,5	1,925		7,31	14,08	4,97	9,56
mensola	0,5	1,925		2,44	4,69	1,66	3,19
binario	1	2,625		4,88	12,80	3,31	8,70
			Tot.	29,25	49,97	19,88	33,95

*Figura 15 – Modello FEM – Condizione di carico: G2 Arredi*

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>52</b>



				i [m]			
				4,875		3,3125	
	F [kN]	e [m]		F [kN]	M [kNm]	F [kN]	M [kNm]
barriera	16	2,625		78,00	204,75	53,00	139,13
			Tot.	78,00	204,75	53,00	139,13

*Figura 16 – Modello FEM – Condizione di carico: G2 Barriere*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HY</b> pro S.T.F.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 10.3 RITIRO DEL CALCESTRUZZO ( $\epsilon_2$ )

Nome	Tipo	$\gamma_{\epsilon_2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
RITIRO	Distorsioni e deformazioni impresse	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale dell'impalcato (ritiro secondario).

Nel primo caso l'accorciamento primario della soletta determina l'insorgenza di tensioni di scorrimento all'interfaccia soletta-trave e uno stato di pressoflessione della sezione mista.

Nel secondo caso l'accorciamento secondario della soletta determina l'insorgenza di reazioni iperstatiche sulla statica globale dell'impalcato.

Nel caso in cui l'impalcato presenti uno schema isostatico, il ritiro secondario viene interamente assorbito dalle sezioni resistenti longitudinali con l'insorgenza di sole deformazioni cinematiche e nessuna tensione aggiuntiva.

Nel caso in oggetto di impalcato a via inferiore, dove il livello della soletta è situato al di sotto del baricentro di inerzia, l'azione di contrazione da ritiro porta ad una riduzione delle trazioni all'intradosso delle travi laterali, pertanto di solito viene esclusa dai calcoli di dimensionamento delle strutture longitudinali principali.

Nella presente analisi, si tengono in conto anche gli effetti del ritiro del calcestruzzo applicando una deformazione eccentrica agli elementi finiti delle longherine longitudinali, tramite una componente uniforme  $\Delta T_{unif}$  e una componente differenziale  $\Delta T_{grad}$  come di seguito descritto. In questo modo si possono valutare gli incrementi di tensione normale che insorgono sulla sezione in acciaio delle longherine.

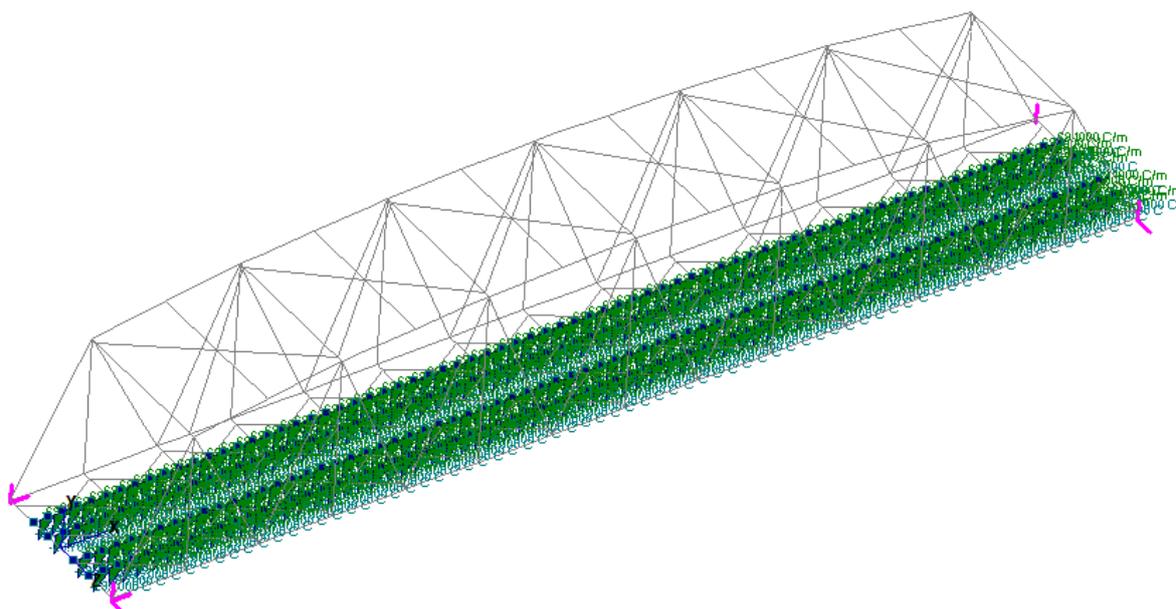
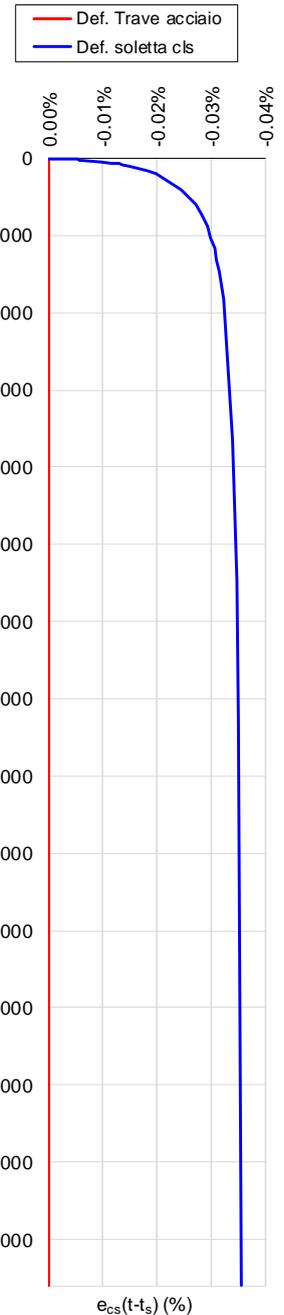


Figura 17 – Modello FEM – Condizione di carico:  $\epsilon_2$  ritiro

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>54</b>

<b>NOME: RITIRO SOLETTA-LONGHERINA</b>		<b>CALCOLO TEMPORALE RITIRO SOLETTA (CEB-FIB MODEL CODE 1990)</b>						<b>Rev. 00</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>PARAMETRI RITIRO CLS SOLETTA</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
$A_c$ (m <sup>2</sup> )	1.18	Area cls soletta		$\epsilon_{cs0}$	-0.036%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
$u_r$ (m)	9.200	Perimetro esposto aria cls soletta		$\epsilon_s(f_{cm})$	0.00040																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
$h_0$ (mm)	257	Dimensione fittizia		$\beta_{sRH}$	0.5781																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
RH (%)	75	Umidità relativa ambiente maturazione		$\beta_{RH}$	-0.8961																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
$\beta_{sc}$	5	Tipo di cemento (maturazione)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
$t_s$	28	Tempo di messa in carico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<b>PARAMETRI RESISTENZA CLS SOLETTA</b>			<b>PARAMETRI RITIRO ACCIAIO TRAVE</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
$f_{cm}$ (MPa)	41.20	Resistenza media cls soletta		$\epsilon_{cs}(t-t_s)$	0.000%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
$s$	0.25	Tipo di cemento (maturazione)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>t (anni)</th> <th>t (gg)</th> <th>t (ore)</th> <th><math>\epsilon_{cs}(t-t_s)</math> (%)</th> <th><math>f_{cm}(t)</math> (MPa)</th> <th><math>\beta(t-t_s)</math></th> <th><math>\epsilon_{cs}(t-t_s)</math> (%)</th> <th><math>\Delta\epsilon_{cs}(t-t_s)</math> (%)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0</td><td>1</td><td>24</td><td>0.0000%</td><td>14.09</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>5</td><td>120</td><td>0.0000%</td><td>29.28</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>10</td><td>240</td><td>0.0000%</td><td>34.82</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>15</td><td>360</td><td>0.0000%</td><td>37.60</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>20</td><td>480</td><td>0.0000%</td><td>39.36</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>25</td><td>600</td><td>0.0000%</td><td>40.60</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>28</td><td>672</td><td>0.0000%</td><td>41.20</td><td>0.00000</td><td>0.0000%</td><td>0.0000%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>30</td><td>720</td><td>0.0000%</td><td>41.55</td><td>0.02946</td><td>-0.0011%</td><td>0.0011%</td><td>3%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>35</td><td>840</td><td>0.0000%</td><td>42.30</td><td>0.05505</td><td>-0.0020%</td><td>0.0020%</td><td>6%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>40</td><td>960</td><td>0.0000%</td><td>42.92</td><td>0.07200</td><td>-0.0026%</td><td>0.0026%</td><td>7%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>45</td><td>1080</td><td>0.0000%</td><td>43.43</td><td>0.08560</td><td>-0.0031%</td><td>0.0031%</td><td>9%</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>50</td><td>1200</td><td>0.0000%</td><td>43.88</td><td>0.09727</td><td>-0.0035%</td><td>0.0035%</td><td>10%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>55</td><td>1320</td><td>0.0000%</td><td>44.26</td><td>0.10764</td><td>-0.0039%</td><td>0.0039%</td><td>11%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>60</td><td>1440</td><td>0.0000%</td><td>44.60</td><td>0.11706</td><td>-0.0042%</td><td>0.0042%</td><td>12%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>65</td><td>1560</td><td>0.0000%</td><td>44.90</td><td>0.12574</td><td>-0.0046%</td><td>0.0046%</td><td>13%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>70</td><td>1680</td><td>0.0000%</td><td>45.17</td><td>0.13383</td><td>-0.0048%</td><td>0.0048%</td><td>14%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>75</td><td>1800</td><td>0.0000%</td><td>45.41</td><td>0.14142</td><td>-0.0051%</td><td>0.0051%</td><td>14%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>80</td><td>1920</td><td>0.0000%</td><td>45.63</td><td>0.14859</td><td>-0.0054%</td><td>0.0054%</td><td>15%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>85</td><td>2040</td><td>0.0000%</td><td>45.83</td><td>0.15541</td><td>-0.0056%</td><td>0.0056%</td><td>16%</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>90</td><td>2160</td><td>0.0000%</td><td>46.02</td><td>0.16191</td><td>-0.0059%</td><td>0.0059%</td><td>16%</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>95</td><td>2280</td><td>0.0000%</td><td>46.19</td><td>0.16813</td><td>-0.0061%</td><td>0.0061%</td><td>17%</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>100</td><td>2400</td><td>0.0000%</td><td>46.35</td><td>0.17411</td><td>-0.0063%</td><td>0.0063%</td><td>18%</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>200</td><td>4800</td><td>0.0000%</td><td>48.18</td><td>0.26361</td><td>-0.0095%</td><td>0.0095%</td><td>27%</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>300</td><td>7200</td><td>0.0000%</td><td>49.01</td><td>0.32500</td><td>-0.0118%</td><td>0.0118%</td><td>33%</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>365</td><td>8760</td><td>0.0000%</td><td>49.36</td><td>0.35728</td><td>-0.0129%</td><td>0.0129%</td><td>36%</td></tr> <tr><td>1.1</td><td>400</td><td>9600</td><td>0.0000%</td><td>49.52</td><td>0.37291</td><td>-0.0135%</td><td>0.0135%</td><td>38%</td></tr> <tr><td>1.4</td><td>500</td><td>12000</td><td>0.0000%</td><td>49.86</td><td>0.41241</td><td>-0.0149%</td><td>0.0149%</td><td>42%</td></tr> <tr><td>1.6</td><td>600</td><td>14400</td><td>0.0000%</td><td>50.12</td><td>0.44604</td><td>-0.0161%</td><td>0.0161%</td><td>45%</td></tr> <tr><td>1.9</td><td>700</td><td>16800</td><td>0.0000%</td><td>50.32</td><td>0.47526</td><td>-0.0172%</td><td>0.0172%</td><td>48%</td></tr> <tr><td>2.2</td><td>800</td><td>19200</td><td>0.0000%</td><td>50.48</td><td>0.50105</td><td>-0.0181%</td><td>0.0181%</td><td>51%</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>900</td><td>21600</td><td>0.0000%</td><td>50.62</td><td>0.52406</td><td>-0.0190%</td><td>0.0190%</td><td>53%</td></tr> <tr><td>2.7</td><td>1000</td><td>24000</td><td>0.0000%</td><td>50.73</td><td>0.54478</td><td>-0.0197%</td><td>0.0197%</td><td>55%</td></tr> <tr><td>5.5</td><td>2000</td><td>48000</td><td>0.0000%</td><td>51.36</td><td>0.67917</td><td>-0.0246%</td><td>0.0246%</td><td>69%</td></tr> <tr><td>8.2</td><td>3000</td><td>72000</td><td>0.0000%</td><td>51.64</td><td>0.75060</td><td>-0.0272%</td><td>0.0272%</td><td>76%</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>3650</td><td>87600</td><td>0.0000%</td><td>51.76</td><td>0.78185</td><td>-0.0283%</td><td>0.0283%</td><td>79%</td></tr> <tr><td>12.0</td><td>4380</td><td>105120</td><td>0.0000%</td><td>51.85</td><td>0.80866</td><td>-0.0293%</td><td>0.0293%</td><td>82%</td></tr> <tr><td>14.0</td><td>5110</td><td>122640</td><td>0.0000%</td><td>51.93</td><td>0.82954</td><td>-0.0300%</td><td>0.0300%</td><td>84%</td></tr> <tr><td>16.0</td><td>5840</td><td>140160</td><td>0.0000%</td><td>51.99</td><td>0.84628</td><td>-0.0306%</td><td>0.0306%</td><td>86%</td></tr> <tr><td>18.0</td><td>6570</td><td>157680</td><td>0.0000%</td><td>52.05</td><td>0.86001</td><td>-0.0311%</td><td>0.0311%</td><td>87%</td></tr> <tr><td>20.0</td><td>7300</td><td>175200</td><td>0.0000%</td><td>52.09</td><td>0.87147</td><td>-0.0315%</td><td>0.0315%</td><td>89%</td></tr> <tr><td>25.0</td><td>9125</td><td>219000</td><td>0.0000%</td><td>52.17</td><td>0.89329</td><td>-0.0323%</td><td>0.0323%</td><td>91%</td></tr> <tr><td>50.0</td><td>18250</td><td>438000</td><td>0.0000%</td><td>52.39</td><td>0.94223</td><td>-0.0341%</td><td>0.0341%</td><td>96%</td></tr> <tr><td>75.0</td><td>27375</td><td>657000</td><td>0.0000%</td><td>52.48</td><td>0.96038</td><td>-0.0348%</td><td>0.0348%</td><td>98%</td></tr> <tr><td>100.0</td><td>36500</td><td>876000</td><td>0.0000%</td><td>52.54</td><td>0.96985</td><td>-0.0351%</td><td>0.0351%</td><td>99%</td></tr> <tr><td>200.0</td><td>73000</td><td>1752000</td><td>0.0000%</td><td>52.64</td><td>0.98458</td><td>-0.0356%</td><td>0.0356%</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>										t (anni)	t (gg)	t (ore)	$\epsilon_{cs}(t-t_s)$ (%)	$f_{cm}(t)$ (MPa)	$\beta(t-t_s)$	$\epsilon_{cs}(t-t_s)$ (%)	$\Delta\epsilon_{cs}(t-t_s)$ (%)		0.0	1	24	0.0000%	14.09	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.0	5	120	0.0000%	29.28	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.0	10	240	0.0000%	34.82	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.0	15	360	0.0000%	37.60	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.1	20	480	0.0000%	39.36	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.1	25	600	0.0000%	40.60	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.1	28	672	0.0000%	41.20	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%	0.1	30	720	0.0000%	41.55	0.02946	-0.0011%	0.0011%	3%	0.1	35	840	0.0000%	42.30	0.05505	-0.0020%	0.0020%	6%	0.1	40	960	0.0000%	42.92	0.07200	-0.0026%	0.0026%	7%	0.1	45	1080	0.0000%	43.43	0.08560	-0.0031%	0.0031%	9%	0.1	50	1200	0.0000%	43.88	0.09727	-0.0035%	0.0035%	10%	0.2	55	1320	0.0000%	44.26	0.10764	-0.0039%	0.0039%	11%	0.2	60	1440	0.0000%	44.60	0.11706	-0.0042%	0.0042%	12%	0.2	65	1560	0.0000%	44.90	0.12574	-0.0046%	0.0046%	13%	0.2	70	1680	0.0000%	45.17	0.13383	-0.0048%	0.0048%	14%	0.2	75	1800	0.0000%	45.41	0.14142	-0.0051%	0.0051%	14%	0.2	80	1920	0.0000%	45.63	0.14859	-0.0054%	0.0054%	15%	0.2	85	2040	0.0000%	45.83	0.15541	-0.0056%	0.0056%	16%	0.2	90	2160	0.0000%	46.02	0.16191	-0.0059%	0.0059%	16%	0.3	95	2280	0.0000%	46.19	0.16813	-0.0061%	0.0061%	17%	0.3	100	2400	0.0000%	46.35	0.17411	-0.0063%	0.0063%	18%	0.5	200	4800	0.0000%	48.18	0.26361	-0.0095%	0.0095%	27%	0.8	300	7200	0.0000%	49.01	0.32500	-0.0118%	0.0118%	33%	1.0	365	8760	0.0000%	49.36	0.35728	-0.0129%	0.0129%	36%	1.1	400	9600	0.0000%	49.52	0.37291	-0.0135%	0.0135%	38%	1.4	500	12000	0.0000%	49.86	0.41241	-0.0149%	0.0149%	42%	1.6	600	14400	0.0000%	50.12	0.44604	-0.0161%	0.0161%	45%	1.9	700	16800	0.0000%	50.32	0.47526	-0.0172%	0.0172%	48%	2.2	800	19200	0.0000%	50.48	0.50105	-0.0181%	0.0181%	51%	2.5	900	21600	0.0000%	50.62	0.52406	-0.0190%	0.0190%	53%	2.7	1000	24000	0.0000%	50.73	0.54478	-0.0197%	0.0197%	55%	5.5	2000	48000	0.0000%	51.36	0.67917	-0.0246%	0.0246%	69%	8.2	3000	72000	0.0000%	51.64	0.75060	-0.0272%	0.0272%	76%	10.0	3650	87600	0.0000%	51.76	0.78185	-0.0283%	0.0283%	79%	12.0	4380	105120	0.0000%	51.85	0.80866	-0.0293%	0.0293%	82%	14.0	5110	122640	0.0000%	51.93	0.82954	-0.0300%	0.0300%	84%	16.0	5840	140160	0.0000%	51.99	0.84628	-0.0306%	0.0306%	86%	18.0	6570	157680	0.0000%	52.05	0.86001	-0.0311%	0.0311%	87%	20.0	7300	175200	0.0000%	52.09	0.87147	-0.0315%	0.0315%	89%	25.0	9125	219000	0.0000%	52.17	0.89329	-0.0323%	0.0323%	91%	50.0	18250	438000	0.0000%	52.39	0.94223	-0.0341%	0.0341%	96%	75.0	27375	657000	0.0000%	52.48	0.96038	-0.0348%	0.0348%	98%	100.0	36500	876000	0.0000%	52.54	0.96985	-0.0351%	0.0351%	99%	200.0	73000	1752000	0.0000%	52.64	0.98458	-0.0356%	0.0356%	100%
t (anni)	t (gg)	t (ore)	$\epsilon_{cs}(t-t_s)$ (%)	$f_{cm}(t)$ (MPa)	$\beta(t-t_s)$	$\epsilon_{cs}(t-t_s)$ (%)	$\Delta\epsilon_{cs}(t-t_s)$ (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.0	1	24	0.0000%	14.09	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.0	5	120	0.0000%	29.28	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.0	10	240	0.0000%	34.82	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.0	15	360	0.0000%	37.60	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	20	480	0.0000%	39.36	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	25	600	0.0000%	40.60	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	28	672	0.0000%	41.20	0.00000	0.0000%	0.0000%	0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	30	720	0.0000%	41.55	0.02946	-0.0011%	0.0011%	3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	35	840	0.0000%	42.30	0.05505	-0.0020%	0.0020%	6%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	40	960	0.0000%	42.92	0.07200	-0.0026%	0.0026%	7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	45	1080	0.0000%	43.43	0.08560	-0.0031%	0.0031%	9%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.1	50	1200	0.0000%	43.88	0.09727	-0.0035%	0.0035%	10%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	55	1320	0.0000%	44.26	0.10764	-0.0039%	0.0039%	11%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	60	1440	0.0000%	44.60	0.11706	-0.0042%	0.0042%	12%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	65	1560	0.0000%	44.90	0.12574	-0.0046%	0.0046%	13%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	70	1680	0.0000%	45.17	0.13383	-0.0048%	0.0048%	14%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	75	1800	0.0000%	45.41	0.14142	-0.0051%	0.0051%	14%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	80	1920	0.0000%	45.63	0.14859	-0.0054%	0.0054%	15%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	85	2040	0.0000%	45.83	0.15541	-0.0056%	0.0056%	16%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.2	90	2160	0.0000%	46.02	0.16191	-0.0059%	0.0059%	16%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.3	95	2280	0.0000%	46.19	0.16813	-0.0061%	0.0061%	17%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.3	100	2400	0.0000%	46.35	0.17411	-0.0063%	0.0063%	18%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.5	200	4800	0.0000%	48.18	0.26361	-0.0095%	0.0095%	27%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.8	300	7200	0.0000%	49.01	0.32500	-0.0118%	0.0118%	33%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.0	365	8760	0.0000%	49.36	0.35728	-0.0129%	0.0129%	36%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.1	400	9600	0.0000%	49.52	0.37291	-0.0135%	0.0135%	38%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.4	500	12000	0.0000%	49.86	0.41241	-0.0149%	0.0149%	42%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.6	600	14400	0.0000%	50.12	0.44604	-0.0161%	0.0161%	45%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.9	700	16800	0.0000%	50.32	0.47526	-0.0172%	0.0172%	48%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.2	800	19200	0.0000%	50.48	0.50105	-0.0181%	0.0181%	51%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.5	900	21600	0.0000%	50.62	0.52406	-0.0190%	0.0190%	53%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.7	1000	24000	0.0000%	50.73	0.54478	-0.0197%	0.0197%	55%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
5.5	2000	48000	0.0000%	51.36	0.67917	-0.0246%	0.0246%	69%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
8.2	3000	72000	0.0000%	51.64	0.75060	-0.0272%	0.0272%	76%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
10.0	3650	87600	0.0000%	51.76	0.78185	-0.0283%	0.0283%	79%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
12.0	4380	105120	0.0000%	51.85	0.80866	-0.0293%	0.0293%	82%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
14.0	5110	122640	0.0000%	51.93	0.82954	-0.0300%	0.0300%	84%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
16.0	5840	140160	0.0000%	51.99	0.84628	-0.0306%	0.0306%	86%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
18.0	6570	157680	0.0000%	52.05	0.86001	-0.0311%	0.0311%	87%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
20.0	7300	175200	0.0000%	52.09	0.87147	-0.0315%	0.0315%	89%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
25.0	9125	219000	0.0000%	52.17	0.89329	-0.0323%	0.0323%	91%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
50.0	18250	438000	0.0000%	52.39	0.94223	-0.0341%	0.0341%	96%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
75.0	27375	657000	0.0000%	52.48	0.96038	-0.0348%	0.0348%	98%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
100.0	36500	876000	0.0000%	52.54	0.96985	-0.0351%	0.0351%	99%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
200.0	73000	1752000	0.0000%	52.64	0.98458	-0.0356%	0.0356%	100%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Valori massimi			0.0000%		-0.0356%	0.0356%	100%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )	0.000012	Coeff. dilatazione termica		$\Delta T_{unif}$ (°C)	±29.7	Variazione uniforme temperatura																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
$d_{yG}$ (m)	0.43	Distanza baricentro trave - baricentro soletta		$\Delta T_{grad}$ (°C/m)	±69.1	Variazione differenziale temperatura																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	



MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

## 10.4 AZIONI VARIABILI VERTICALI (Q)

### 10.4.1 Azioni da traffico ferroviario (Q<sub>1</sub>)

Nome	Tipo	γ <sub>Q</sub> (Fav / Sfav)		ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
AZIONI VERTICALI da traffico ferroviario	Variabili	EQU 0.00 / 1.45	Singole	0.80	0.50	0.00
	(A1)	0.00 / 1.45	gr.1	0.80	0.80	0.00
	(A2)	0.00 / 1.25	gr.2	-	-	-
			gr.3	0.80	0.80	0.00
			gr.4	1.00	1.00	0.00

Si considerano i sovraccarichi ferroviari in accordo al §5.2.2.3 delle NTC2008, per mezzo di diversi modelli di carico rappresentativi delle tipologie di traffico ferroviario, normale o pesante. I valori dei suddetti carichi saranno poi moltiplicati per un coefficiente di adattamento  $\alpha$ , variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

#### 10.4.1.9 Modello di carico LM71

Il treno LM71 è schematizzato da n°4 assi da 250 kN su una lunghezza di 6.40 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.

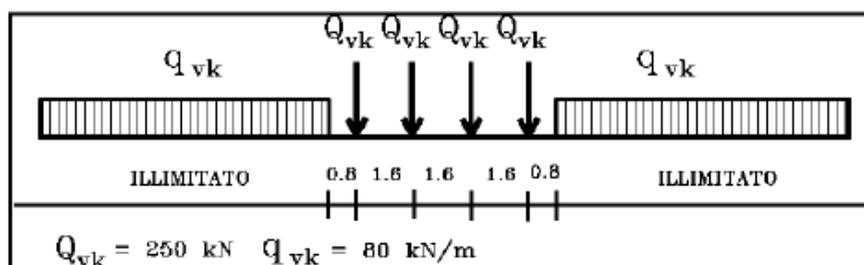


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

Figura 18 – Schema treno di carico LM71

Per questo modello è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento  $s$  per tenere conto dello spostamento dei carichi. Per  $s=1435 \text{ mm}$  risulta pari a  $e = s/18=80 \text{ mm}$ . Per la progettazione di ferrovie ordinarie il valore del coefficiente di adattamento è  $\alpha=1.1$ .

#### 10.4.1.10 Modello di carico SW/2

Per tale modello di carico si considera la configurazione SW/2, che schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

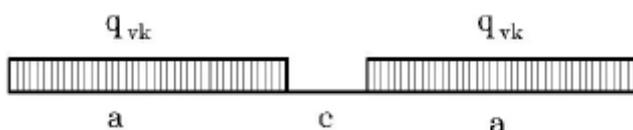


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	56

Tab. 5.2.I - Caratteristiche Modelli di Carico SW

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

Figura 19 – Schema treno di carico SW

Il valore del coefficiente di adattamento da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari a  $\alpha=1.0$  per il modello di carico SW/2.

#### 10.4.1.11 Effetti dinamici e coefficiente di adattamento

Le azioni statiche dei modelli di carico devono essere incrementate per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli, gli effetti di amplificazione dinamica dovranno valutarsi:

- per le usuali tipologie di ponti e per velocità di percorrenza non superiore a 200 km/h, quando la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici  $\Phi$  definiti in §5.2.2.3.3;

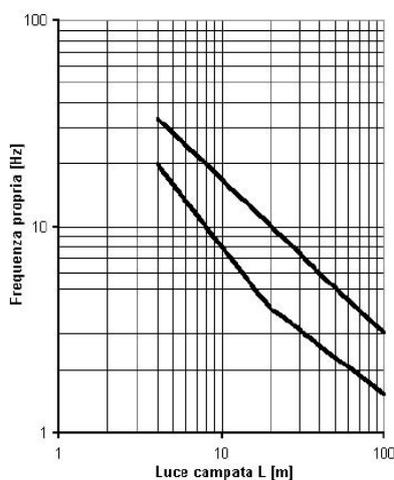


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie  $n_0$  in Hz in funzione della luce della campata

Figura 20 – Limiti frequenze proprie per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$

Secondo quanto riportato al §2.5.1.4.2 del “Manuale di progettazione delle opere civili, parte II - sezione 2 – ponti e strutture”, che richiama integralmente i contenuti del §5.2.2.2.3 del DM 14/01/2008, è necessario eseguire un’analisi statica con i modelli di carico sopra definiti, moltiplicando gli stessi per il coefficiente di incremento dinamico  $\phi$  definito in §2.5.4.2.5 e per il coefficiente di adattamento  $\alpha$  in accordo con §2.5.1.4.1.1. In particolare, con riguardo al coefficiente di adattamento, nel rispetto delle prescrizioni suddette, si assume:

Coefficiente di adattamento $\alpha$	
LM71	SW/2
1.1	1

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

#### 10.4.1.12 Verifiche di resistenza e stabilità

Con riferimento al MdP, per linee con normale standard manutentivo, il coefficiente di incremento dinamico  $\phi$  da impiegare nelle verifiche di resistenza e stabilità è definito come:

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi - 0.2}} + 0.73 \quad 1.00 \leq \phi_3 \leq 2.00$$

dove  $L_\phi$  rappresenta la lunghezza caratteristica in metri, come definita in §2.5.1.4.2.5.3:

– travi principali (L = 68.25m)	$L_\phi = L = 68.25m$	$\Phi_3 = 1.00$
– longherine (i = 4.875m)	$L_\phi = L + i = 7.875m$	$\Phi_3 = 1.56$
– vasca (i = 4.875m)	$L_\phi = L * i = 14.63m$	$\Phi_3 = 1.33$
– travi trasversali intermedie (L = 10.15m)	$L_\phi = 2 * L = 20.30m$	$\Phi_3 = 1.23$
– travi trasversali di estremità (L = 10.15m)	$L_\phi = \min(L; 3.60m)$	$\Phi_3 = 2.00$

#### 10.4.1.13 Verifiche a fatica

Con riferimento al MdP, il coefficiente di incremento dinamico  $\phi$  da impiegare per le verifiche a fatica è definito come:

$$\phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\phi - 0.2}} + 0.82 \quad 1.00 \leq \phi_3 \leq 1.67$$

dove  $L_\phi$  rappresenta la lunghezza caratteristica in metri, come definita in §2.5.1.4.2.5.3:

– travi principali (L = 68.25m)	$L_\phi = L = 68.25m$	$\Phi_3 = 1.00$
– longherine (i = 4.875m)	$L_\phi = L + i = 7.875m$	$\Phi_3 = 1.37$
– vasca (i = 4.875m)	$L_\phi = L * i = 14.63m$	$\Phi_3 = 1.22$
– travi trasversali intermedie (L = 10.15m)	$L_\phi = 2 * L = 20.30m$	$\Phi_3 = 1.15$
– travi trasversali di estremità (L = 10.15m)	$L_\phi = \min(L; 3.60m)$	$\Phi_3 = 1.67$

#### 10.4.1.14 Condizioni di carico trasversali

Nella progettazione è considerata l'eventuale presenza della contemporaneità di più treni, come previsto dalla Tab. 5.2.III in §5.2.3.1.2 delle NTC08.

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

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

Nel modello di calcolo FEM si considerano le tre seguenti configurazioni trasversali di carico:

- LM71 (primo binario) + LM71 (secondo binario)
- LM71 (primo binario)
- SW/2 (primo binario) + LM71 (secondo binario)
- SW/2 (primo binario)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

Queste configurazioni vengono considerate come carichi viaggianti lungo direttrici rettilinee posizionate a metà interasse tra le coppie di longherine, e convertite in forze concentrate e pressioni distribuite equivalenti sulle plate di soletta.

Per tener conto dell'andamento leggermente curvilineo dei binari ( $R = 2400$  m in asse al ponte), questi carichi vengono applicati con eccentricità trasversale costante di 15 cm rispetto alle suddette direttrici; il treno LM71 viene inoltre applicato con ulteriore eccentricità pari a 8 cm, come descritto al §10.4.1.9, concomitante ed equiversa alla precedente.

Tali carichi vengono disposti longitudinalmente in modo da massimizzare le sollecitazioni nei vari elementi strutturali.

Le masse accidentali da traffico ferroviario utilizzare nelle analisi dinamiche sono quelle relative alla condizione di carico con LM71 (primo binario) + LM71 (secondo binario), opportunamente già scalate di 0.20.

#### 10.4.1.15 Travi principali

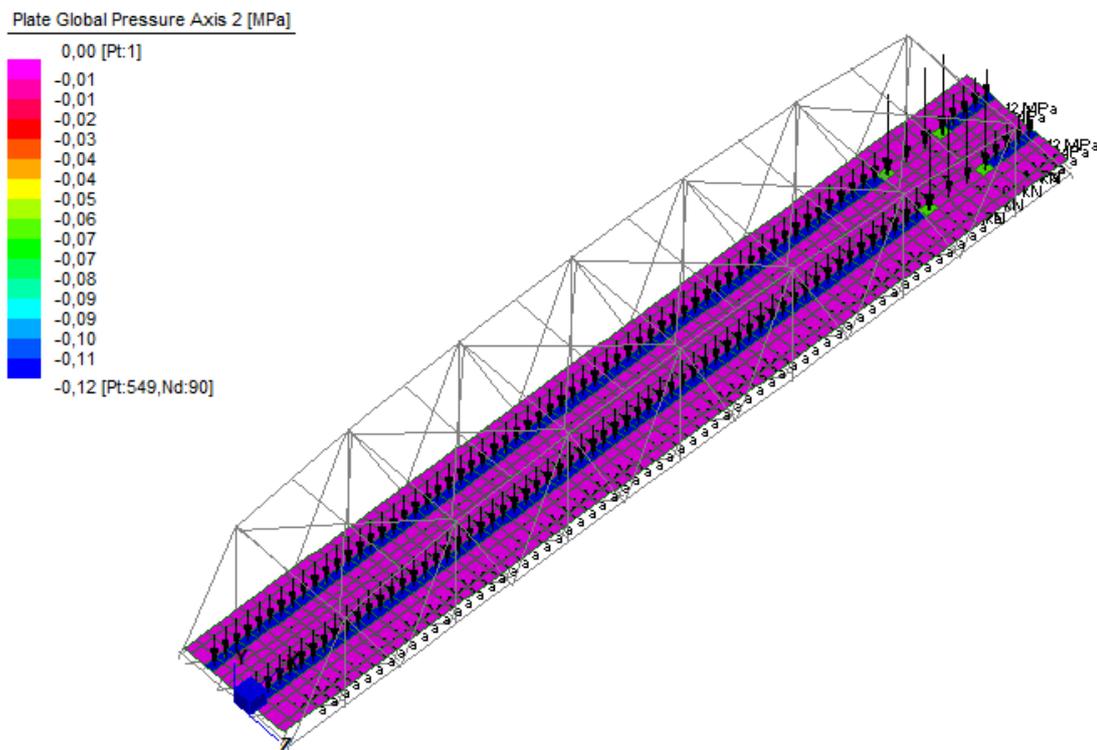


Figura 21 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=1,00(ecc)\_3

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	59

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

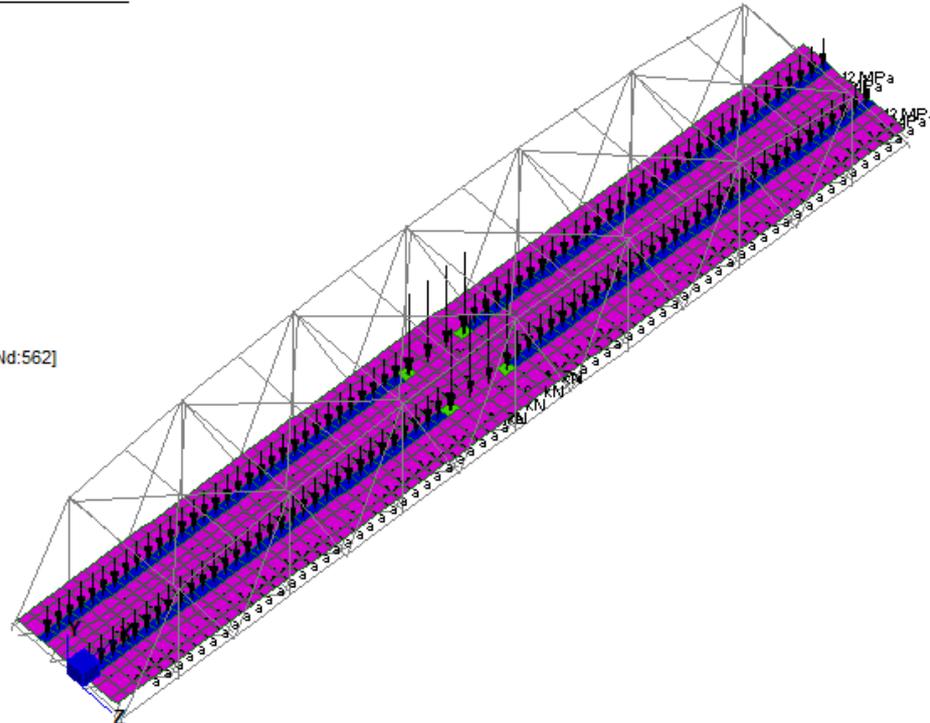
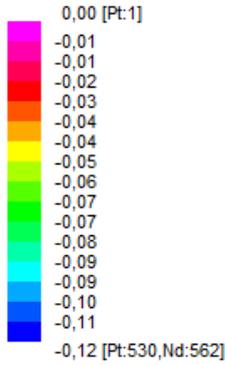


Plate Non-structural Mass [kg/m<sup>2</sup>]

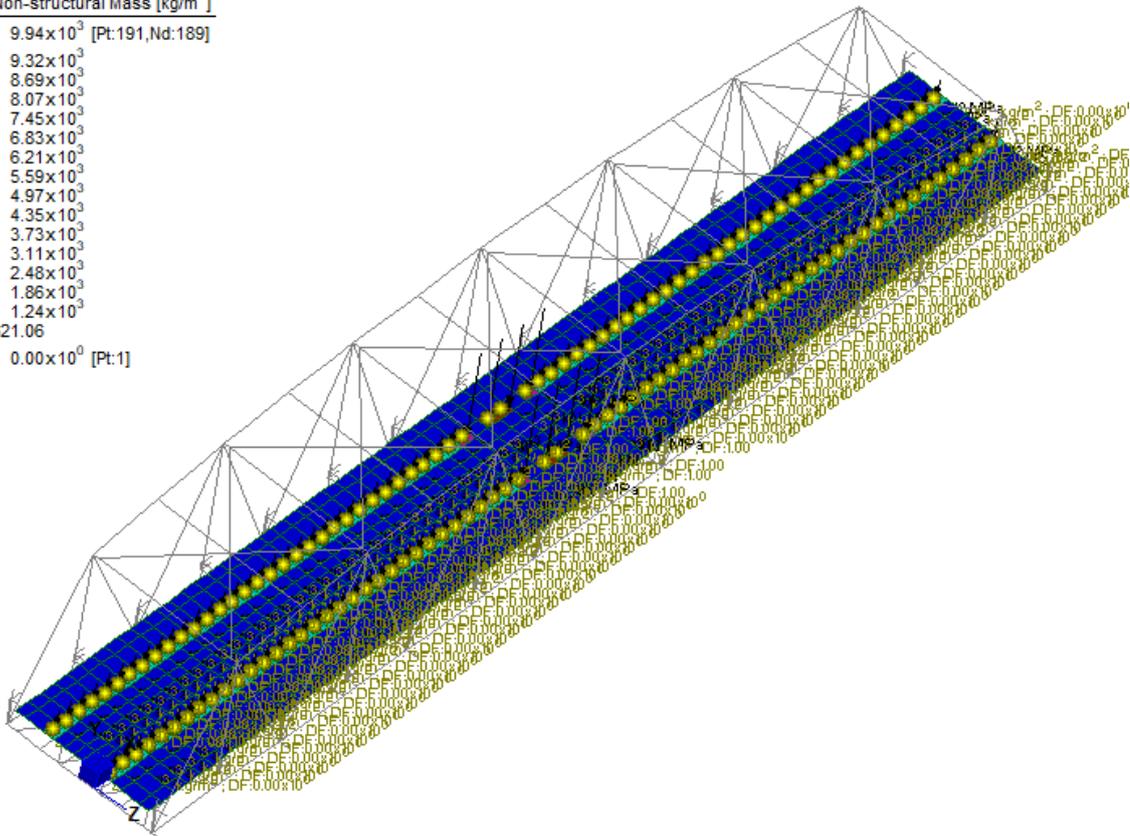
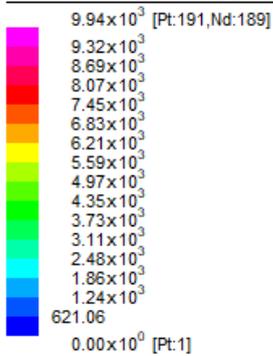


Figura 22 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=1,00(ecc)\_9

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	60

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

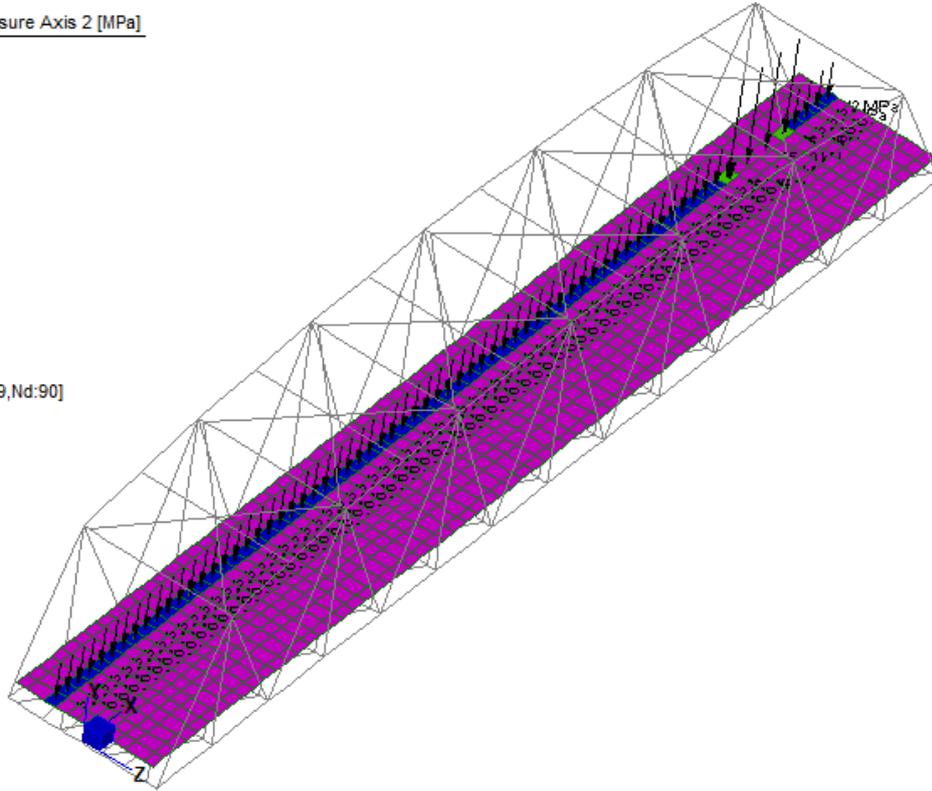
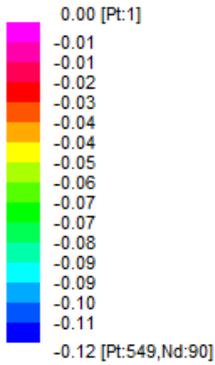


Figura 23 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)\_f=1,00(ecc)\_3

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

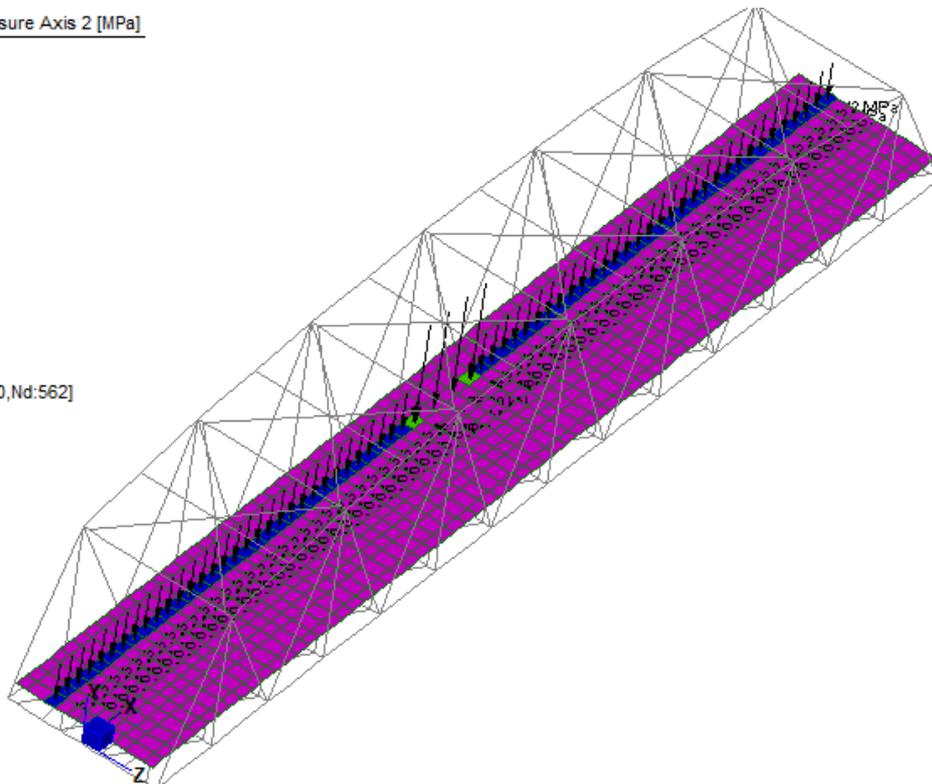
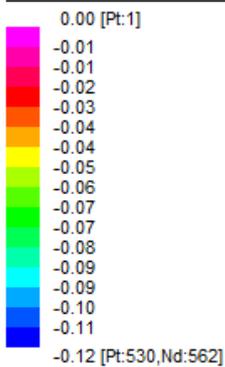


Figura 24 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)\_f=1,00(ecc)\_9

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>61</b>

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

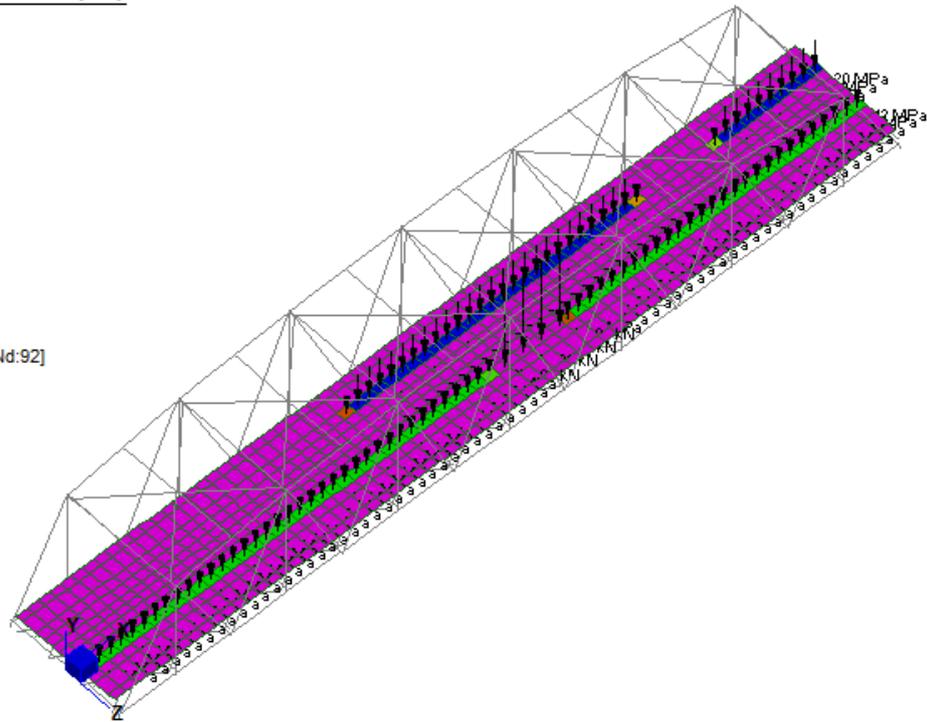
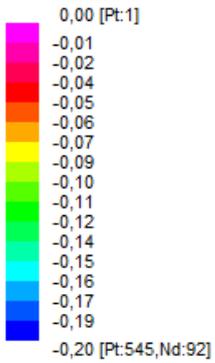


Figura 25 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2+LM71(ez-)\_f=1,00(ecc)\_12

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

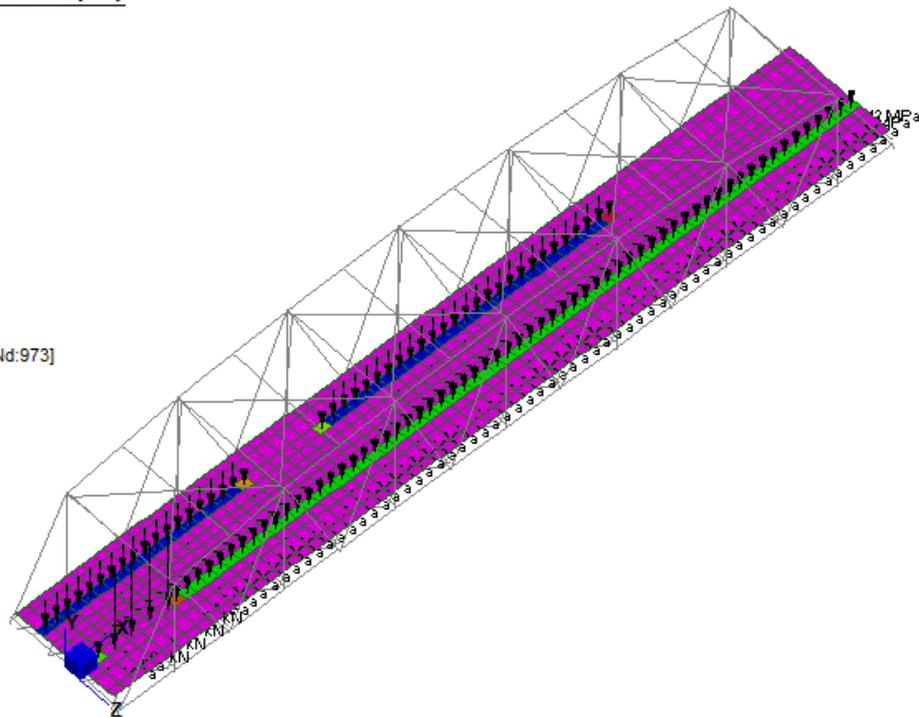
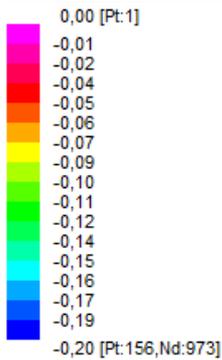


Figura 26 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2+LM71(ez-)\_f=1,00(ecc)\_21

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	62

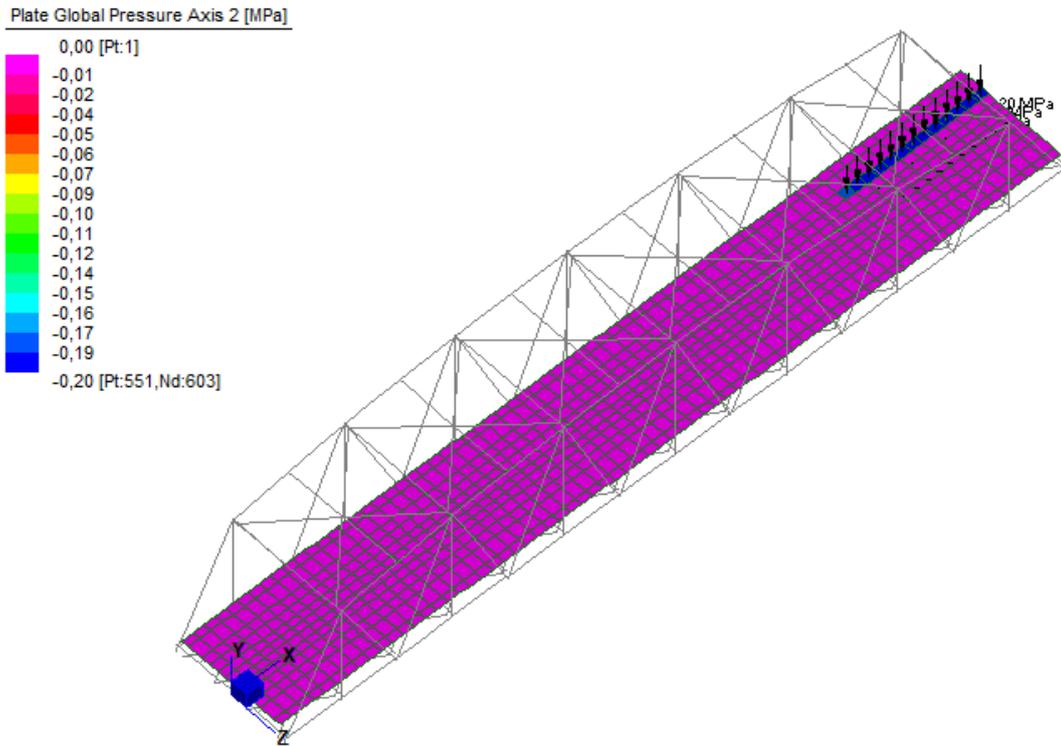


Figura 27 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2\_f=1,00(ecc)\_3

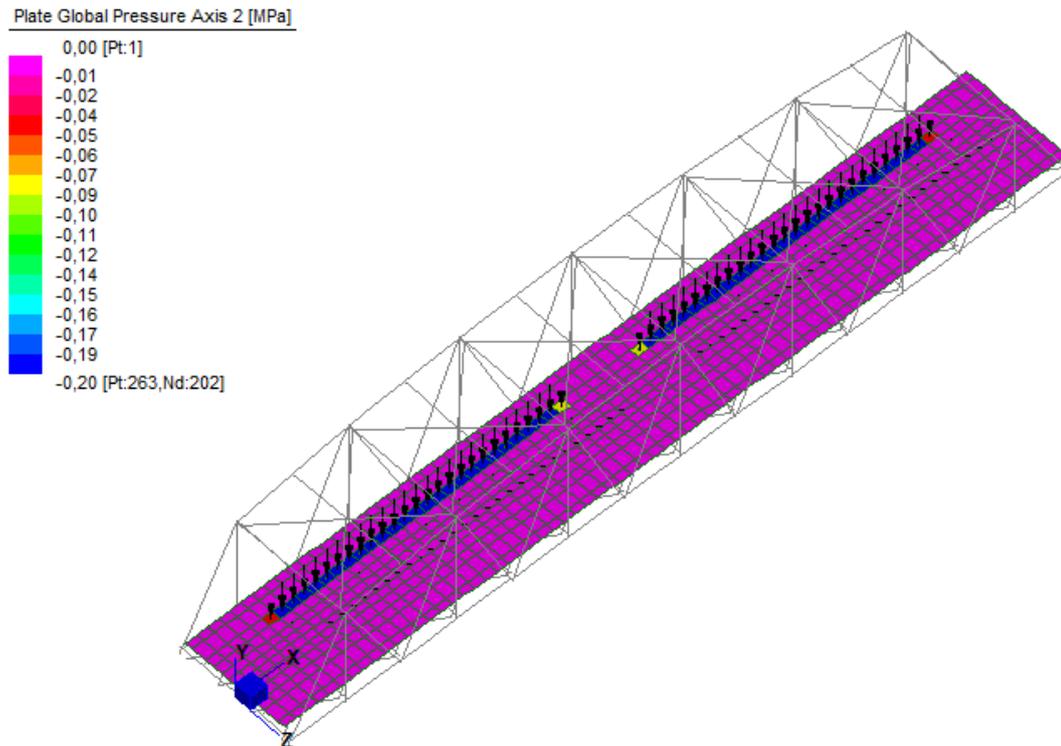


Figura 28 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2\_f=1,00(ecc)\_14

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	63

10.4.1.16 Longherine

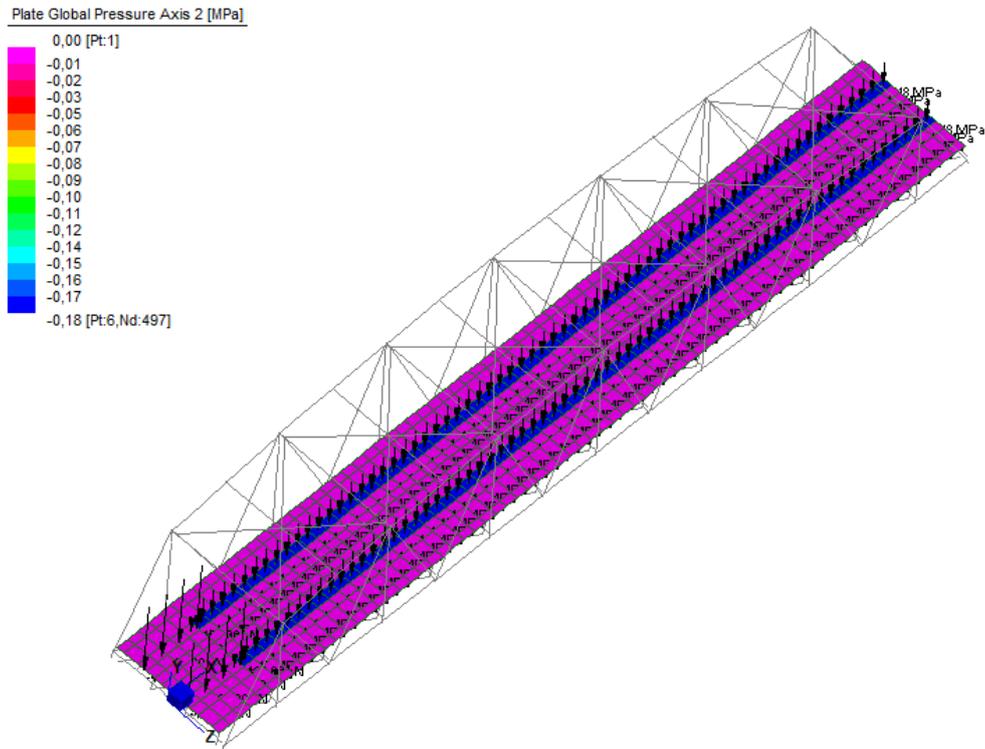


Figura 29 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=1,56(ecc)\_1

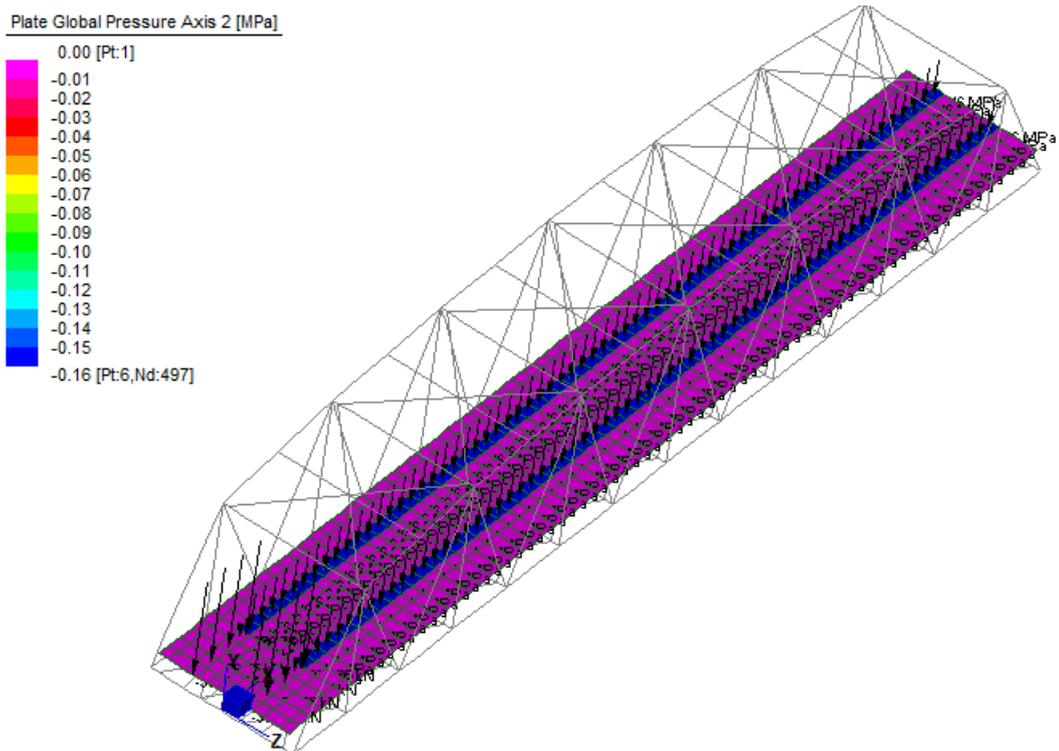


Figura 30 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=1,37(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	64

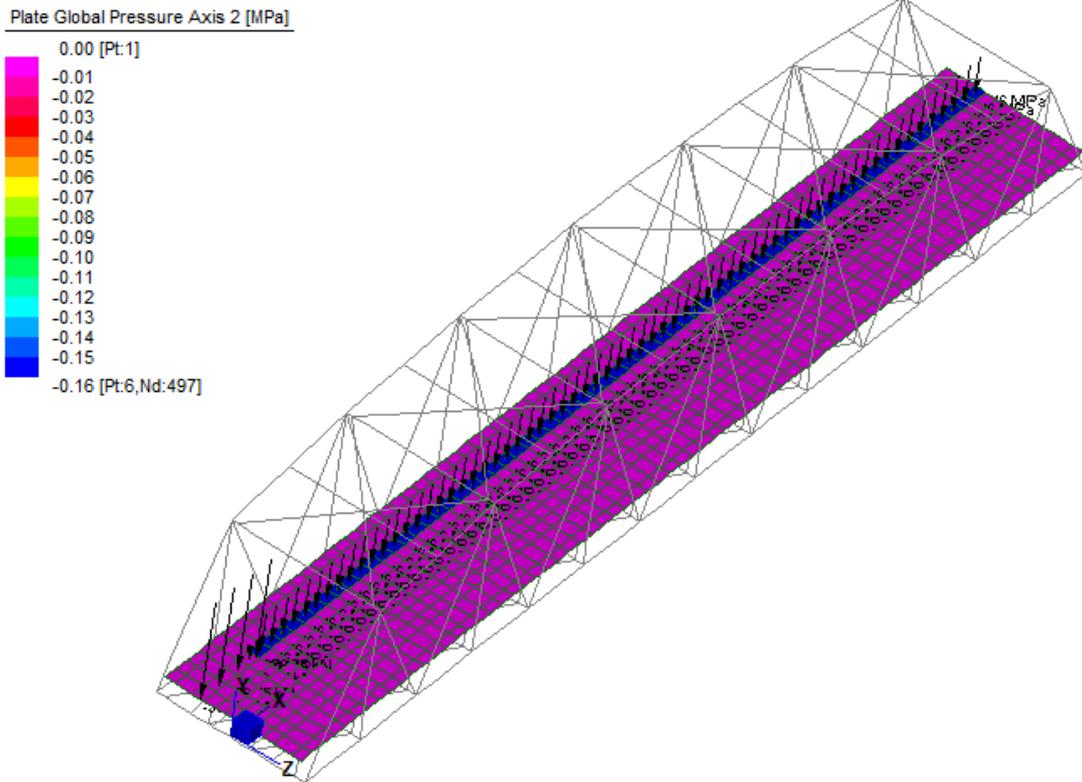


Figura 31 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)\_f=1,37(ecc)\_1

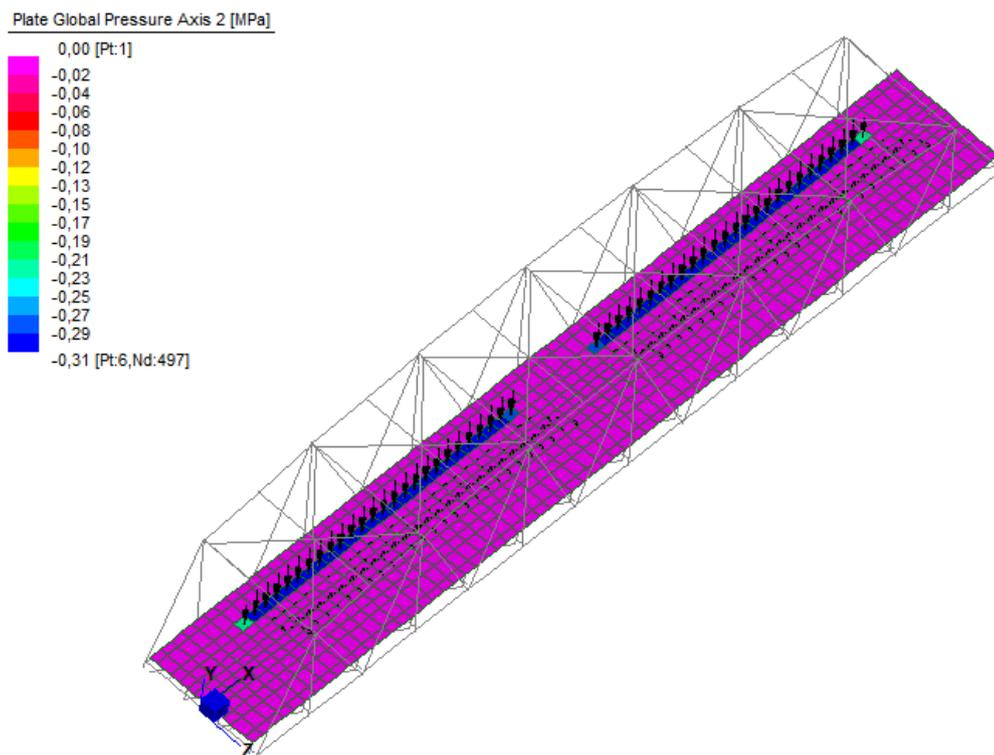


Figura 32 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2\_f=1,56(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>65</b>

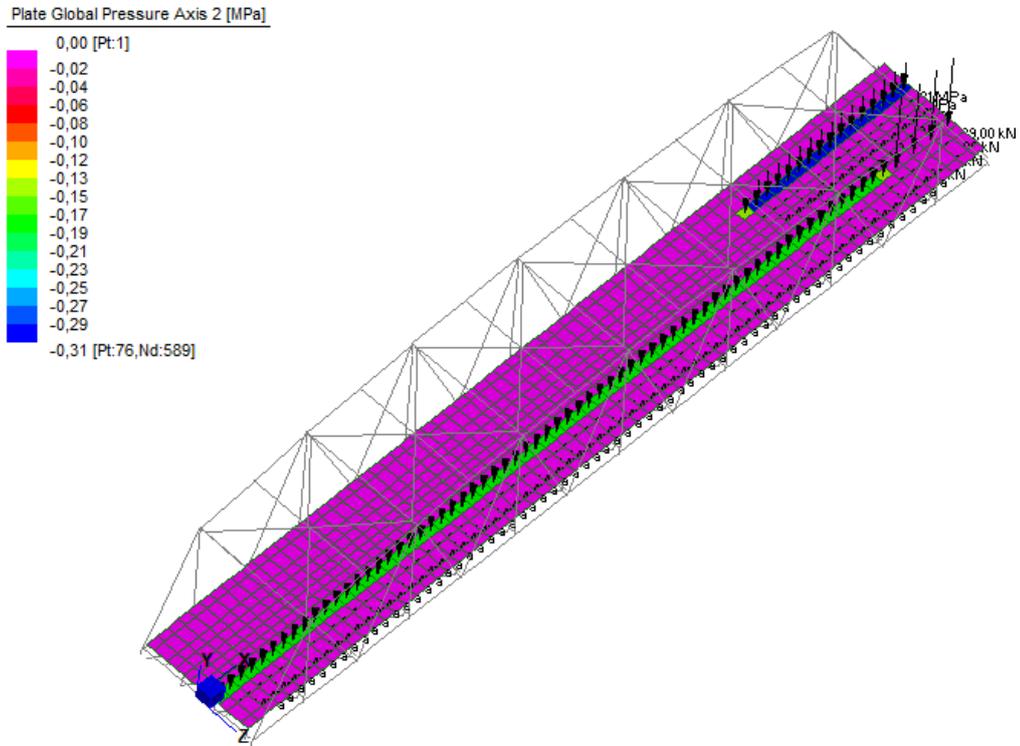


Figura 33 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2+LM71(ez-)\_f=1,56(ecc)\_1

**10.4.1.17 Traversi intermedi**

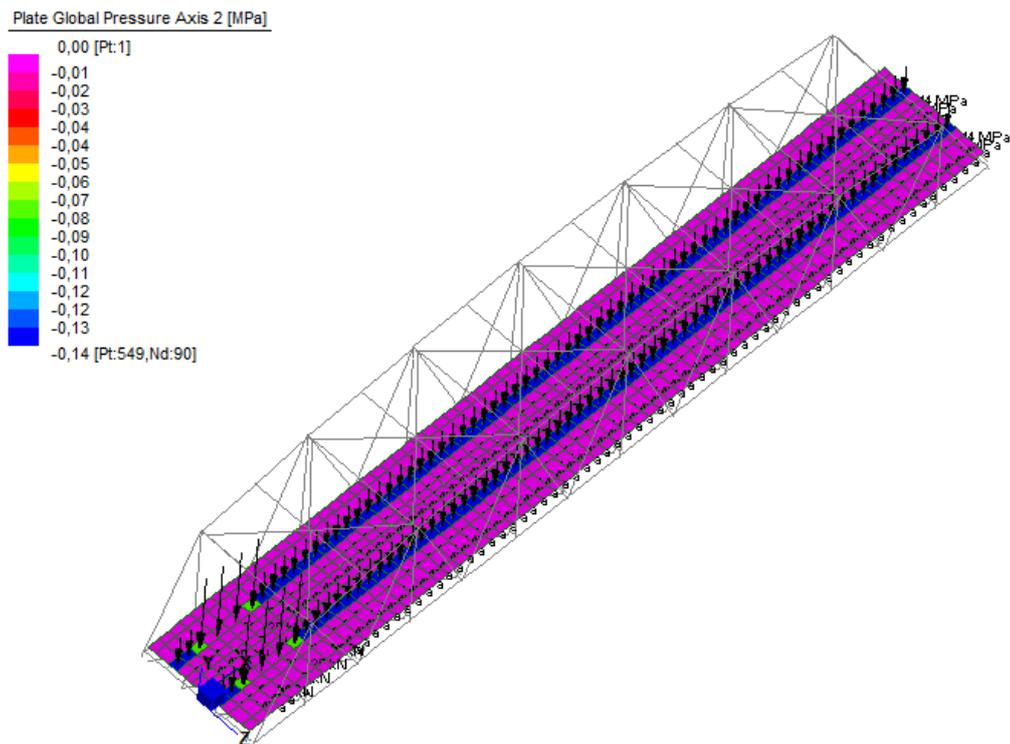


Figura 34 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=1,23(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	66

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

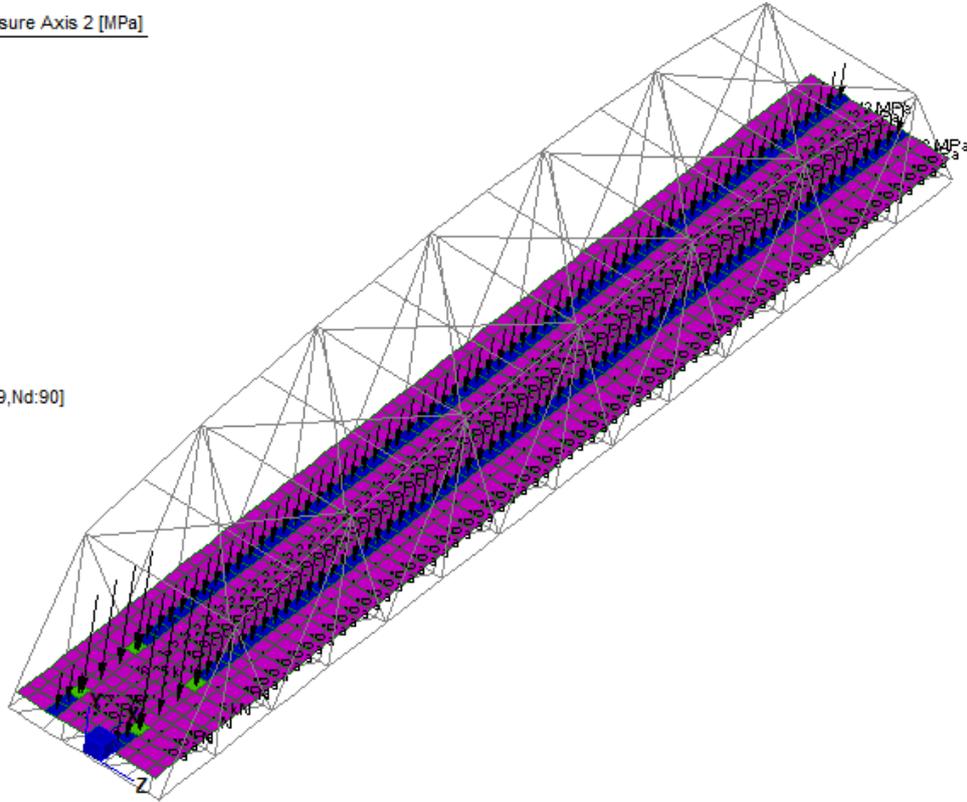
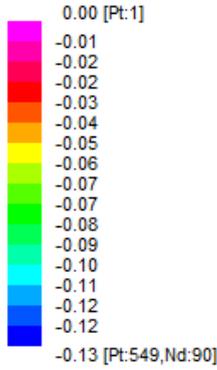


Figura 35 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-) f=1,15(ecc)\_1

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

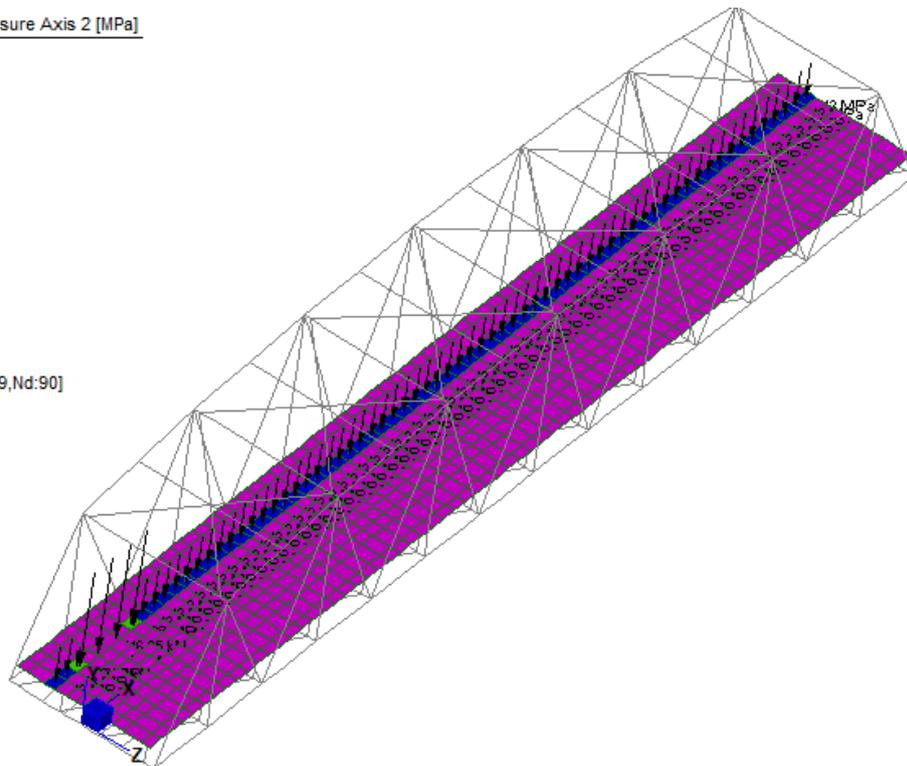
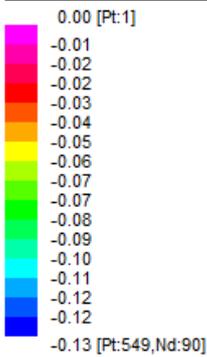


Figura 36 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-) f=1,15(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	67

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

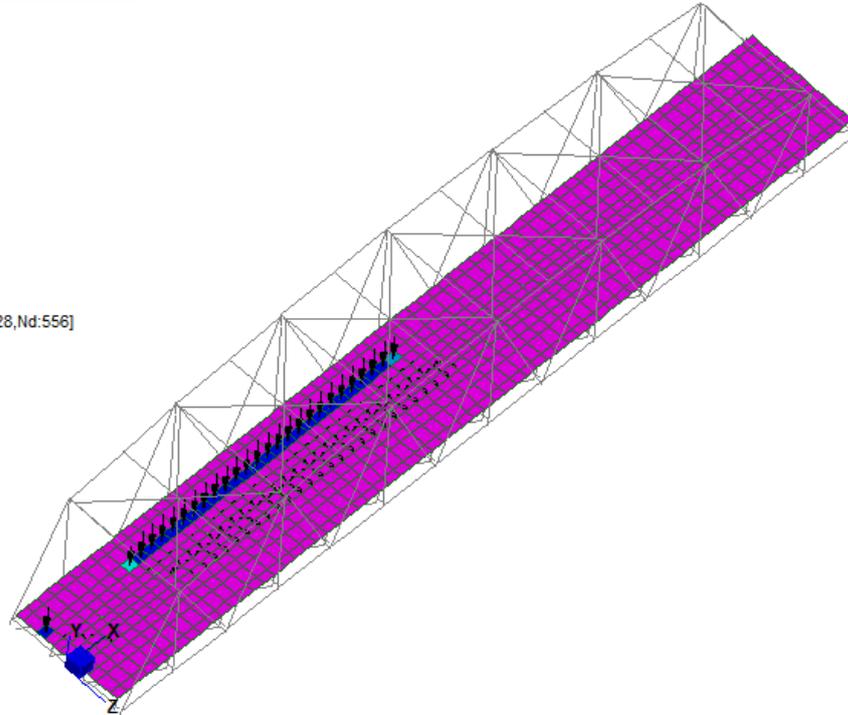
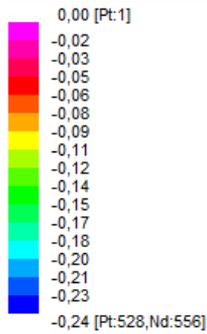


Figura 37 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2\_f=1,23(ecc)\_1

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

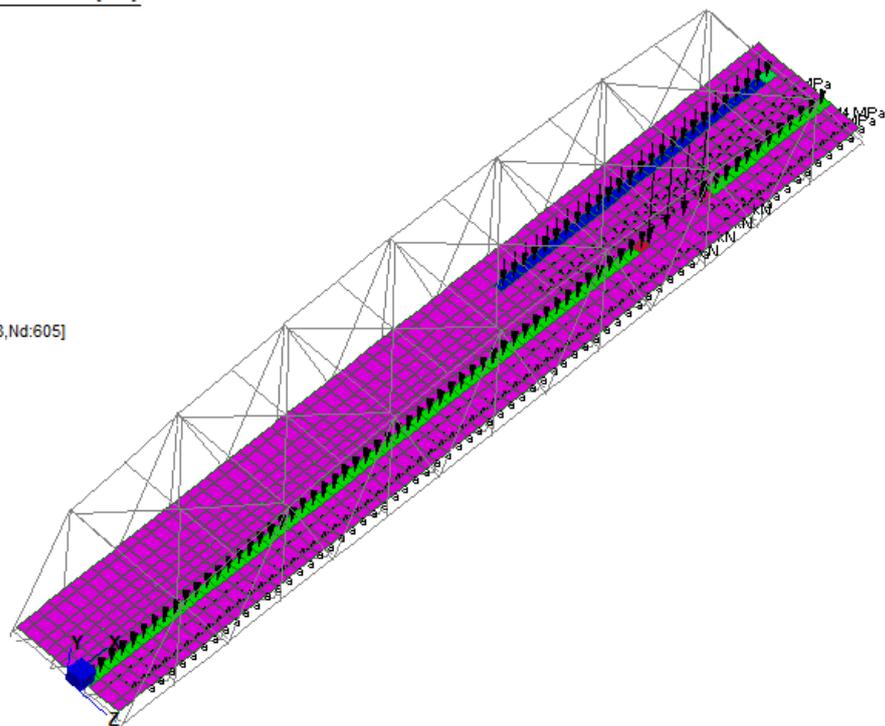
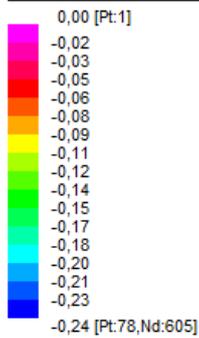


Figura 38 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2+LM71(ez-)\_f=1,23(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	68

10.4.1.18 *Traversi di testata*

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

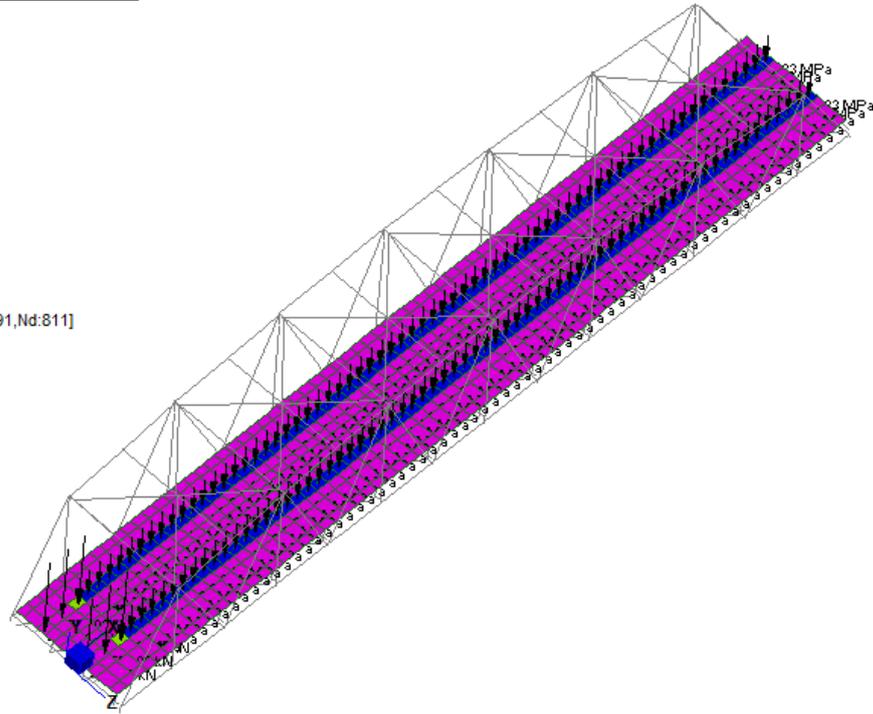
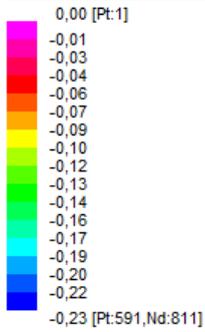


Figura 39 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=2,00(ecc)\_1

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

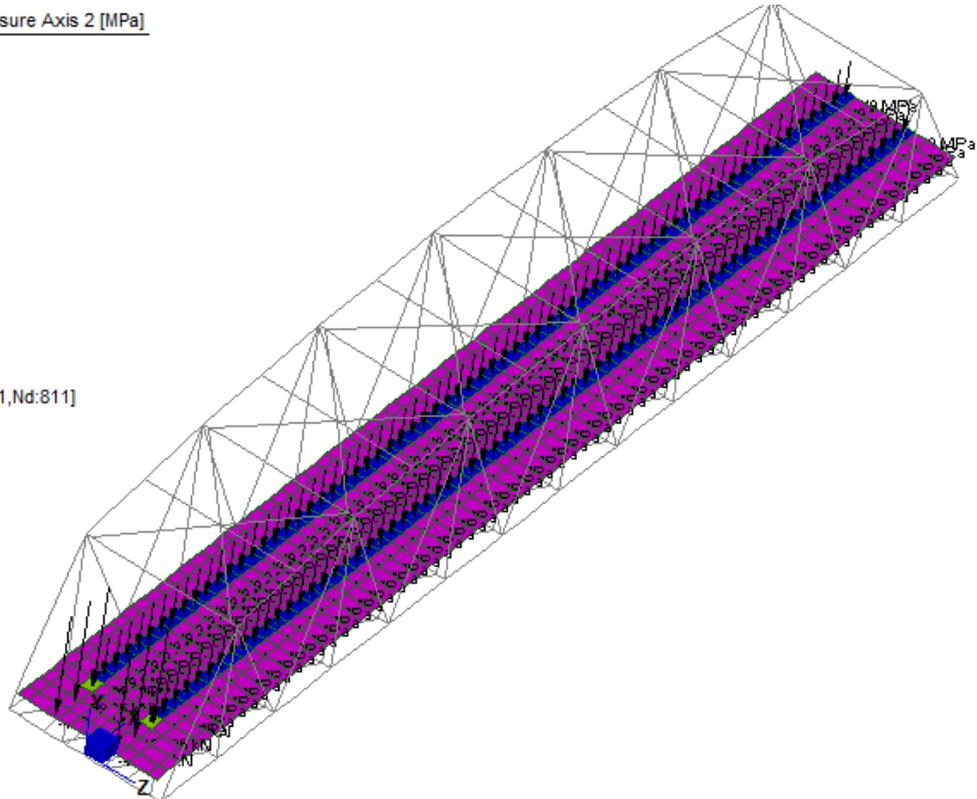
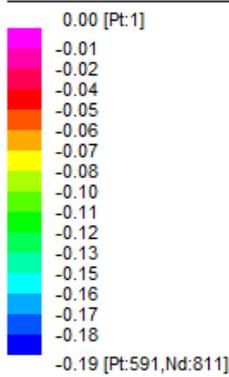


Figura 40 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-)\_f=1,67(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	69

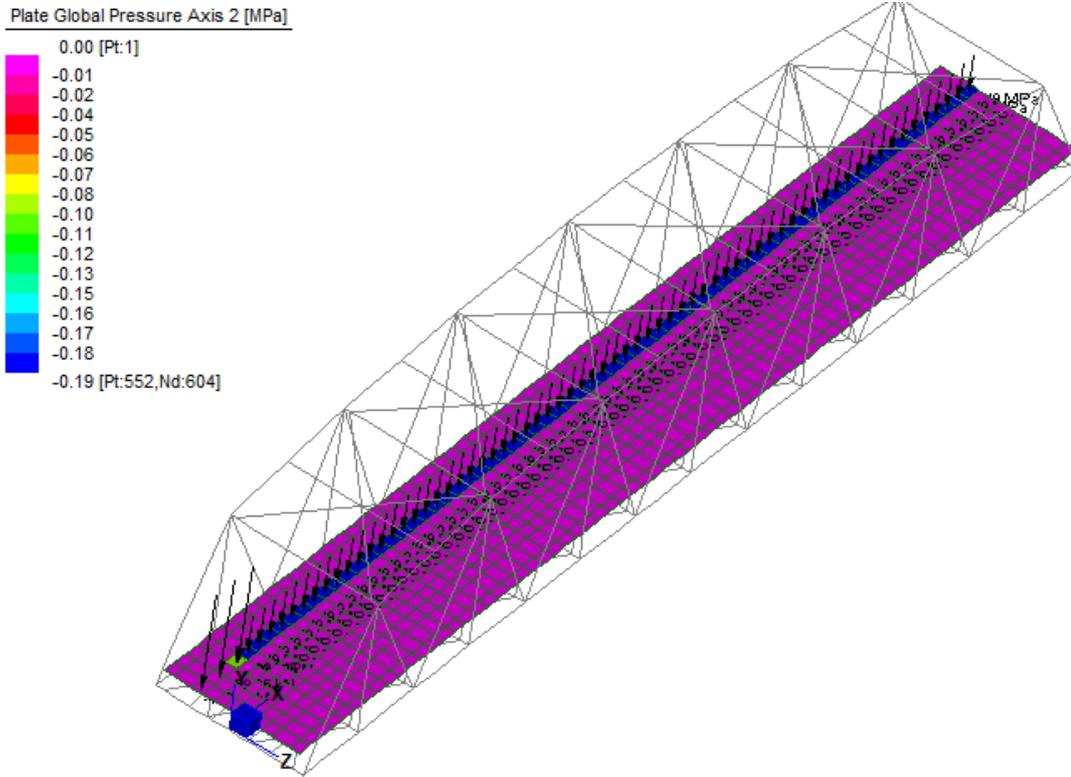


Figura 41 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)\_f=1,67(ecc)\_1

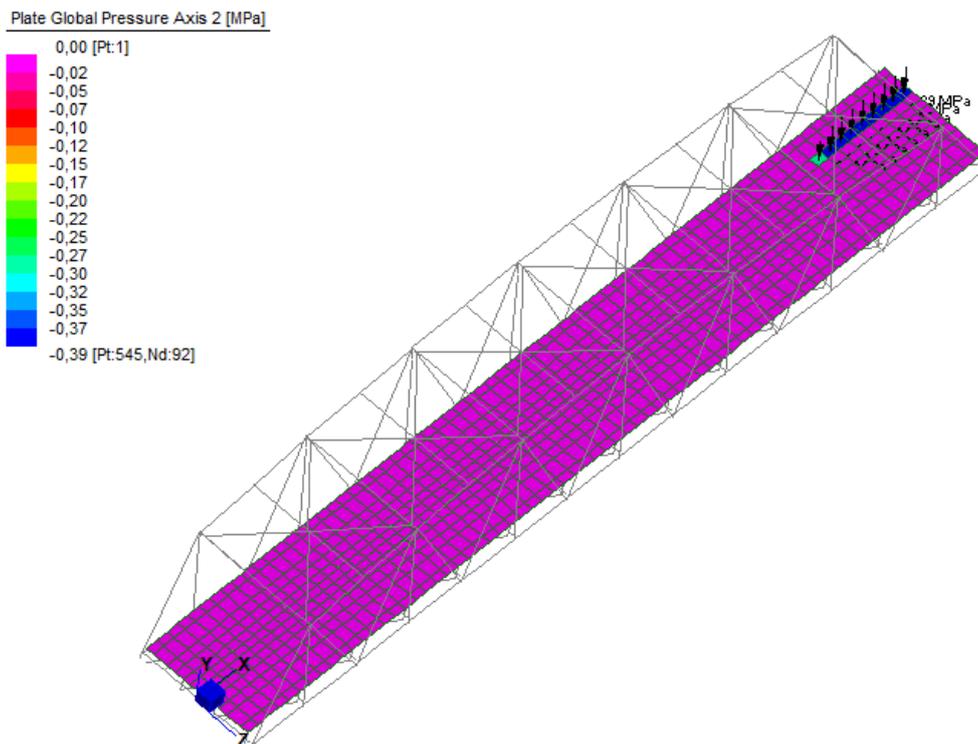


Figura 42 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2\_f=2,00(ecc)\_1

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>70</b>

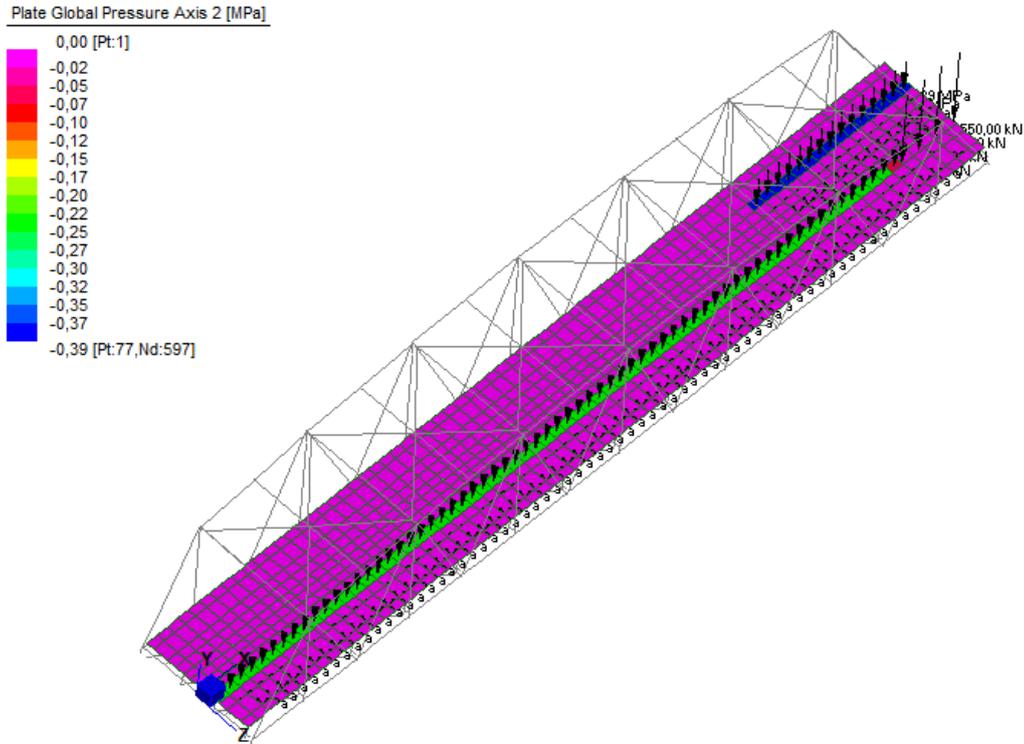


Figura 43 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2+LM71(ez-)\_f=2,00(ecc)\_1

### 10.4.2 Carichi sui marciapiedi

In accordo con quanto definito al §2.5.1.4.1.6 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende le prescrizioni dettate da NTC08 al §5.2.2.3.2, si assume che i marciapiedi non aperti al pubblico siano utilizzati solo dal personale autorizzato. Pertanto, per essi si assume un carico accidentale uniformemente ripartito del valore di 10 kN/m<sup>2</sup>. Questo carico non deve essere considerato contemporaneo al traffico dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra ai marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli.

Per questo tipo di carico non deve applicarsi l'incremento dinamico.

Questo carico non viene considerato nel modello globale mentre sarà tenuto in conto nelle verifiche locali della passerella di servizio (§18.2).

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	71

## 10.5 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI (Q)

Nome	Tipo	Y <sub>Q</sub> (Fav / Sfav)	Ψ <sub>0</sub>	Ψ <sub>1</sub>	Ψ <sub>2</sub>
AZIONI ORIZZONTALI	Variabili	EQU 0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00
	da traffico	(A1) 0.00 / 1.45			
	ferroviario	(A2) 0.00 / 1.25			

### 10.5.1 Forza centrifuga (Q<sub>4</sub>)

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva.

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F.

Le forze centrifughe sono valutate in accordo al par. 2.5.1.4.3.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture: "RFI DTC SI PS MA IFS 001 E".

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determinerà in accordo con la seguente espressione:

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

$q_{tk}$  valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m

$q_{vk}$  valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m

V velocità di progetto, espressa in km/h

f fattore di riduzione

R raggio di curvatura, espresso in m

Nel caso in esame essendo V=200 km/h vanno considerati i seguenti casi di calcolo:

Valore di α	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	α	f		
SW/2	≥ 100	100	1	1	1 x 1 x SW/2	Φ x 1 x SW/2
	< 100	V	1	1	1 x 1 x SW/2	
LM71 e SW/0	> 120	V	1	f	1 x f x (LM71 <sup>77</sup> + <sup>77</sup> SW/0)	Φ x 1 x 1 x (LM71 <sup>77</sup> + <sup>77</sup> SW/0)
		120	α	1	α x 1 x (LM71 <sup>77</sup> + <sup>77</sup> SW/0)	Φ x α x 1 x (LM71 <sup>77</sup> + <sup>77</sup> SW/0)
	≤ 120	V	α	1	α x 1 x (LM71 <sup>77</sup> + <sup>77</sup> SW/0)	

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

La forza centrifuga non andrà amplificata con i coefficienti dinamici, inoltre dovrà essere considerato anche il caso di assenza di forza centrifuga (convogli fermi).

Raggio di curvatura considerato:  $R = 2400$  m

- Per il treno di carico tipo SW/2 si considerano i seguenti parametri e valori:

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1$$

$$\Phi = 1$$

$$Q_{tk} = 0 \text{ perché } Q_{vk} = 0$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot q_{vk} = 4.9 \text{ kN/m (da considerare per una lunghezza di 70 m)}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot 1 \cdot SW/2 = 1.0 \cdot 1 \cdot 150 \text{ kN/m} = 150 \text{ kN/m}$$

La forza centrifuga totale  $q_{tk}$  viene divisa in parti uguali tra le due longherine sottostanti ad un binario, inoltre, considerando che l'azione trasversale centrifuga è applicata a una quota di 1,80 m dal piano del ferro, si determina un momento torcente rispetto al baricentro delle longherine equivalente ad una coppia di forze spingi – tira da applicare alle longherine:

$$V_{qtk} = q_{tk} \cdot (1,30\text{m} + 1,80\text{m}) / 1,52\text{m} = \pm 9.99 \text{ kN/m}$$

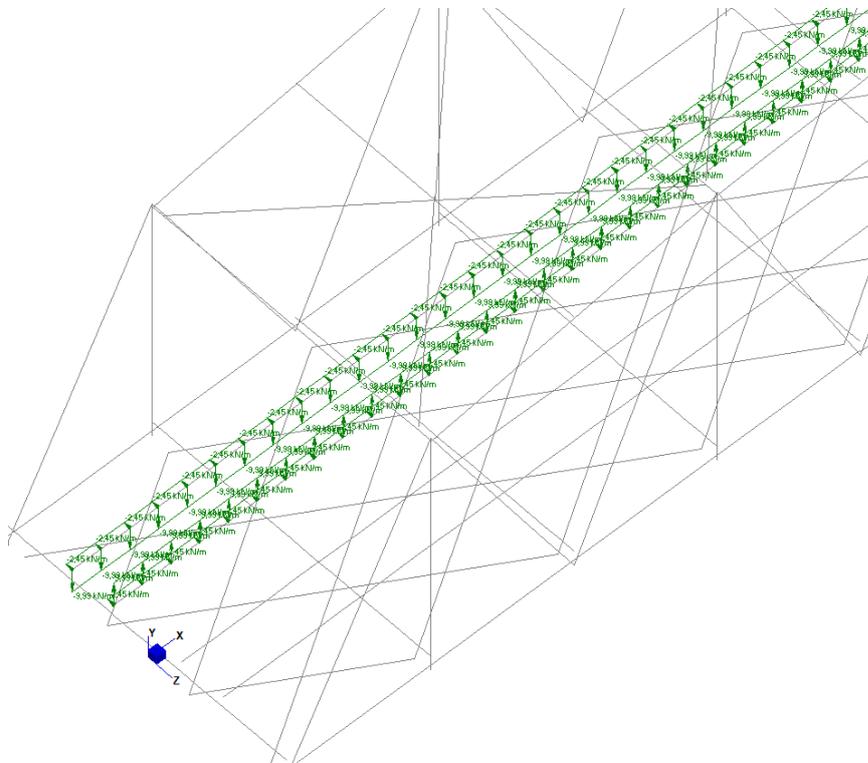


Figura 44 – Modello FEM – Condizione di carico: Q4 B1-SW2 (centr)

- Per il treno di carico tipo LM71 occorre distinguere due casi:

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>73</b>

Caso 1)

$$V=120 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1.1$$

$$\Phi = 1$$

$$Q_{tk} = 1.1 \cdot \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot Q_{vk} = 13 \text{ kN}$$

Il traffico verticale associato è pari a  $\Phi \cdot \alpha \cdot LM71 = 1.0 \cdot 1.1 \cdot 250 \text{ kN} = 275 \text{ kN}$

$$q_{tk} = 1.1 \cdot \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot q_{vk} = 4.2 \text{ kN/m}$$

Il traffico verticale associato è pari a  $\Phi \cdot \alpha \cdot LM71 = 1.0 \cdot 1.1 \cdot 80 \text{ kN/m} = 88 \text{ kN/m}$

Caso 2)

$$V=200 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1$$

$$\Phi = 0.63 \text{ (considerando } L_f=70 \text{ m)}$$

$$Q_{tk} = \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot Q_{vk} = 20.6 \text{ kN}$$

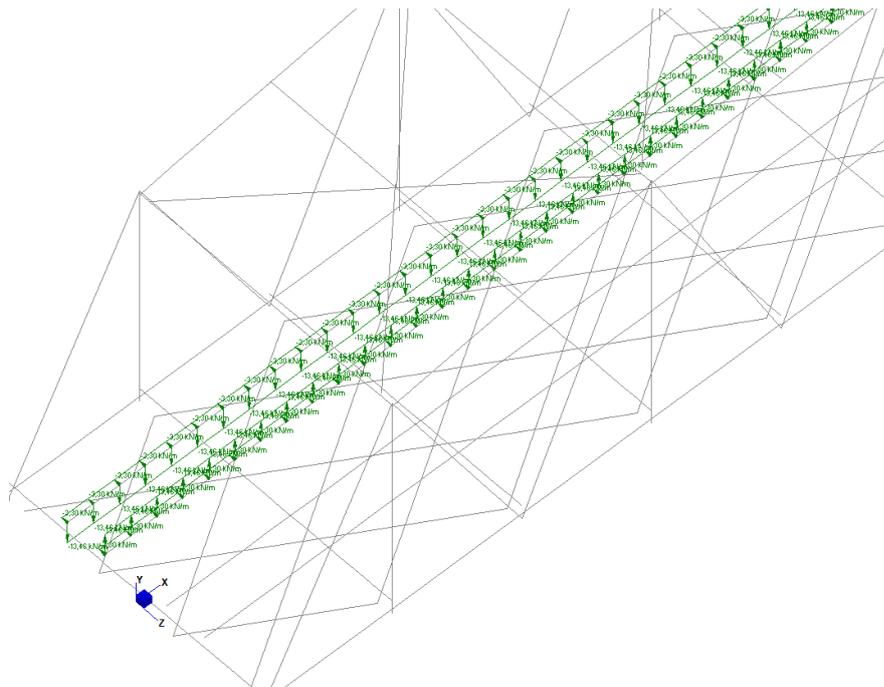
Il traffico verticale associato è pari a  $\Phi \cdot LM71 = 1.0 \cdot 250 \text{ kN} = 250 \text{ kN}$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot q_{vk} = 6.6 \text{ kN/m}$$

Il traffico verticale associato è pari a  $\Phi \cdot LM71 = 1.0 \cdot 80 \text{ kN/m} = 80 \text{ kN/m}$

Per il carico di tipo LM71 si ottiene una forza centrifuga totale  $q_{tk} = 6,6 \text{ kN/m}$  da dividere in parti uguali tra le due longherine sottostanti ad un binario, inoltre, considerando che l'azione trasversale centrifuga è applicata a una quota di 1,80 m dal piano del ferro, si determina un momento torcente rispetto al baricentro delle longherine equivalente ad una coppia di forze spingi – tira da applicare alle longherine:

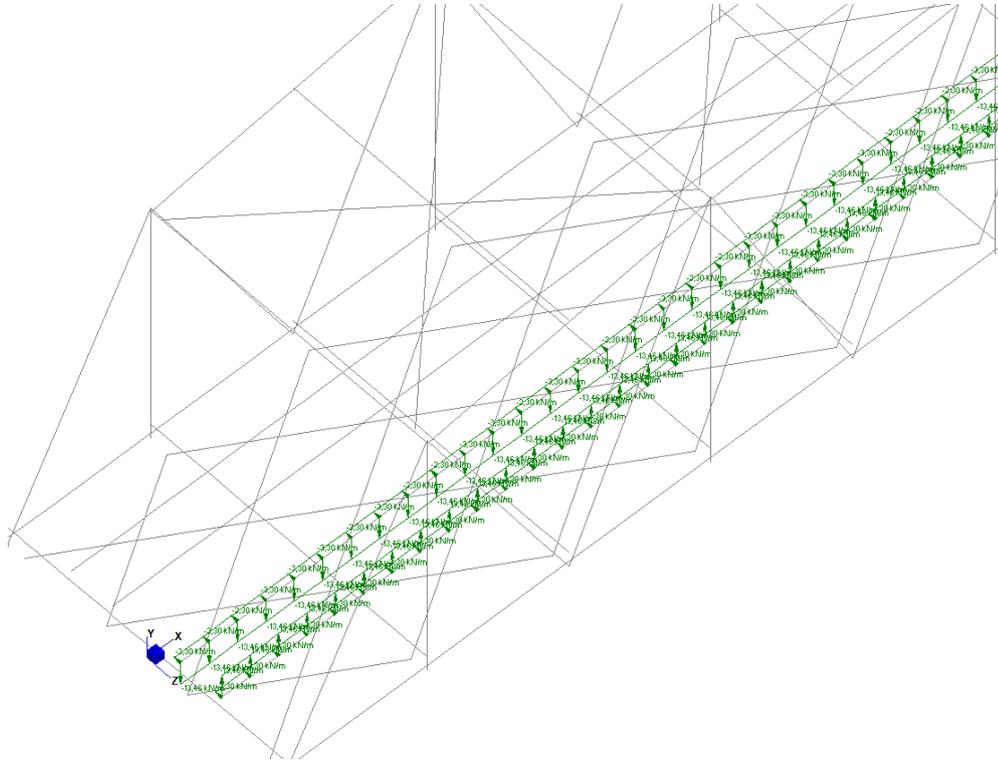
$$V_{qtk} = q_{tk} \cdot (1,30\text{m}+1,80\text{m}) / 1,52\text{m} = \pm 13.46 \text{ kN/m}$$



*Figura 45 – Modello FEM – Condizione di carico: Q4 B1-LM71 (centr)*

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>74</b>



*Figura 46 – Modello FEM – Condizione di carico: Q4 B2-LM71 (centr)*

### 10.5.2 Azione laterale serpeggio (Q<sub>5</sub>)

L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata orizzontale di 100 kN, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario; tale valore deve essere moltiplicato per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

La forza così ottenuta viene divisa in parti uguali tra le due longherine sottostanti ad un binario e distribuita su una lunghezza pari a quella del binario; essendo l'azione trasversale di serpeggio applicata alla sommità della rotaia, si determina un momento torcente rispetto al baricentro delle longherine equivalente ad una coppia di forze spingi – tira da applicare alle longherine.

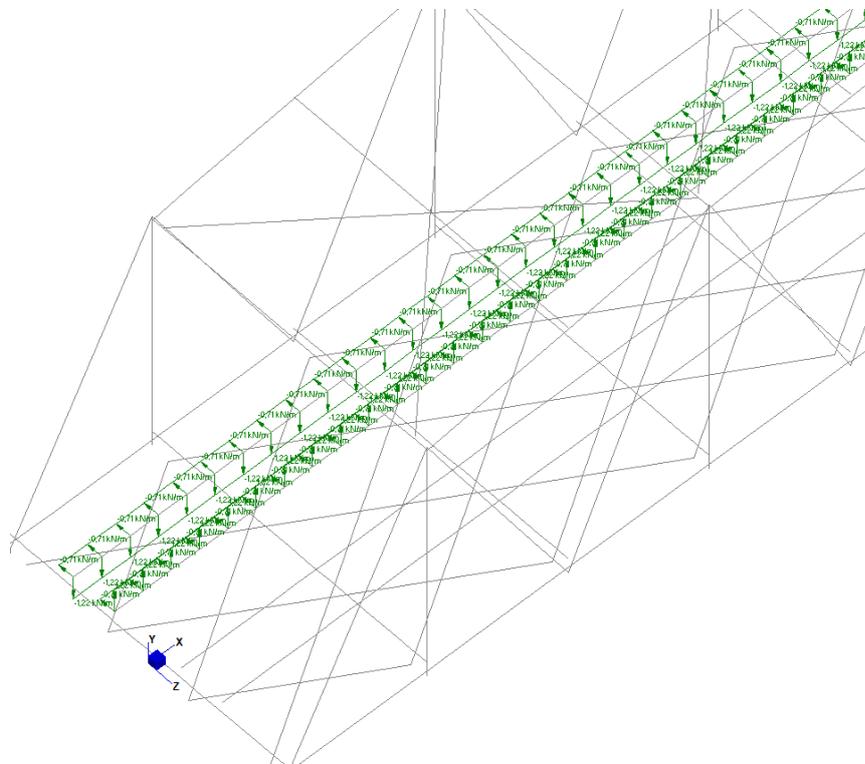
Per il treno di carico tipo SW/2 si ottiene:

$$q_{sk} = (Q_{sk} / 70m) \cdot 1 / 2 = 0.71 \text{ kN/m}$$

$$V_{sk} = (Q_{sk} / 70m) \cdot 1 \cdot 1,30m / 1,52m = \pm 1.22 \text{ kN/m}$$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>75</b>



*Figura 47 – Modello FEM – Condizione di carico: Q5 B1-SW2 (serp)*

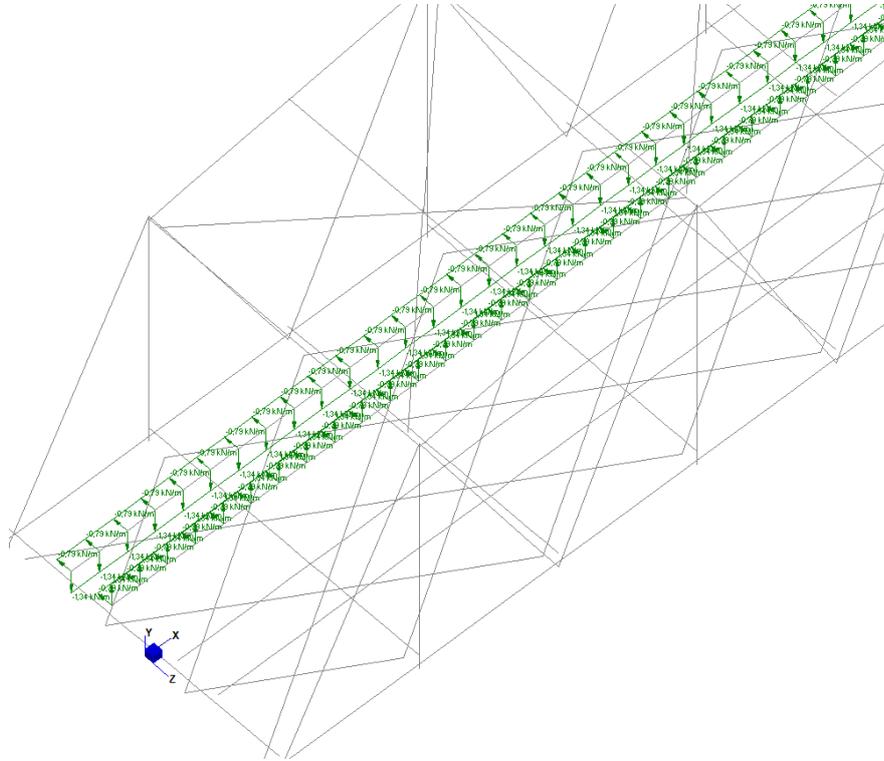
Per il treno di carico tipo LM71 si ottiene:

$$q_{sk} = (Q_{sk} / 70m) \cdot 1,1 / 2 = 0.79 \text{ kN/m}$$

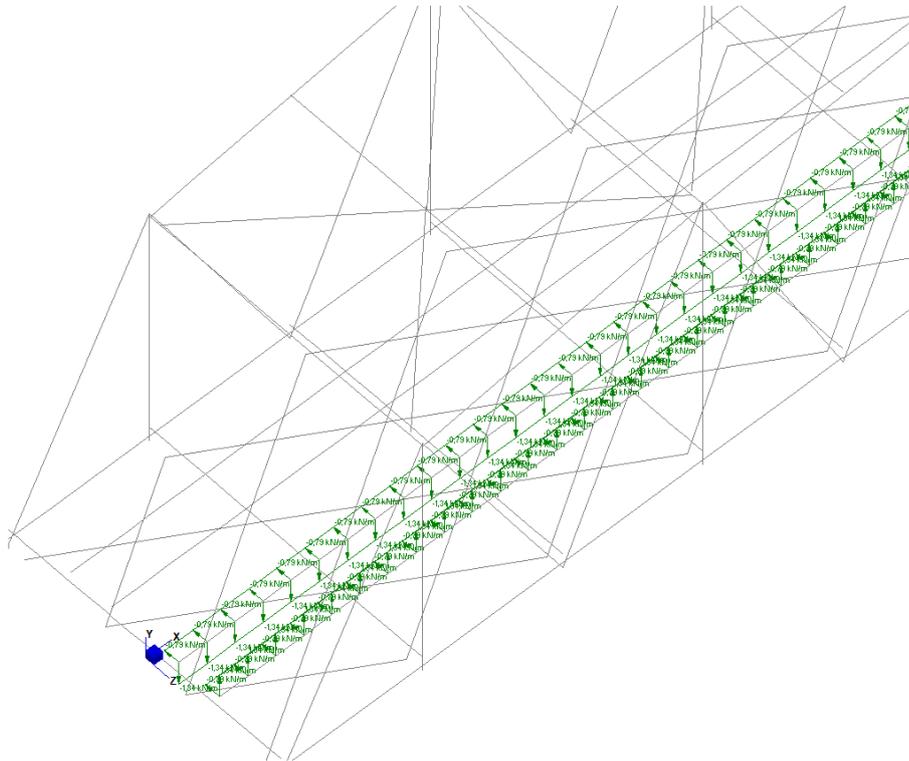
$$V_{sk} = (Q_{sk} / 70m) \cdot 1,1 \cdot 1,30m / 1,52m = \pm 1.34 \text{ kN/m}$$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	76



*Figura 48 – Modello FEM – Condizione di carico: Q5 B1-LM71 (serp)*



*Figura 49 – Modello FEM – Condizione di carico: Q5 B2-LM71 (serp)*

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>77</b>

### 10.5.1 Azioni di avviamento e frenatura (Q<sub>3</sub>)

L'azione orizzontale associata all'avviamento e alla frenatura dei treni è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, parallelamente all'asse del binario.

I valori caratteristici da considerare, da moltiplicare per i coefficienti di adattamento  $\alpha$ , sono:

#### Avviamento

$$Q_{3a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN}$$

modelli di carico LM71, SW/0, SW/2

Treno LM71

$$Q_{ak} = 33 * 70 * 1.1 = 2541 \text{ kN} > 1000 \text{ kN} \rightarrow Q_{ak} = 1000 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{ak} = 33 * 50 * 1 = 1650 \text{ kN} \rightarrow Q_{ak} = 1000 \text{ kN}$$

#### Frenatura

$$Q_{3f,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$$

modelli di carico SW/2

$$Q_{3f,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN}$$

modelli di carico LM71, SW/0

Treno LM71

$$Q_{bk} = 20 * 70 * 1.1 = 1540 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{bk} = 35 * (50) = 1750 \text{ kN}$$

Le forze così ottenute vengono divise in parti uguali tra le due longherine sottostanti ad un binario e distribuite su una lunghezza pari a quella del binario, ottenendo:

$$Q_{3a,k} = (Q_{3a,k} / 70\text{m}) = 7.14 \text{ kN/m}$$

Avviamento modelli di carico LM71, SW/0, SW/2

$$Q_{3f,k} = (Q_{3f,k} / 70\text{m}) = 12.50 \text{ kN/m}$$

Frenatura modelli di carico SW/2

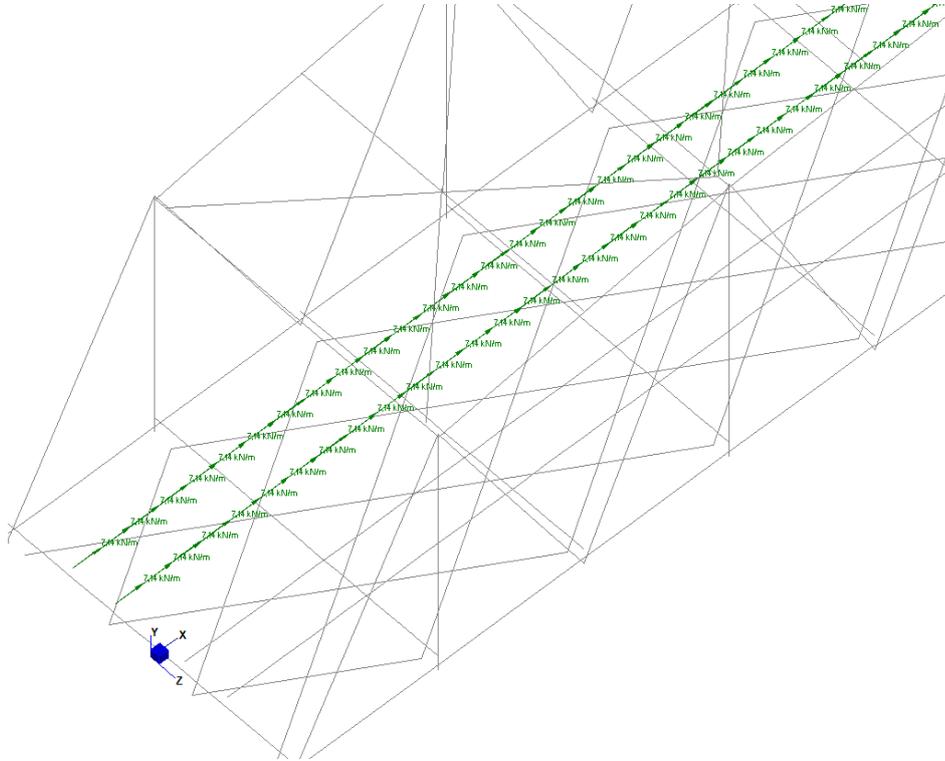
$$Q_{3f,k} = (Q_{3f,k} / 70\text{m}) = 11.00 \text{ kN/m}$$

Frenatura modelli di carico LM71, SW/0

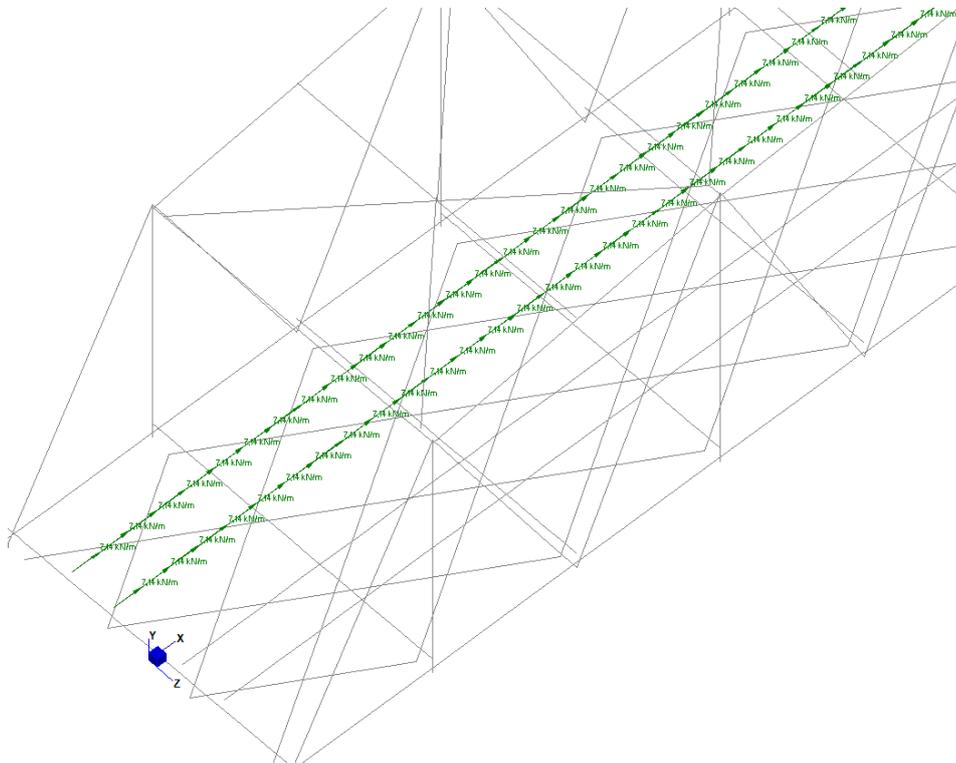
Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura, pertanto per ogni binario (B1 o B2).

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>78</b>



*Figura 50 – Modello FEM – Condizione di carico: Q3,a B1-SW2 (avv)*

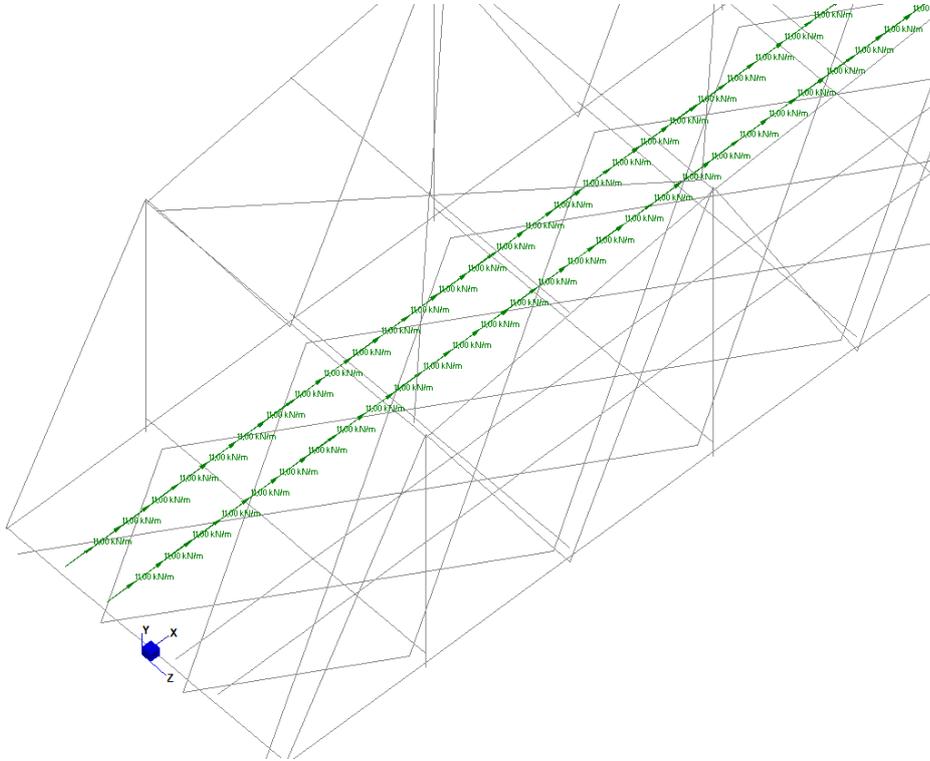


*Figura 51 – Modello FEM – Condizione di carico: Q3,a B1-LM71 (avv)*

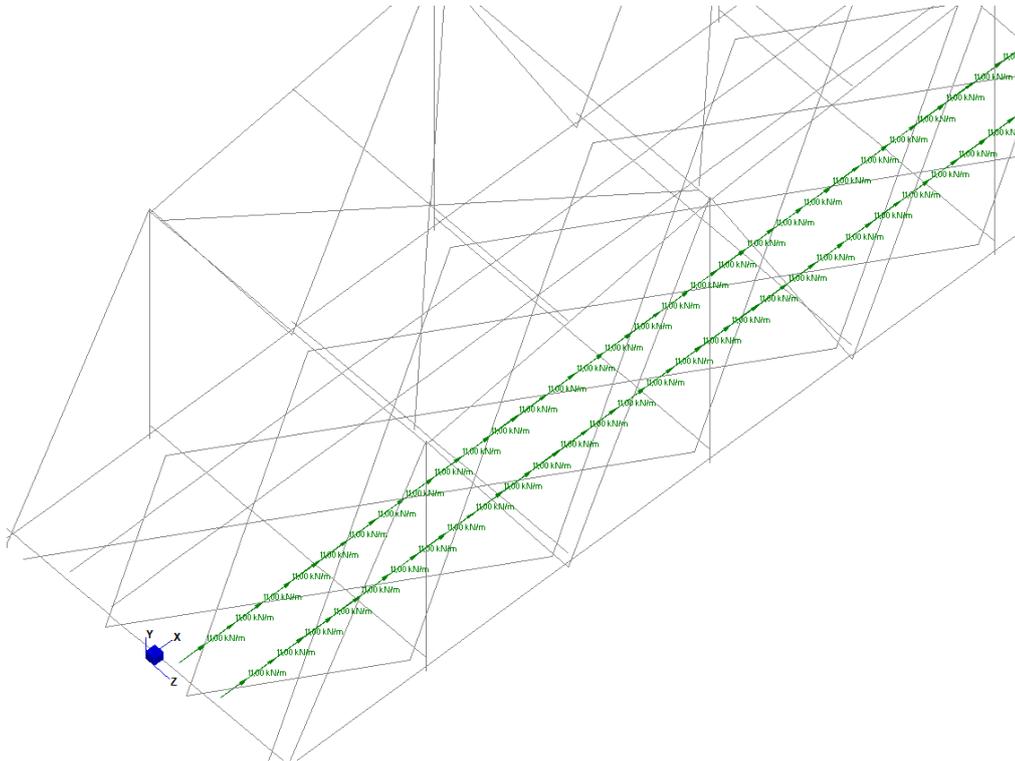


**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>80</b>



*Figura 54 – Modello FEM – Condizione di carico: Q3,f B1-LM71 (fren)*



*Figura 55 – Modello FEM – Condizione di carico: Q3,f B2-LM71 (fren)*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

## 10.6 AZIONI ECCEZIONALI (A)

### 10.6.1 Deragliamento

In accordo col §2.5.1.5 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende il contenuto del §5.2.2.9.2 delle NTC08, oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due condizioni di progetto descritte di seguito.

Caso 1: si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60$  kN/m (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m. 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.

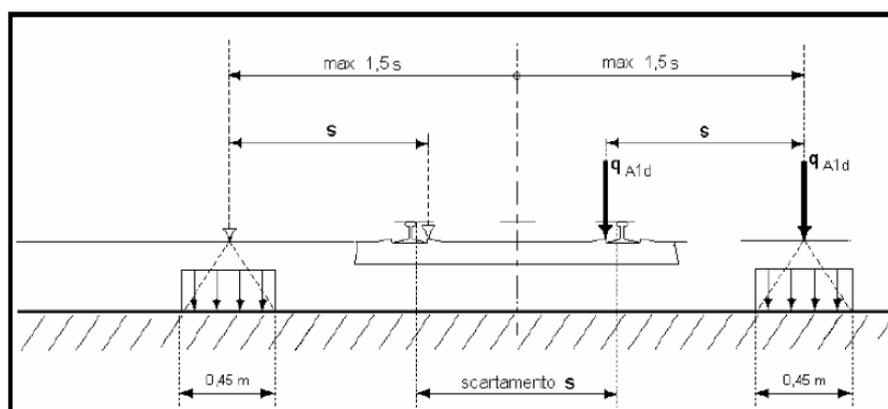
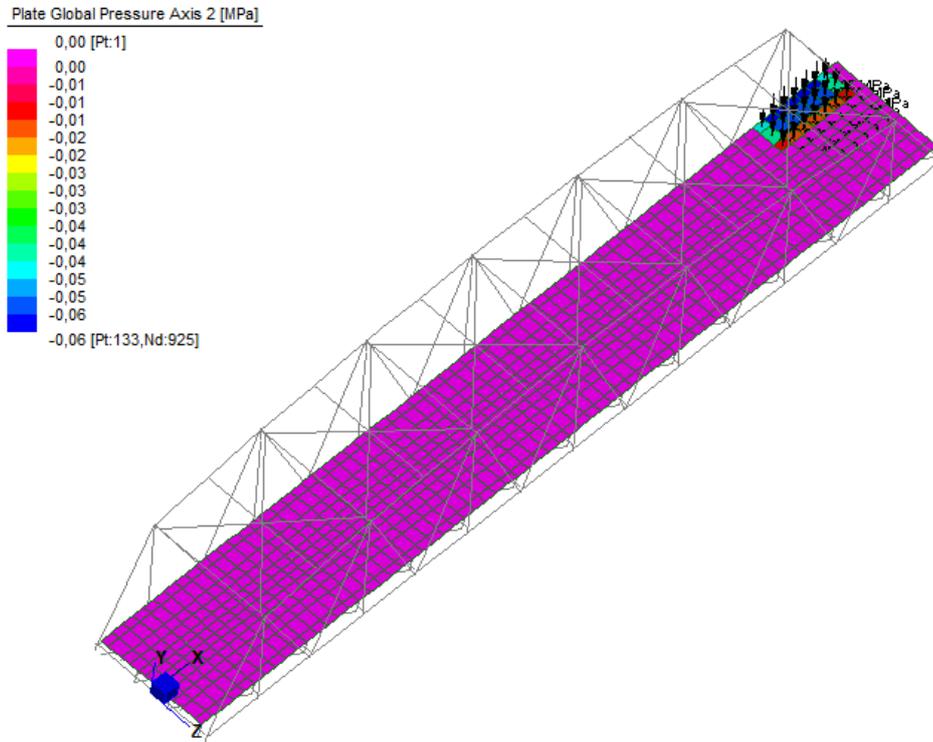


Figura 5.2.12 - Caso 1

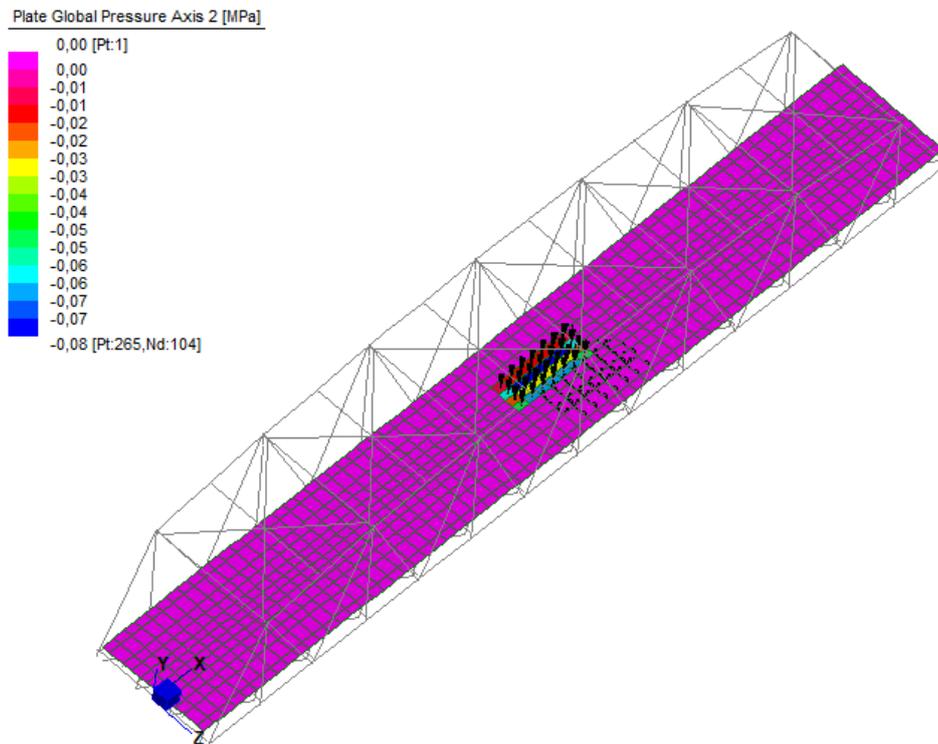
Questa configurazione viene ripartita su due strisce di larghezza  $0,45$  m, viaggianti longitudinalmente lungo direttrici rettilinee posizionate secondo le eccentricità massima prescritte ( $\pm 1,5*s$ ) rispetto al binario 1, e convertite in pressioni distribuite equivalenti sulle plate di soletta.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	82



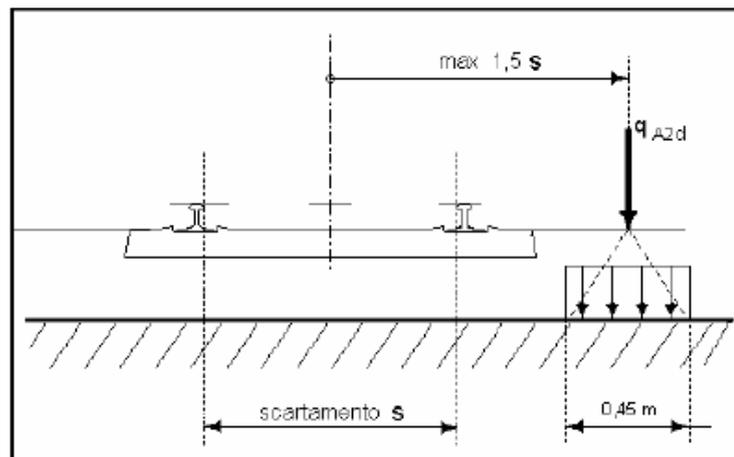
*Figura 56 – Modello FEM – Condizione di carico: Deragliamento\_schema1\_2*



*Figura 57 – Modello FEM – Condizione di carico: Deragliamento\_schema1\_7*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	83

Caso 2: si considera un unico carico lineare  $q_{A2d} = 80\text{kN/m} * 1.4$  esteso per 20,00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,50 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc. Per impalcato metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.



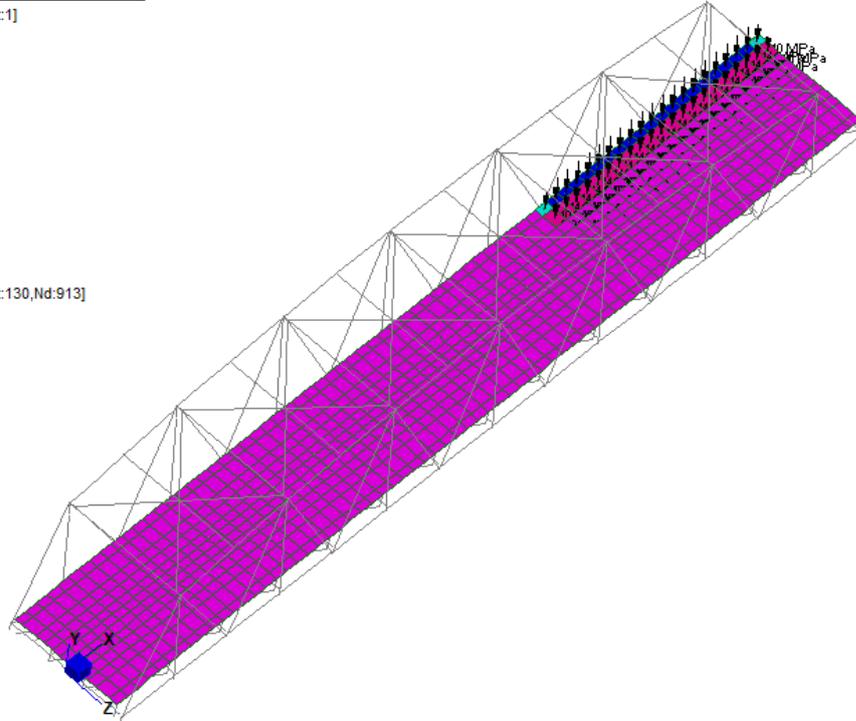
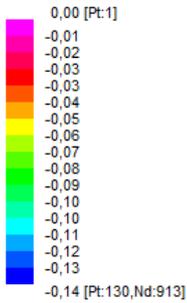
*Figura 5.2.13 - Caso 2*

Questa configurazione viene ripartita su di una striscia di larghezza 0.45m, viaggiante longitudinalmente lungo la direttrice rettilinea posizionata secondo l'eccentricità esterna massima prescritta ( $1.5*s$ ) rispetto al binario 1, e convertita in pressioni distribuite equivalenti sulle plate di soletta.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

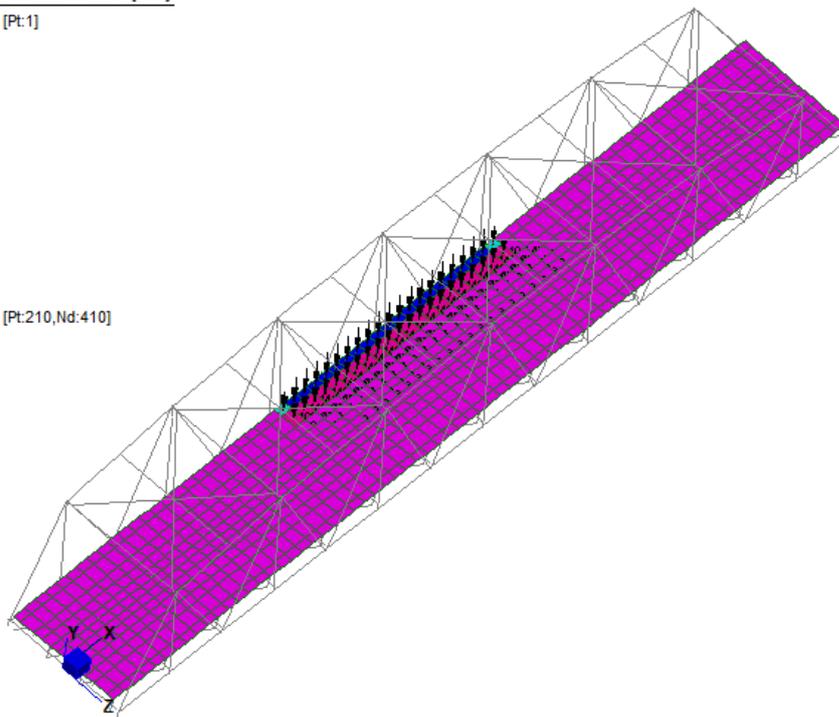
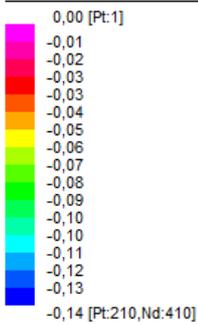
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>84</b>

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]



*Figura 58 – Modello FEM – Condizione di carico: Deragliamento\_schema2\_1*

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]



*Figura 59 – Modello FEM – Condizione di carico: Deragliamento\_schema2\_2*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>85</b>

## 10.7 AZIONE AERODINAMICA DA TRAFFICO FERROVIARIO

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
VENTO	Variabile	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	0.60	0.50	0.00

In accordo con le prescrizioni del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riporta integralmente il contenuto del §5.2.2.6 delle NTC08, si tiene conto degli effetti, specificatamente onde di pressione e depressione, che il passaggio dei convogli ferroviari determinano sulle superfici poste in prossimità della linea ferroviaria.

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno nei casi in cui, in ragione della velocità della linea, non si instaurino amplificazioni dinamiche significative per il comportamento degli elementi strutturali investiti dalle azioni aerodinamiche. Esse dovranno essere utilizzate per il progetto delle barriere e delle relative strutture di sostegno (cordoli, solette, fondazioni, ecc.). I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni.

I valori caratteristici dell'azione  $\pm q_{1k}$  relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti in Fig.5.2.8 del §5.2.2.7.1 delle NTC08 in funzione della distanza  $a_g$  dall'asse del binario più vicino.

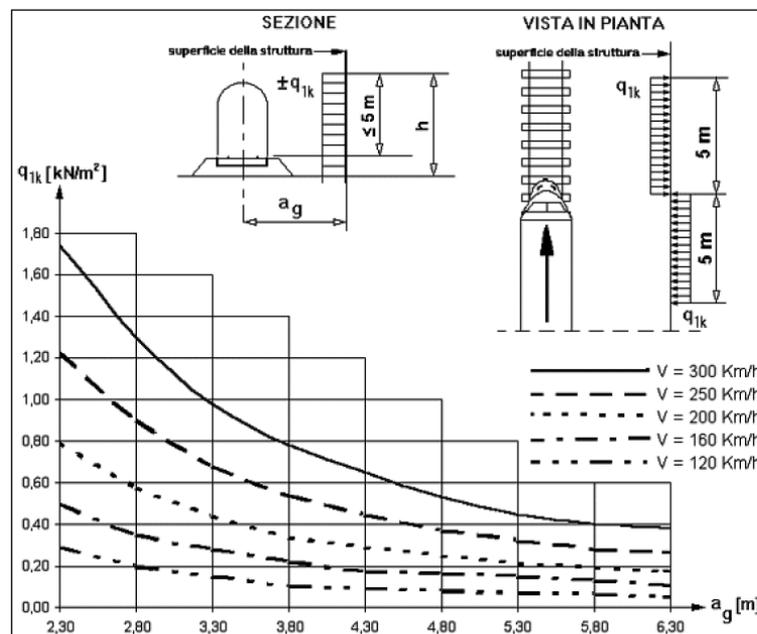


Figura 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni  $q_{1k}$  per superfici verticali parallele al binario

Nel caso in esame si ha, per  $V = 200$  km/h:

$$a_g = 3.07 \text{ m}$$

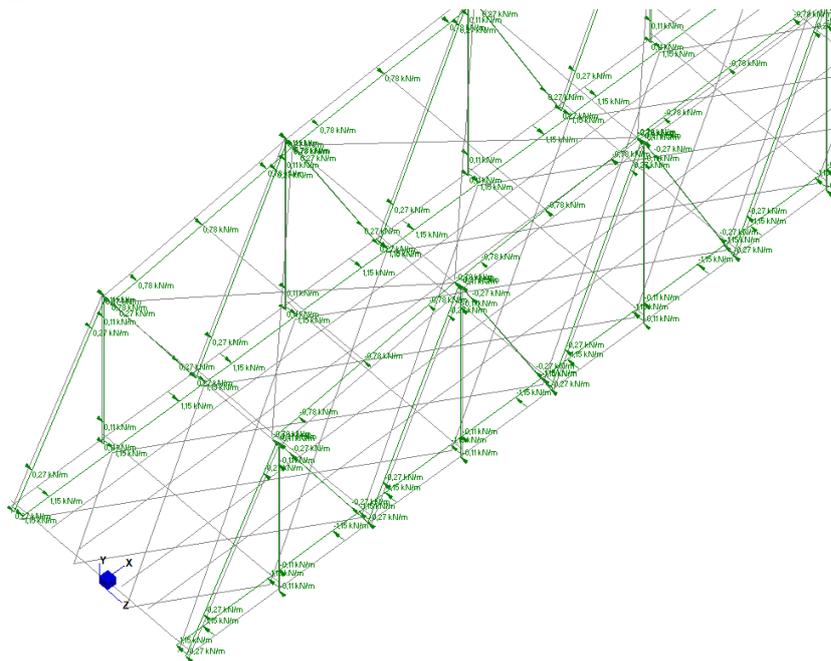
$$q_{1k} = 0.45 \text{ kN/m}^2$$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

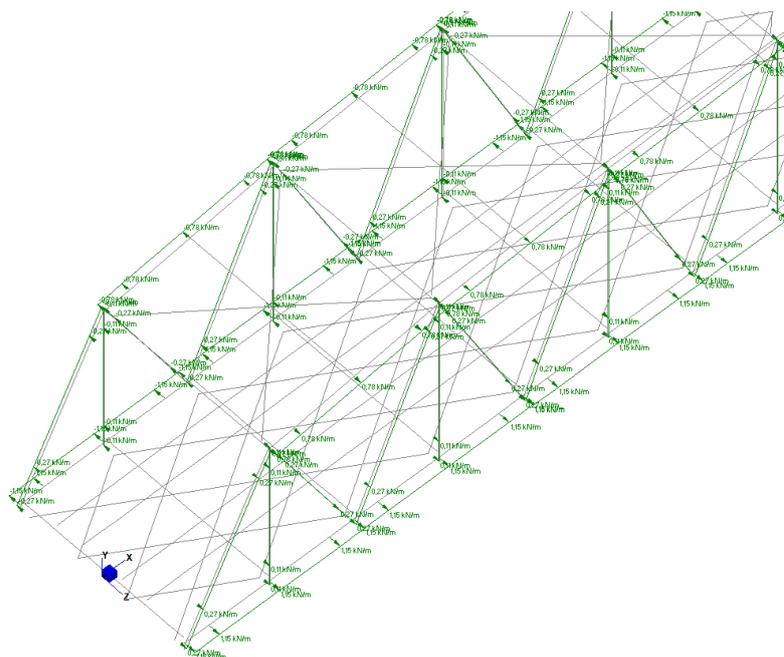
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	86

Nel modello questa pressione viene applicata alle beam come forze distribuite, in funzione della superficie investita.

Secondo quanto riportato in §5.2.3.3.2 delle NTC08, in ogni caso le azioni aerodinamiche devono essere cumulate all'azione del vento. L'azione risultante dovrà essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque maggiore di 1,5 kN/m<sup>2</sup> sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU.



*Figura 60 – Modello FEM – Condizione di carico: Eff\_aerodinamici-*



*Figura 61 – Modello FEM – Condizione di carico: Eff\_aerodinamici-*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>87</b>

## 10.8 AZIONE DEL VENTO (Q<sub>6</sub>)

Nome	Tipo	Y <sub>Q</sub> (Fav / Sfav)	Ψ <sub>0</sub>	Ψ <sub>1</sub>	Ψ <sub>2</sub>
VENTO	Variabile	EQU 0.00 / 1.50	0.60	0.50	0.00
		(A1) 0.00 / 1.50			
		(A2) 0.00 / 1.30			

L'azione del vento viene valutata in accordo alle prescrizioni del capitolo 3.3 del DM 14/01/2008.

Il coefficiente di forma viene desunto secondo le indicazioni della Circolare del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008" (par. C3.3.10.4), considerando travi ad anima piena, per cui il rapporto tra la superficie delimitata dal contorno della trave e la superficie della parte piena della trave vale  $\Phi = 184/726 = 0.25$ , da cui risulta:

$$c_p = 2 - 4 / 3 * \Phi = 1.66$$

Per le travi sottovento, secondo quanto indicato nella Circolare Ministeriale del 02/02/2009 al par. C3.3.10.4.2 "Travi multiple", essendo disposte parallelamente a una distanza ( $d = 10.15m$ ) inferiore al doppio dell'altezza ( $h = 9.5m$ ), il valore della pressione sulla trave adiacente successiva è pari a quello che insiste sulla precedente moltiplicato per un coefficiente riduttivo  $\mu$  pari a:

$$\mu = 1 - 1.2\Phi = 0.7$$

da cui:

$$c_{p,2} = c_p * 0.7 = 1.16$$

Le pressioni ottenute, riportate nella tabella seguente, vengono applicate alle beam del modello FEM come forze distribuite, in funzione della superficie investita.

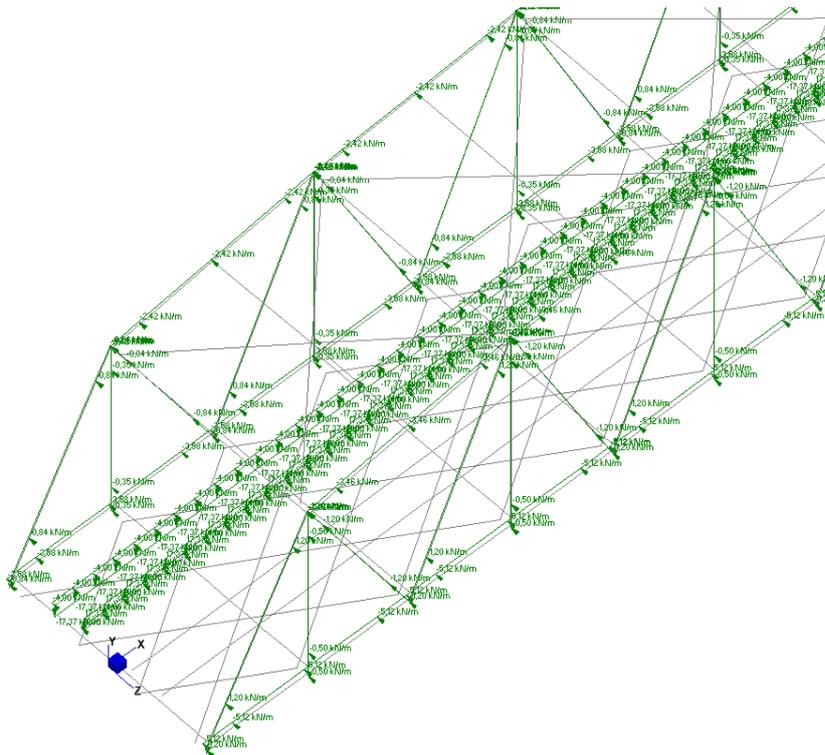
NOME: <b>IMPALCATO 70m</b>		CALCOLO AZIONE VENTO IMPALCATO NTC08		Rev. <b>00</b>
PARAMETRI VENTO DI PROGETTO		DATI GEOMETRICI IMPALCATO		
Zona	<b>3</b> (Tab.3.I)	z (m)	<b>13,00</b>	Altezza dal suolo impalcato
v <sub>b,0</sub> (m/s)	27,00	Velocità base liv. mare (Tab.3.I)	c <sub>e</sub>	2,52 Coeff. esposizione
c <sub>a</sub>	1,00	Coeff. altitudine	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	1,25 Massa specifica aria
v <sub>b</sub> (m/s)	27,00	Velocità base riferimento vento	q <sub>b</sub> ( (N/m <sup>2</sup> )	477,25 Pressione cinetica di riferimento
T <sub>R</sub> (anni)	<b>75</b>	Tempo ritorno vento	Φ	0,25
c <sub>r</sub>	1,02	Coeff. tempo ritorno	c <sub>p</sub>	1,66 Coefficiente di pressione sulla trave isolata
v <sub>r</sub> (m/s)	27,6	Velocità riferimento vento	c <sub>p,2</sub>	1,16 Coefficiente di pressione sulla trave parallela adiacente
k <sub>a</sub>	0,02	Fattore altitudine (Tab.3.I)	c <sub>d</sub>	1 Coefficiente dinamico
a <sub>s</sub> (m s.l.m.)	<b>85</b>	Altitudine sito	p <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	2,00 Pressione del vento sulle travi esposte
a <sub>0</sub> (m s.l.m.)	500	Altitudine base (Tab.3.I)	p <sub>e,2</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	1,39 Pressione del vento sulla seconda trave
Categoria	<b>2</b> (Tab. 3.II - 3.III)			
k <sub>r</sub>	0,19	Fattore terreno (Tab.3.II)		
z <sub>min</sub> (m)	4,00	Altezza minima (Tab.3.II)		
z <sub>0</sub> (m)	0,05	Altezza rugosità (Tab.3.II)		
c <sub>t</sub>	<b>1,00</b>	Coeff. topografico		

In condizioni di ponte carico si considera inoltre una superficie investita piana e continua di altezza convenzionale pari a 4.00m dal P.F., indipendentemente dal numero di convogli presenti sul ponte.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>88</b>

Nel caso in esame, considerando una pressione pari a 2 kN/m<sup>2</sup>, si ottiene un'azione pari a 8 kN/m da dividere in parti uguali tra le due longherine sottostanti ad un binario, inoltre, considerando che l'azione trasversale è applicata a una quota di 2.00 m dal piano del ferro, si determina un momento torcente rispetto al baricentro delle longherine equivalente ad una coppia di forze spingi – tira da applicare alle longherine:  
 $V = H \cdot (1,30m+2,00m) / 1,52m = \pm 17.37 \text{ kN/m}$



**Figura 62 – Modello FEM – Condizione di carico: Q6 (vento)**

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	89

## 10.9 VARIAZIONI TERMICHE

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TEMP	Variabili	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	0.60	0.60	0.50

Nelle verifiche dei singoli elementi è stata considerata una variazione termica uniforme ed una variazione termica non uniforme secondo quanto indicato sulla “Specificazione per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”.

### 10.9.1 Variazione termica uniforme

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica pari a  $\pm 20^\circ\text{C}$  (impalcato con strutture in acciaio ed armamento su ballast).

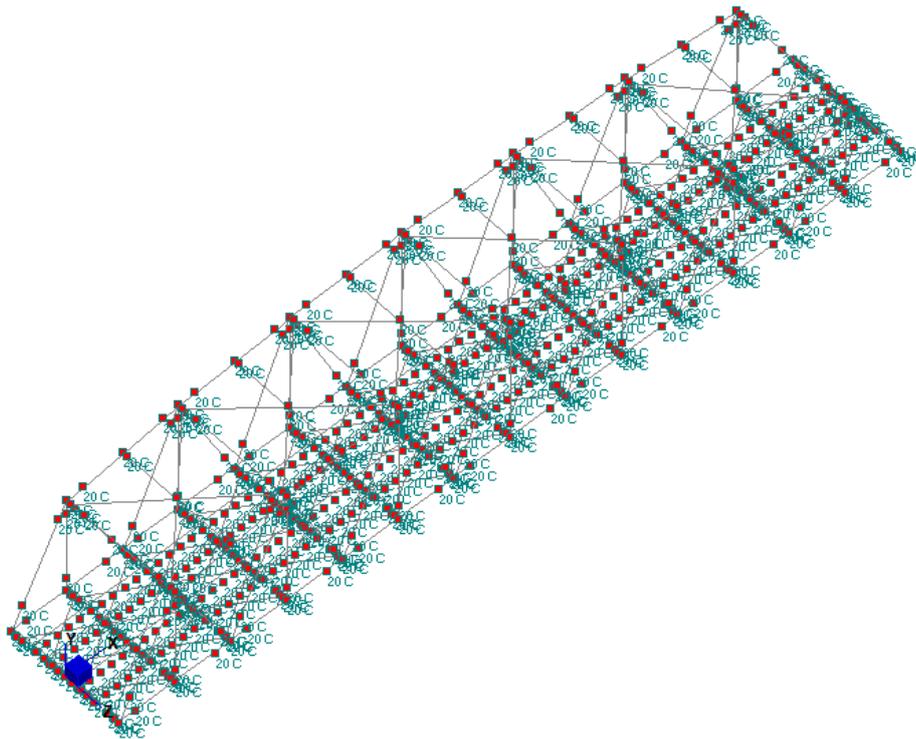


Figura 63 – Modello FEM – Condizione di carico: DTN\_exp

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>90</b>

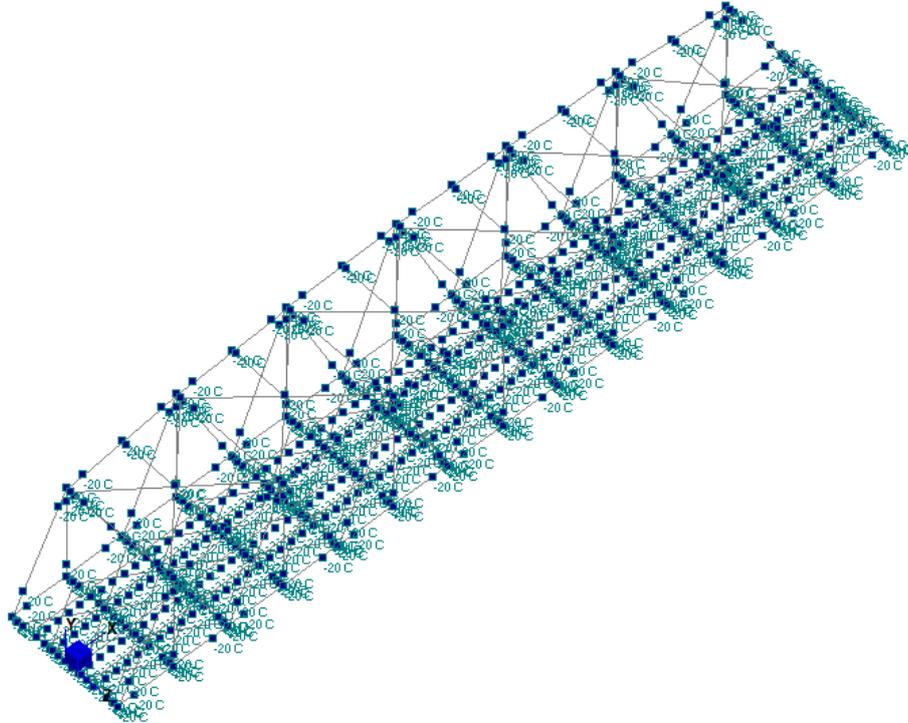


Figura 64 – Modello FEM – Condizione di carico: DTN\_con

### 10.9.2 Variazione termica non uniforme

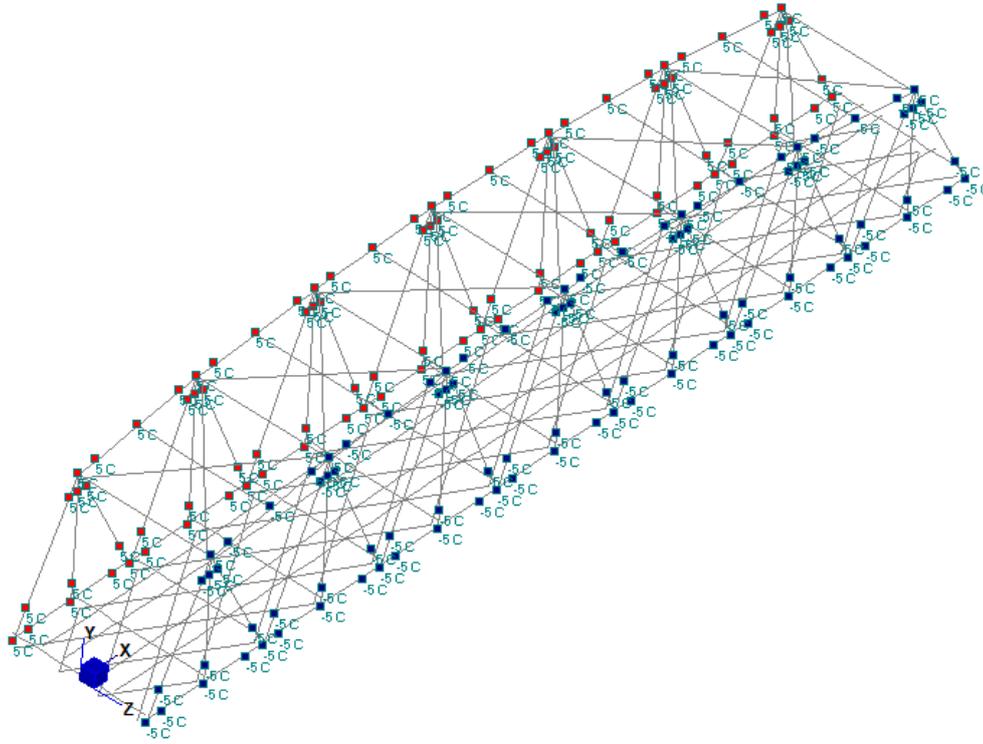
In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico di 5°C tra la soletta di calcestruzzo e la vasca in acciaio. Poiché la temperatura media della soletta in una diffusa casistica di strutture miste acciaio-clc è più alta di quella dell'acciaio, l'effetto di questa variazione termica differenziale si traduce in uno stato coattivo costituito da compressione nella soletta e una tenso-flessione della travata in acciaio.

Nel caso in esame essendo l'impalcato isostatico gli effetti secondari (dovuti all'iperstaticità) della temperatura sono nulli.

Per la verifica delle deformazioni orizzontali dell'impalcato è stata considerata una differenza di temperatura tra le superfici laterali più esterne dell'impalcato di 10°C, come mostrato nella figura seguente.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>91</b>



*Figura 65 – Modello FEM – Condizione di carico: DTM\_H*

### 10.10 RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI

La forza dovuta all'attrito dei vincoli mobili agisce orizzontalmente con un'intensità proporzionale alla loro reazione verticale, pertanto generalmente si calcolano tali azioni parassite orizzontali come aliquota delle rispettive azioni verticali. Convenzionalmente si considera una resistenza pari al 3% del carico verticale totale, dato dalla somma dei carichi permanenti e accidentali.

Tale azione è stata trattata allo scopo direttamente nel calcolo delle sottostrutture, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	92

## 10.11 AZIONE SISMICA (E)

Nome	Tipo	$\gamma_E$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
SISMA	Sismiche	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica del sito è definita in termini di:

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

L’accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per ogni stato limite considerato.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell’ALLEGATO B delle NTC.

### 10.11.1 Stati limite di progetto sismici

L’opera in questione rientra in particolare nell’ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria “Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina”, che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località, tra cui Termoli (CB), Campomarino (CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieuti / Chieuti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>93</b>

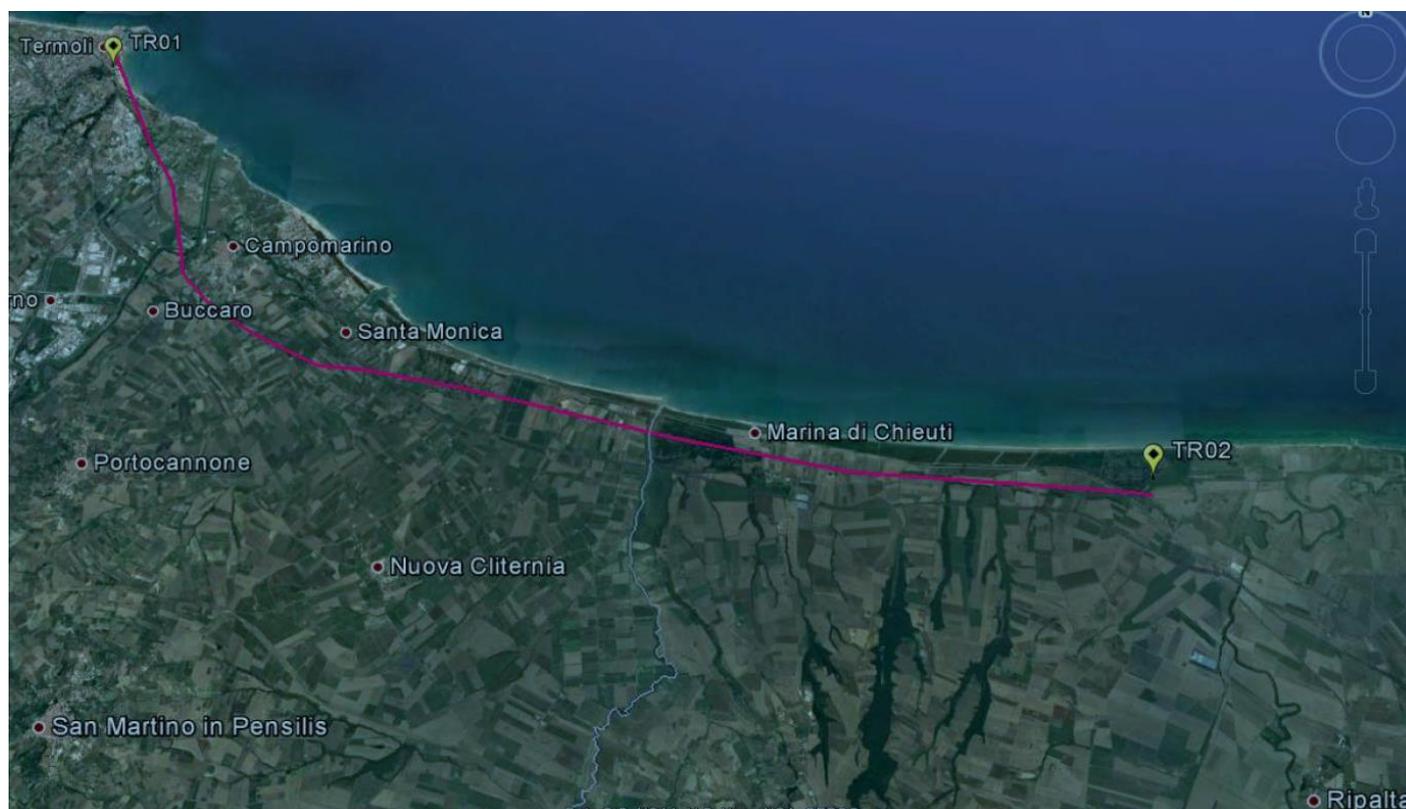


Figura 66- Configurazione planimetrica tracciato

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell’ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone sismiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell’area che evidenzia un graduale incremento dell’intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche “omogenee” individuate, sono quelle di seguito elencate:

Progr. Inizio	Progr. Fine	Località di Riferimento Azioni Sismiche	Zona sismica Locale
0	5.250,00	Campomarino(CB)	S1
5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	S2
10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	S3
18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	S4

Tabella 9 - Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

La vita nominale  $V_N$  delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	94

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale $V_N$ [Anni] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) – La stessa $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Per le opere definitive e tenendo conto delle indicazioni precedenti, si ha il periodo di riferimento della struttura  $V_R = 112.5$  anni, si possono pertanto individuare i seguenti stati limite:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.062	2.503	0.331
SLD	113	0.078	2.540	0.338
SLV	1068	0.178	2.561	0.393
SLC	2193	0.229	2.535	0.404

Tabella 10 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto (VI02)

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.071	2.498	0.313
SLD	113	0.089	2.534	0.324
SLV	1068	0.224	2.482	0.352
SLC	2193	0.293	2.461	0.358

Tabella 11 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto (VI06)

Con riferimento al §7 delle NTC 2008, le costruzioni caratterizzate nei confronti dello SLV, da  $a_g S \leq 0.075g$ , possono essere progettate e verificate con la sola verifica nei confronti dello SLV.

Con riferimento alle caratteristiche dell'opera, si sono analizzati i seguenti stati limite di progetto:

- *Stato limite di danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e

<p>MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</p> <p>MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.</p>	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																						
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td><b>LI0B</b></td> <td><b>02</b></td> <td><b>E</b></td> <td><b>ZZ</b></td> <td><b>CL</b></td> <td><b>VI</b></td> <td><b>00</b></td> <td><b>00</b></td> <td><b>001</b></td> <td><b>C</b></td> <td><b>95</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>95</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>95</b>													

di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 63\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.63) = 113 \text{ anni}$$

- *Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV):* a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 10\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.10) = 1068 \text{ anni}$$

### 10.11.2 Spettri di risposta

Dalle indagini sismiche (S1VP; S11V; MASWS14V; MASW4) è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo D fino a 4+828 (MASWS14V).

Categoria sottosuolo (VI06) "C"

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*

Categoria sottosuolo (VI02) "D"

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s*

Categoria topografica

"T1"

Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Lo spettro di risposta elastico orizzontale  $S_e(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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

T periodo di vibrazione orizzontale [s]

$S_e(T)$  accelerazione spettrale orizzontale [ $m/s^2$ ]

$S = S_S \cdot S_T$  coefficiente della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$S_S$  coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella seguente)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

- $S_T$  coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)  
 $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$  fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%  
 $\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso [%]  
 $F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima  
 $T_C = C_C \cdot T_C^*$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro  
 $C_C$  coefficiente definito nella tabella seguente  
 $T_B = T_C/3$  periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante  
 $T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1.00	1.00
B	$1.0 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.0 \leq 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.0 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Tabella 12 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 13 - Coefficienti di amplificazione topografica

Lo spettro di risposta elastico verticale  $S_{ve}(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

$T$  periodo di vibrazione verticale [s]

$S_{ve}(T)$  accelerazione spettrale verticale [m/s<sup>2</sup>]

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0,5}$  fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

I parametri  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  per la definizione dello spettro verticale sono indipendenti dalla categoria di suolo e assumono i valori riportati nella tabella seguente.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	97

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
A, B, C, D, E	1.0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

*Tabella 14 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale*

Le capacità dissipative della struttura possono essere considerate nella fase di analisi attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovreresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare è lo spettro elastico ridotto sostituendo nelle formule corrispondenti  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. Si assume comunque  $S_d(T) \geq 0,2a_g$ .

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

$q_0$  valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione

$K_R$  fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione

Il valore di  $q$  utilizzato per la componente verticale dell'azione sismica allo SLV, a meno di adeguate analisi giustificative, è  $q = 1.50$  per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è  $q = 1.00$ .

#### 10.11.2.0 Pile e spalle da ponte

Le capacità dissipative delle singole sottostrutture sono variabili a seconda di che si tratti delle pile o delle spalle.

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al Capitolo 4, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che: per le strutture di calcestruzzo armato, nessuna sezione superi la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione, come definita al § 7.4.4.1.2; per le strutture di calcestruzzo armato precompresso e per le strutture in carpenteria metallica, nessun materiale superi la deformazione di snervamento di progetto.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, la struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che, sotto l'azione sismica relativa allo SLV, essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile nel quale la dissipazione sia limitata alle pile.

Ai soli fini del progetto dei pali di fondazione, con riferimento al §7.2.5, è possibile considerare una limitata capacità dissipativa, dividendo per 1.50 le sollecitazioni sismiche sui pali derivanti dall'analisi strutturale con

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	98

comportamento non dissipativo. In questo caso, per una lunghezza pari a 10 diametri dalla sommità del palo, devono applicarsi i dettagli costruttivi di cui al §7.9.6.1 relativi alla CD“B”.

Gli elementi ai quali non è mai richiesta capacità dissipativa devono mantenere un comportamento sostanzialmente elastico; essi sono: gli elementi progettati per avere un comportamento non dissipativo, le porzioni esterne alle zone dissipative delle pile, l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione, le spalle, le pile che non scambiano azioni orizzontali con l'impalcato.

Per le due componenti orizzontali dell'azione sismica, nel caso di comportamento strutturale non dissipativo  $q_0 = 1.00$ , mentre per comportamento strutturale dissipativo i valori di  $q_0$  sono quelli di Tab. 7.3.II con le seguenti:

$$\lambda(\alpha) = 1.00 \quad \alpha \geq 3.00$$

$$(\alpha/3)^{0.5} \quad 3.00 > \alpha \geq 1.00$$

$$\alpha = L/H$$

L distanza della sezione di cerniera plastica dalla sezione di momento nullo

H dimensione della sezione nel piano di inflessione della cerniera plastica

Per gli elementi duttili di calcestruzzo armato si ha che per la scelta dei valori di  $q_0$  si ha:

$v_k < 0.30$	$q_0 =$ valori di Tab. 7.3.II
$0.30 < v_k < 0.60$	$q_0(v_k) = q_0(v_k=0.3) - (v_k / 0.3 - 1) * (q_0(v_k=0.3) - 1)$
$v_k = N_{Ed} / (A_c * f_{ck}) < 0.30$	sollecitazione di compressione normalizzata
$N_{Ed}$	sforzo di progetto
$A_c * f_{ck}$	resistenza a compressione semplice della sezione

In accordo al §7.9.2 delle NTC 2008, per le verifiche strutturali delle pile si considera classe di duttilità CD“B” e coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$ , per le spalle coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$ .

Per il dimensionamento dell'impalcato si considera, in analogia al calcolo delle sottostrutture, un coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$  per le direzioni orizzontali e  $q=1.00$  per la direzione verticale.

Per il dimensionamento degli appoggi si considera un coefficiente di struttura  $q_0 = 1.00$  per le direzioni orizzontali e  $q=1.00$  per la direzione verticale.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	99

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,178 g
$F_{q_s}$	2,561
$T_c$	0,393 s
$S_s$	1,715
$C_c$	1,995
$S_T$	1,000
q	1,000

**Parametri dipendenti**

S	1,715
$\eta$	1,000
$T_B$	0,261 s
$T_C$	0,783 s
$T_D$	2,314 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,306
$T_B \leftarrow$	0,261	0,783
$T_C \leftarrow$	0,783	0,783
	0,856	0,717
	0,929	0,661
	1,002	0,613
	1,075	0,571
	1,148	0,535
	1,221	0,503
	1,293	0,474
	1,366	0,449
	1,439	0,426
	1,512	0,406
	1,585	0,387
	1,658	0,370
	1,731	0,355
	1,804	0,340
	1,877	0,327
	1,949	0,315
	2,022	0,303
	2,095	0,293
	2,168	0,283
	2,241	0,274
$T_D \leftarrow$	2,314	0,265
	2,394	0,248
	2,474	0,232
	2,555	0,218
	2,635	0,205
	2,715	0,193
	2,796	0,182
	2,876	0,172
	2,956	0,162
	3,036	0,154
	3,117	0,146
	3,197	0,139
	3,277	0,132
	3,358	0,126
	3,438	0,120
	3,518	0,115
	3,599	0,110
	3,679	0,105
	3,759	0,100
	3,839	0,096
	3,920	0,092
	4,000	0,089

Tabella 15 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta elastico orizzontale allo SLV (VI02)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	100

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{sv}$	0.102 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
q	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.460
S	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{sv}}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.102
$T_B$	0.050	0.261
$T_C$	0.150	0.261
	0.235	0.166
	0.320	0.122
	0.405	0.097
	0.490	0.080
	0.575	0.068
	0.660	0.059
	0.745	0.052
	0.830	0.047
	0.915	0.043
$T_D$	1.000	0.039
	1.094	0.033
	1.188	0.028
	1.281	0.024
	1.375	0.021
	1.469	0.018
	1.563	0.016
	1.656	0.014
	1.750	0.013
	1.844	0.011
	1.938	0.010
	2.031	0.009
	2.125	0.009
	2.219	0.008
	2.313	0.007
	2.406	0.007
	2.500	0.006
	2.594	0.006
	2.688	0.005
	2.781	0.005
	2.875	0.005
	2.969	0.004
	3.063	0.004
	3.156	0.004
	3.250	0.004
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.003
	3.813	0.003
	3.906	0.003
	4.000	0.002

Tabella 16 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta elastico verticale allo SLV (VI02)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	101

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

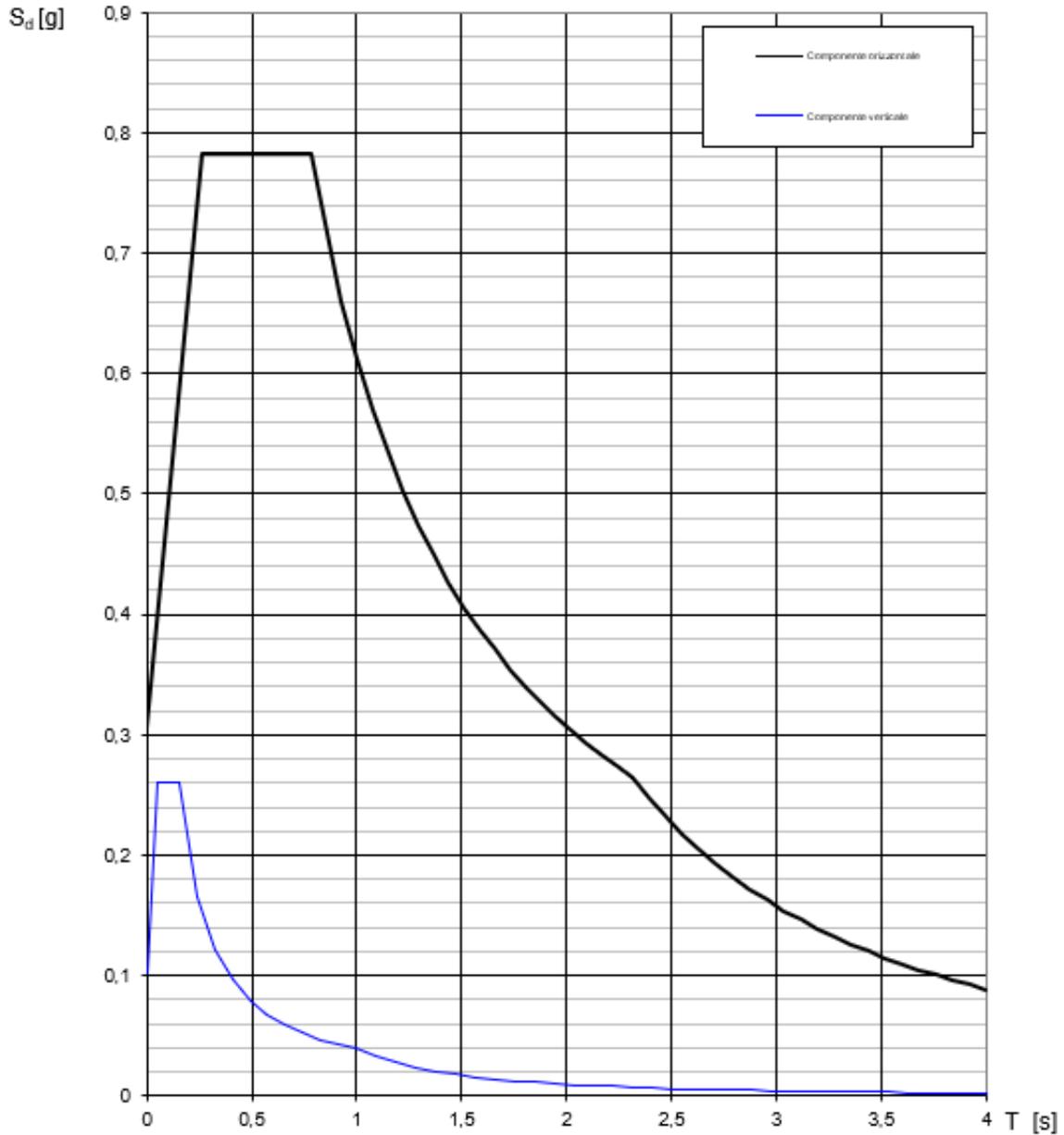


Figura 67 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale) (VI02)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	102

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.178 g
$F_o$	2.561
$T_c$	0.393 s
$S_s$	1.715
$C_c$	1.995
$S_T$	1.000
$q$	1.500

**Parametri dipendenti**

$S$	1.715
$\eta$	0.667
$T_B$	0.261 s
$T_C$	0.783 s
$T_D$	2.314 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.306
$T_B$	0.261	0.522
$T_C$	0.783	0.522
	0.856	0.478
	0.929	0.440
	1.002	0.408
	1.075	0.381
	1.148	0.356
	1.221	0.335
	1.293	0.316
	1.366	0.299
	1.439	0.284
	1.512	0.271
	1.585	0.258
	1.658	0.247
	1.731	0.236
	1.804	0.227
	1.877	0.218
	1.949	0.210
	2.022	0.202
	2.095	0.195
	2.168	0.189
	2.241	0.183
$T_D$	2.314	0.177
	2.394	0.165
	2.474	0.155
	2.555	0.145
	2.635	0.136
	2.715	0.128
	2.796	0.121
	2.876	0.114
	2.956	0.108
	3.036	0.103
	3.117	0.097
	3.197	0.093
	3.277	0.088
	3.358	0.084
	3.438	0.080
	3.518	0.076
	3.599	0.073
	3.679	0.070
	3.759	0.067
	3.839	0.064
	3.920	0.062
	4.000	0.059

Tabella 17 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta di progetto orizzontale allo SLV (VI02)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	103

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{av}$	0.102 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
q	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.460
S	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.102
$T_B$	0.050	0.261
$T_C$	0.150	0.261
	0.235	0.166
	0.320	0.122
	0.405	0.097
	0.490	0.080
	0.575	0.068
	0.660	0.059
	0.745	0.052
	0.830	0.047
	0.915	0.043
$T_D$	1.000	0.039
	1.094	0.033
	1.188	0.028
	1.281	0.024
	1.375	0.021
	1.469	0.018
	1.563	0.016
	1.656	0.014
	1.750	0.013
	1.844	0.011
	1.938	0.010
	2.031	0.009
	2.125	0.009
	2.219	0.008
	2.313	0.007
	2.406	0.007
	2.500	0.006
	2.594	0.006
	2.688	0.005
	2.781	0.005
	2.875	0.005
	2.969	0.004
	3.063	0.004
	3.156	0.004
	3.250	0.004
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.003
	3.813	0.003
	3.906	0.003
	4.000	0.002

Tabella 18 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta di progetto verticale allo SLV (VI02)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	104

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

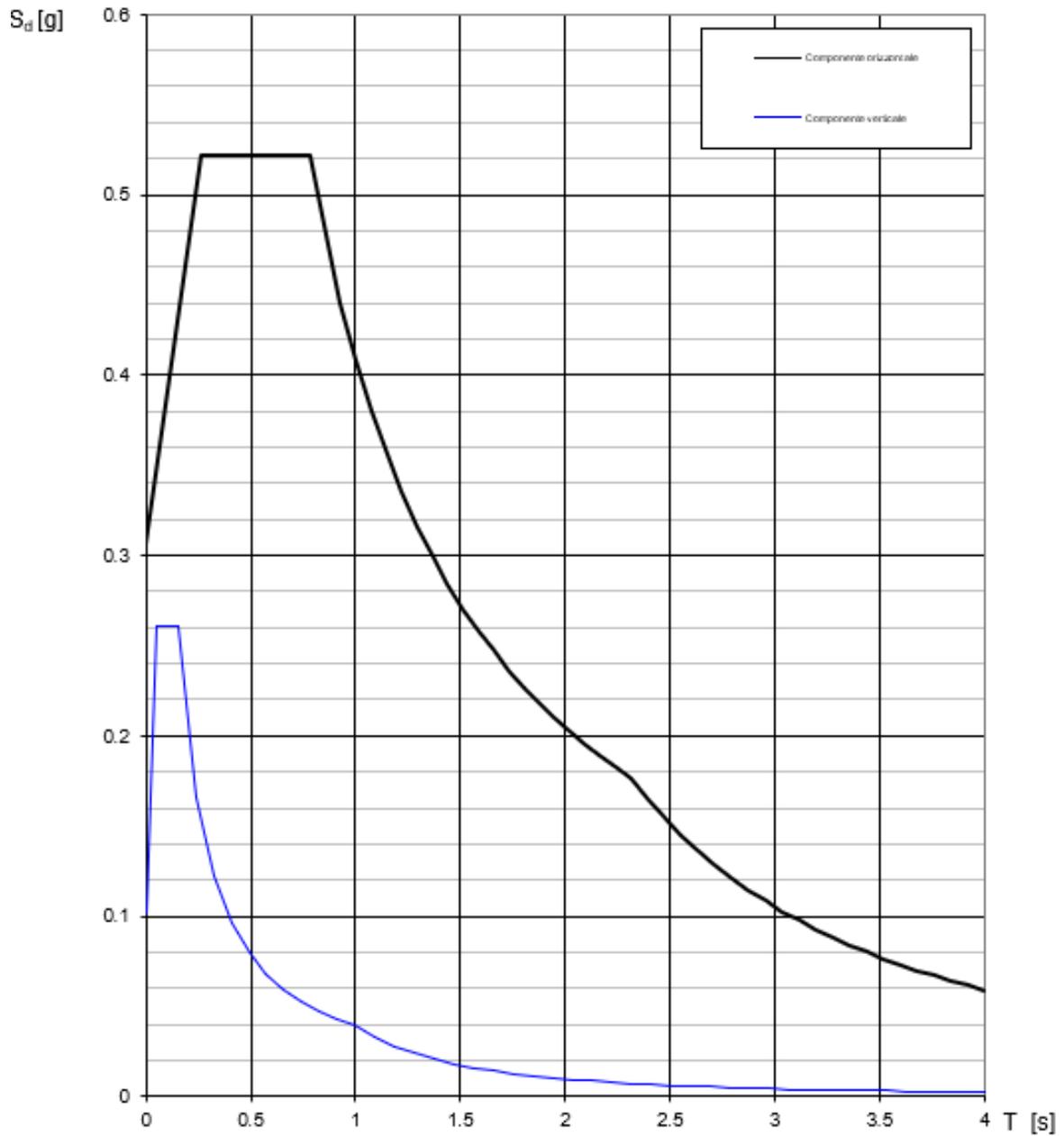


Figura 68 – Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale) (VI02)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	105

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.224 g
$F_o$	2.482
$T_c$	0.352 s
$S_s$	1.366
$C_c$	1.482
$S_T$	1.000
q	1.000

**Parametri dipendenti**

S	1.366
$\eta$	1.000
$T_B$	0.174 s
$T_C$	0.522 s
$T_D$	2.498 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.307
$T_B$	0.174	0.761
$T_C$	0.522	0.761
	0.616	0.645
	0.710	0.559
	0.804	0.494
	0.898	0.442
	0.992	0.400
	1.086	0.365
	1.180	0.336
	1.274	0.311
	1.369	0.290
	1.463	0.271
	1.557	0.255
	1.651	0.240
	1.745	0.227
	1.839	0.216
	1.933	0.205
	2.027	0.196
	2.121	0.187
	2.216	0.179
	2.310	0.172
	2.404	0.165
$T_D$	2.498	0.159
	2.569	0.150
	2.641	0.142
	2.712	0.135
	2.784	0.128
	2.855	0.122
	2.927	0.116
	2.999	0.110
	3.070	0.105
	3.142	0.100
	3.213	0.096
	3.285	0.092
	3.356	0.088
	3.428	0.084
	3.499	0.081
	3.571	0.078
	3.642	0.075
	3.714	0.072
	3.785	0.069
	3.857	0.067
	3.928	0.064
	4.000	0.062

Tabella 19 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta elastico orizzontale allo SLV (VI06)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	106

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{av}$	0.144 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.587
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.144
$T_B$	0.050	0.356
$T_C$	0.150	0.356
	0.235	0.227
	0.320	0.167
	0.405	0.132
	0.490	0.109
	0.575	0.093
	0.660	0.081
	0.745	0.072
	0.830	0.064
	0.915	0.058
$T_D$	1.000	0.053
	1.094	0.045
	1.188	0.038
	1.281	0.033
	1.375	0.028
	1.469	0.025
	1.563	0.022
	1.656	0.019
	1.750	0.017
	1.844	0.016
	1.938	0.014
	2.031	0.013
	2.125	0.012
	2.219	0.011
	2.313	0.010
	2.406	0.009
	2.500	0.009
	2.594	0.008
	2.688	0.007
	2.781	0.007
	2.875	0.006
	2.969	0.006
	3.063	0.006
	3.156	0.005
	3.250	0.005
	3.344	0.005
	3.438	0.005
	3.531	0.004
	3.625	0.004
	3.719	0.004
	3.813	0.004
	3.906	0.004
	4.000	0.003

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_{av}}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

Tabella 20 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta elastico verticale allo SLV (VI06)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	107

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

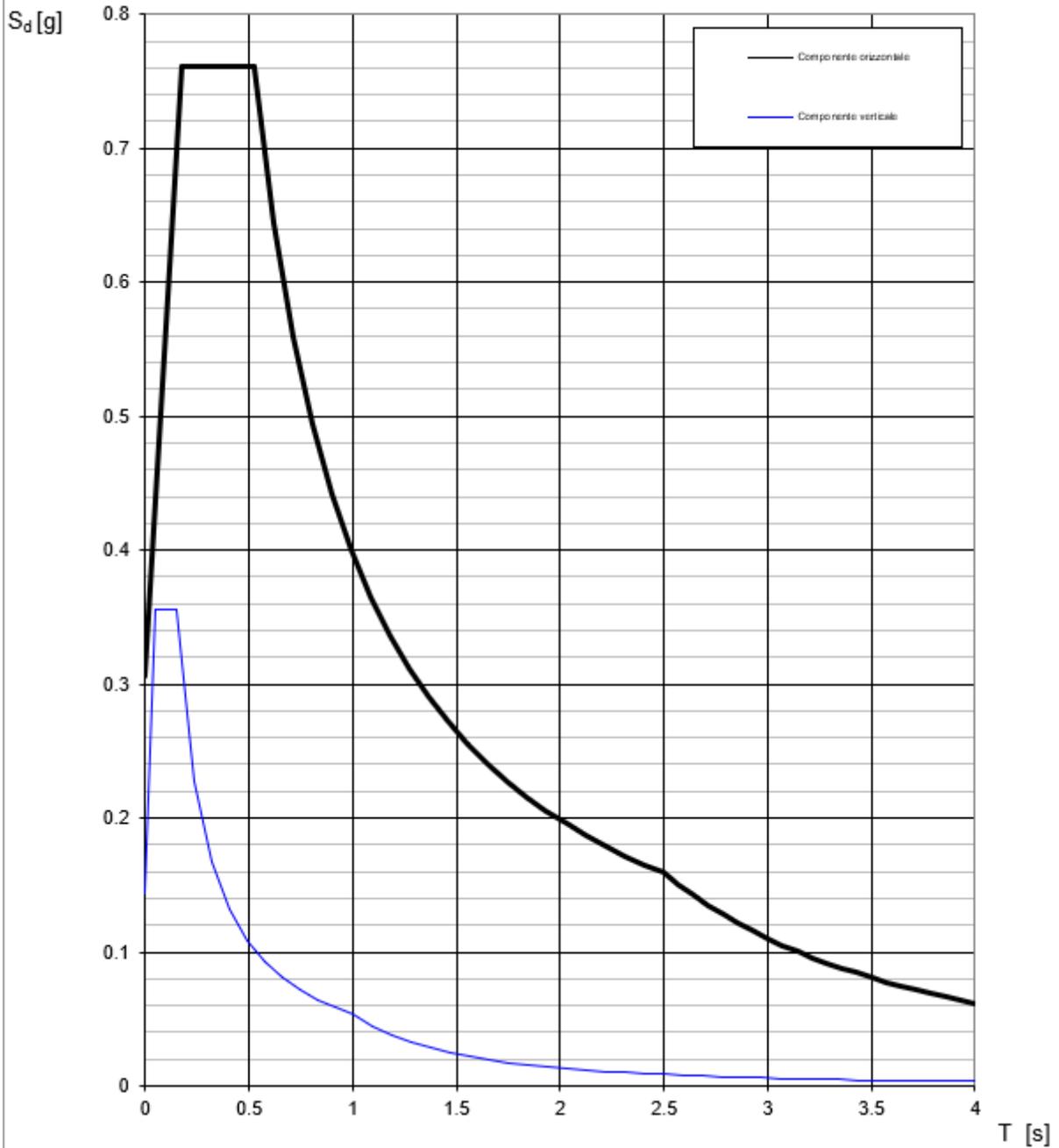


Figura 69 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale) (VI06)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	108

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.224 g
$F_o$	2.482
$T_c$	0.352 s
$S_s$	1.366
$C_c$	1.482
$S_T$	1.000
q	1.500

**Parametri dipendenti**

S	1.366
$\eta$	0.667
$T_B$	0.174 s
$T_C$	0.522 s
$T_D$	2.498 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.307
$T_B$	0.174	0.507
$T_C$	0.522	0.507
	0.616	0.430
	0.710	0.373
	0.804	0.329
	0.898	0.295
	0.992	0.267
	1.086	0.244
	1.180	0.224
	1.274	0.208
	1.369	0.193
	1.463	0.181
	1.557	0.170
	1.651	0.160
	1.745	0.152
	1.839	0.144
	1.933	0.137
	2.027	0.131
	2.121	0.125
	2.216	0.119
	2.310	0.115
	2.404	0.110
$T_D$	2.498	0.106
	2.569	0.100
	2.641	0.095
	2.712	0.090
	2.784	0.085
	2.855	0.081
	2.927	0.077
	2.999	0.074
	3.070	0.070
	3.142	0.067
	3.213	0.064
	3.285	0.061
	3.356	0.059
	3.428	0.056
	3.499	0.054
	3.571	0.052
	3.642	0.050
	3.714	0.048
	3.785	0.046
	3.857	0.045
	3.928	0.045
	4.000	0.045

Tabella 21 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta di progetto orizzontale allo SLV (VI06)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	109

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.144 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
q	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.587
S	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.144
$T_B$	0.050	0.356
$T_C$	0.150	0.356
	0.235	0.227
	0.320	0.167
	0.405	0.132
	0.490	0.109
	0.575	0.093
	0.660	0.081
	0.745	0.072
	0.830	0.064
	0.915	0.058
$T_D$	1.000	0.053
	1.094	0.045
	1.188	0.038
	1.281	0.033
	1.375	0.028
	1.469	0.025
	1.563	0.022
	1.656	0.019
	1.750	0.017
	1.844	0.016
	1.938	0.014
	2.031	0.013
	2.125	0.012
	2.219	0.011
	2.313	0.010
	2.406	0.009
	2.500	0.009
	2.594	0.008
	2.688	0.007
	2.781	0.007
	2.875	0.006
	2.969	0.006
	3.063	0.006
	3.156	0.005
	3.250	0.005
	3.344	0.005
	3.438	0.005
	3.531	0.004
	3.625	0.004
	3.719	0.004
	3.813	0.004
	3.906	0.004
	4.000	0.003

Tabella 22 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta di progetto verticale allo SLV (VI06)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	110

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

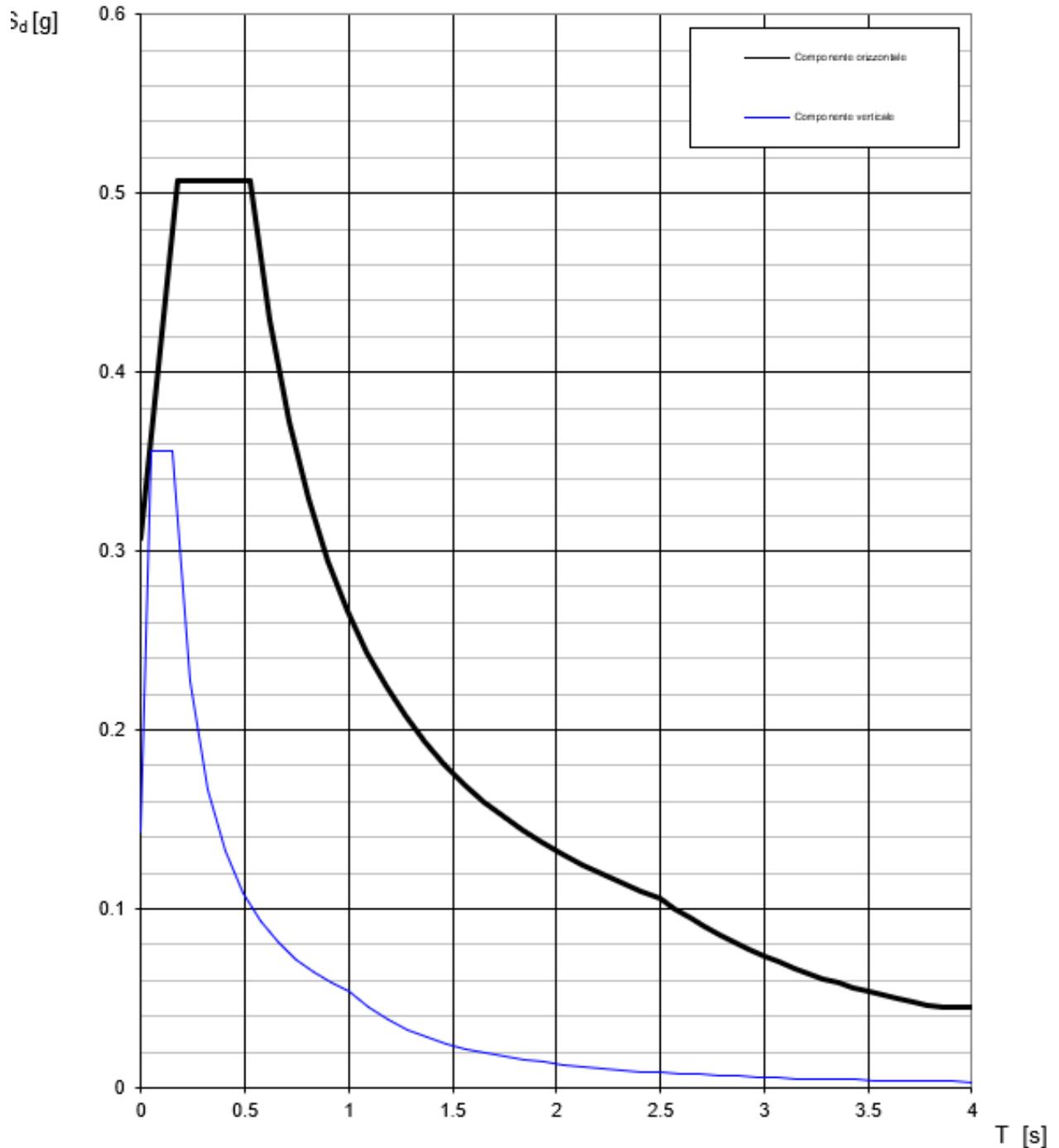


Figura 70 – Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale) (VI06)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

### 10.11.3 Amplificazione sismica di progetto

#### 10.11.3.0 Metodo dinamico per strutture generiche

Le azioni inerziali  $E_h$  e  $E_v$  associate alle masse degli elementi strutturali dei carichi permanenti strutturali e non strutturali sono determinati incrementando le masse schematizzate nel modello di calcolo secondo gli spettri di progetto secondo le seguenti relazioni:

$$E_h = G \cdot S_e(T) \quad \text{azione inerziale orizzontale}$$

$$E_v = G \cdot S_{ve}(T) \quad \text{azione inerziale verticale}$$

Si è tenuto conto della variabilità del moto sismico orizzontale considerando le due direzioni principali di oscillazione, in accordo con il §7.3.5 delle NTC, secondo le seguenti relazioni:

$$E_1 = E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

$$E_2 = 0.30 \cdot E_x + E_y + 0.30 \cdot E_z$$

$$E_3 = 0.30 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + E_z$$

Con riferimento al §7.3.3 delle NTC, si utilizza l'analisi dinamica modale allo spettro di risposta combinando i modi di vibrare naturali, rilevati dall'analisi di frequenza, con la magnitudine dello spettro di progetto, secondo la combinazione quadratica completa (CQC):

$$E = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

$E_j (E_i)$  valore dell'effetto relativo al modo j-esimo (i-esimo)

$$\rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij}^{3/2}}{(1 + \beta_{ij}) \cdot ((1 - \beta_{ij})^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij})} \quad \text{coefficiente correlazione modo i-esimo e modo j-esimo}$$

$\xi = 5\%$  smorzamento viscoso

$\beta_{ij} = T_j / T_i$  rapporto tra l'inverso dei periodi i-esimo e j-esimo

Le azioni inerziali  $E$  sono determinate direttamente nel software di calcolo combinando i modi di vibrare principali, determinati con l'analisi dinamica modale, con lo spettro di risposta di progetto, definito dalle curve di normativa.

#### 10.11.3.1 Azioni inerziali masse

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2008, si considera in fase sismica il contributo delle azioni accidentali come previsto per i ponti ferroviari, pari al 20% del sovraccarico nominale:

$$G = G_1 + G_2 + \sum \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$G$  massa totale efficace

$G_1$  masse dei pesi propri strutturali

$G_2$  masse dei carichi permanenti non strutturali (permanenti, terreno)

$Q_{kj}$  masse dei carichi accidentali

$\Psi_{2j} = 0.2$  se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	112

Le azioni inerziali orizzontali  $E_x$  e verticali  $E_y$  delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri  $G$  con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica  $k_h$  e  $k_v$ :

$$E_x = G \cdot k_h \quad \text{azione inerziale orizzontale}$$

$$E_y = G \cdot k_v \quad \text{azione inerziale verticale}$$

$$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q \quad \text{masse efficaci sismiche}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

## 11. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico implementate nel modello di calcolo sono riportate in allegato alla presente relazione.

## 12. ANALISI DINAMICA

### 12.1 PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO

Questa verifica viene eseguita per controllare l'affidabilità dei coefficienti di incremento dinamico  $\phi_3$  definiti al §10.4.1.11 e utilizzati nella valutazione dei carichi da treno. Essa consiste nell'accertare che la frequenza propria  $n_0$  sia contenuta all'interno del fuso in fig. 2.5.1.4.2.4-2 del MdP.

Il limite superiore del fuso è pari a  $94.76 \cdot L^{-0.748} = 3.46$  Hz

Il limite inferiore del fuso è pari a  $23.58 \cdot L^{-0.592} = 1.94$  Hz

$n_0 = 17.75 / (\delta_0)^{0.5} = 2.31$  Hz

dove  $\delta_0$  è la freccia sotto i carichi permanenti, pari a  $\delta_0 = 59.18$  mm

Prima frequenza propria impalcato	
L (m)	68,25
f (mm)	59,18
$n_0$ (Hz)	2,31
$n_{0,lim-sup}$ (Hz)	3,46
$n_{0,lim-inf}$ (Hz)	1,94
$n_{0,lim-sup} > n_0 > n_{0,lim-inf}$	VERO

Essendo quindi  $n_0 \geq n_{0,lim}$  la verifica è soddisfatta.

### 12.2 ANALISI DINAMICA MODALE

Si sono analizzati i primi 200 modi di vibrare, per una massa partecipante totale per ogni direzione di eccitazione superiore al 85% come richiesto dalle NTC 2018, e si sono calcolate le sollecitazioni sismiche combinando i singoli modi secondo il metodo CQC.

Dato che il modello strutturale presenta molteplici modi di vibrazione locali, le analisi allo spettro di risposta implementate sono state eseguite filtrando i modi di vibrazione principali più significativi, di seguito descritti.

#### MODAL DATA

Mode	Frequency	Damping Ratio
1	3.237744E-01	5.000000E-02
3	3.243065E-01	5.000000E-02
7	3.256980E-01	5.000000E-02
12	6.236705E-01	5.000000E-02
14	6.238227E-01	5.000000E-02
15	1.139324E+00	5.000000E-02

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>114</b>

16	2.086562E+00	5.000000E-02
17	2.487264E+00	5.000000E-02
18	2.740241E+00	5.000000E-02
19	3.254511E+00	5.000000E-02
21	3.321351E+00	5.000000E-02
22	3.332434E+00	5.000000E-02
23	3.334452E+00	5.000000E-02
24	3.335555E+00	5.000000E-02
25	3.336166E+00	5.000000E-02
27	3.336501E+00	5.000000E-02
28	3.336897E+00	5.000000E-02
30	3.337348E+00	5.000000E-02
32	3.338782E+00	5.000000E-02
46	3.460132E+00	5.000000E-02
47	3.827907E+00	5.000000E-02
48	4.197790E+00	5.000000E-02
49	4.303557E+00	5.000000E-02
50	4.356601E+00	5.000000E-02
51	4.613752E+00	5.000000E-02
52	4.768524E+00	5.000000E-02
56	4.833182E+00	5.000000E-02
57	5.035837E+00	5.000000E-02
60	5.189692E+00	5.000000E-02
66	6.269008E+00	5.000000E-02
75	6.556115E+00	5.000000E-02
76	6.642635E+00	5.000000E-02
177	8.559199E+00	5.000000E-02
199	9.074651E+00	5.000000E-02
200	9.211032E+00	5.000000E-02

EXCITATION CASE 1/3 : "SLV X"  
 DIRECTION VECTOR : ( 9.810000E+00, 0.000000E+00, 0.000000E+00)  
 SPECTRAL TABLE : "SLV H q=1.5"

**MODAL EXCITATION**

Mode	Spectral Value	Excitation	Amplitude	Participation (%)
1	9.910594E-02	1.627147E+03	3.896562E+01	1.012
3	9.948127E-02	2.138298E+03	5.123168E+01	1.747
7	1.004571E-01	2.028869E+03	4.866815E+01	1.573
12	2.552258E-01	1.897047E+03	3.153061E+01	1.375
14	2.552847E-01	1.121622E+03	1.863757E+01	0.481
15	4.666971E-01	1.793743E+00	1.633583E-02	0.000
16	5.220000E-01	4.916346E+03	1.493105E+01	9.235
17	5.220000E-01	1.009050E+02	2.156650E-01	0.004
18	5.220000E-01	5.788384E+01	1.019273E-01	0.001
19	5.220000E-01	2.967339E+03	3.704301E+00	3.364
21	5.220000E-01	1.114712E+03	1.336115E+00	0.475
22	5.220000E-01	5.977230E+02	7.116848E-01	0.137
23	5.220000E-01	2.456611E+02	2.921448E-01	0.023
24	5.220000E-01	3.869849E+01	4.599056E-02	0.001
25	5.220000E-01	5.044607E+02	5.992981E-01	0.097
27	5.220000E-01	8.578984E+01	1.018976E-01	0.003
28	5.220000E-01	2.271559E+02	2.697424E-01	0.020
30	5.220000E-01	1.873950E+02	2.224671E-01	0.013
32	5.220000E-01	2.660254E+02	3.155424E-01	0.027
46	5.220000E-01	7.570609E+03	8.360962E+00	21.899
47	5.220000E-01	1.134935E+04	1.024139E+01	49.216
48	5.031481E-01	3.960284E+01	2.864317E-02	0.001
49	4.983028E-01	1.047607E+01	7.139651E-03	0.000
50	4.959614E-01	6.731445E+00	4.455544E-03	0.000
51	4.853738E-01	3.549097E+01	2.049869E-02	0.000
52	4.795518E-01	1.653888E+01	8.835150E-03	0.000
56	4.772301E-01	2.055068E+01	1.063476E-02	0.000

<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>115</b>

57	4.703394E-01	2.710281E+01	1.273277E-02	0.000
60	4.654673E-01	2.463157E+03	1.078297E+00	2.318
66	4.380123E-01	6.397352E+02	1.806047E-01	0.156
75	4.322312E-01	3.383980E+02	8.619679E-02	0.044
76	4.305870E-01	1.444578E+02	3.570765E-02	0.008
177	4.026897E-01	2.081865E+02	2.898658E-02	0.017
199	3.971976E-01	1.820054E+02	2.223675E-02	0.013
200	3.958473E-01	9.413962E+01	1.112561E-02	0.003

-----  
TOTAL MASS PARTICIPATION 93.262%

Maximum Response Results Using CQC Combination...

EXCITATION CASE 2/3 : "SLV Y"  
DIRECTION VECTOR : ( 0.000000E+00,-9.810000E+00, 0.000000E+00)  
SPECTRAL TABLE : "SLV V q=1"

MODAL EXCITATION

Mode	Spectral Value	Excitation	Amplitude	Participation (%)
1	4.000000E-03	8.053633E+00	7.784074E-03	0.000
3	4.000000E-03	1.084286E+01	1.044559E-02	0.000
7	4.000000E-03	1.128384E+01	1.077772E-02	0.000
12	1.513095E-02	4.779677E+01	4.709715E-02	0.001
14	1.513937E-02	3.987885E+00	3.929779E-03	0.000
15	4.475466E-02	2.066124E+01	1.804431E-02	0.000
16	8.214857E-02	1.357578E+04	6.488468E+00	70.419
17	9.786817E-02	1.729405E+02	6.930025E-02	0.011
18	1.087849E-01	1.555679E+01	5.708886E-03	0.000
19	1.285918E-01	6.527062E+02	2.007242E-01	0.163
21	1.317927E-01	1.305468E+03	3.950647E-01	0.651
22	1.323110E-01	1.088088E+02	3.283803E-02	0.005
23	1.324051E-01	4.413045E+02	1.331172E-01	0.074
24	1.324564E-01	8.554675E-01	2.579767E-04	0.000
25	1.324848E-01	2.561844E+02	7.724382E-02	0.025
27	1.325004E-01	1.619138E+02	4.881562E-02	0.010
28	1.325188E-01	5.246804E+02	1.581710E-01	0.105
30	1.325398E-01	2.354777E+02	7.097954E-02	0.021
32	1.326064E-01	1.094756E+03	3.298724E-01	0.458
46	1.380438E-01	6.666570E+02	1.947037E-01	0.170
47	1.524173E-01	4.499094E+03	1.185432E+00	7.734
48	1.643329E-01	1.106724E+01	2.614343E-03	0.000
49	1.689440E-01	1.226671E+01	2.834366E-03	0.000
50	1.721060E-01	4.836554E+00	1.110905E-03	0.000
51	1.864045E-01	1.000008E+02	2.218155E-02	0.004
52	1.942670E-01	4.015908E+00	8.690705E-04	0.000
56	1.974025E-01	7.883830E+00	1.687578E-03	0.000
57	2.067083E-01	4.266362E+01	8.808719E-03	0.001
60	2.132880E-01	4.840147E+02	9.709172E-02	0.090
66	2.503657E-01	3.022471E+03	4.877301E-01	3.490
75	2.581731E-01	9.526054E+01	1.449343E-02	0.003
76	2.603935E-01	1.564376E+03	2.338464E-01	0.935
177	2.610000E-01	1.547641E+03	1.396641E-01	0.915
199	2.610000E-01	1.845372E+03	1.481511E-01	1.301
200	2.610000E-01	8.133322E+02	6.337706E-02	0.253

-----  
TOTAL MASS PARTICIPATION 86.841%

Maximum Response Results Using CQC Combination...

EXCITATION CASE 3/3 : "SLV Z"  
DIRECTION VECTOR : ( 0.000000E+00, 0.000000E+00,-9.810000E+00)  
SPECTRAL TABLE : "SLV H q=1.5"

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	116

MODAL EXCITATION

Mode	Spectral Value	Excitation	Amplitude	Participation (%)
1	9.910594E-02	5.744439E-02	1.375632E-03	0.000
3	9.948127E-02	7.431014E-02	1.780403E-03	0.000
7	1.004571E-01	8.468483E-02	2.031404E-03	0.000
12	2.552258E-01	5.753530E+00	9.562882E-02	0.000
14	2.552847E-01	1.784125E+00	2.964612E-02	0.000
15	4.666971E-01	1.444613E+04	1.315626E+02	79.738
16	5.220000E-01	2.924258E+01	8.881036E-02	0.000
17	5.220000E-01	9.460550E+02	2.022011E+00	0.342
18	5.220000E-01	1.437383E+02	2.531079E-01	0.008
19	5.220000E-01	1.688660E-01	2.108052E-04	0.000
21	5.220000E-01	3.675843E+00	4.405938E-03	0.000
22	5.220000E-01	2.702382E-01	3.217618E-04	0.000
23	5.220000E-01	1.384052E+00	1.645941E-03	0.000
24	5.220000E-01	5.231432E-02	6.217206E-05	0.000
25	5.220000E-01	1.186347E+00	1.409377E-03	0.000
27	5.220000E-01	2.730016E+00	3.242600E-03	0.000
28	5.220000E-01	3.180635E+00	3.776931E-03	0.000
30	5.220000E-01	1.251662E+00	1.485918E-03	0.000
32	5.220000E-01	8.627516E+00	1.023341E-02	0.000
46	5.220000E-01	5.599793E+00	6.184398E-03	0.000
47	5.220000E-01	2.686582E+00	2.424309E-03	0.000
48	5.031481E-01	1.682642E+01	1.216988E-02	0.000
49	4.983028E-01	1.498344E+03	1.021151E+00	0.858
50	4.959614E-01	6.968999E+02	4.612782E-01	0.186
51	4.853738E-01	3.820932E+03	2.206874E+00	5.578
52	4.795518E-01	1.419824E+03	7.584766E-01	0.770
56	4.772301E-01	2.058647E+03	1.065329E+00	1.619
57	4.703394E-01	6.698326E+02	3.146840E-01	0.171
60	4.654673E-01	1.210802E+01	5.300534E-03	0.000
66	4.380123E-01	2.952469E+00	8.335167E-04	0.000
75	4.322312E-01	1.732703E+00	4.413542E-04	0.000
76	4.305870E-01	9.916430E+00	2.451183E-03	0.000
177	4.026897E-01	6.626883E+01	9.226857E-03	0.002
199	3.971976E-01	1.309994E+03	1.600502E-01	0.656
200	3.958473E-01	2.401751E+03	2.838437E-01	2.204

TOTAL MASS PARTICIPATION

92.133%

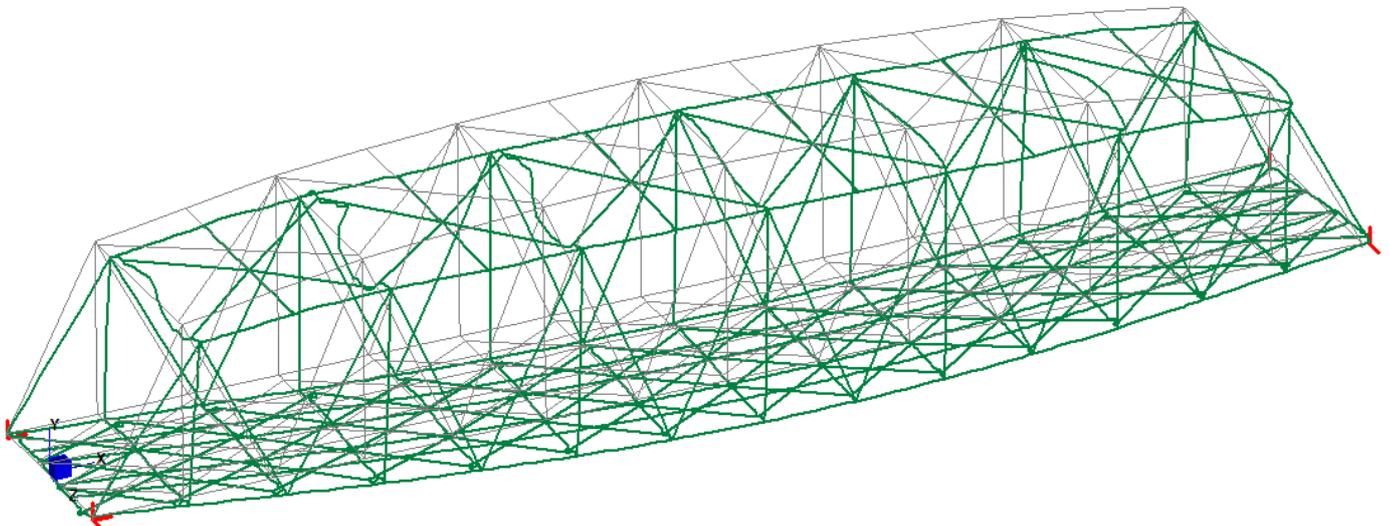
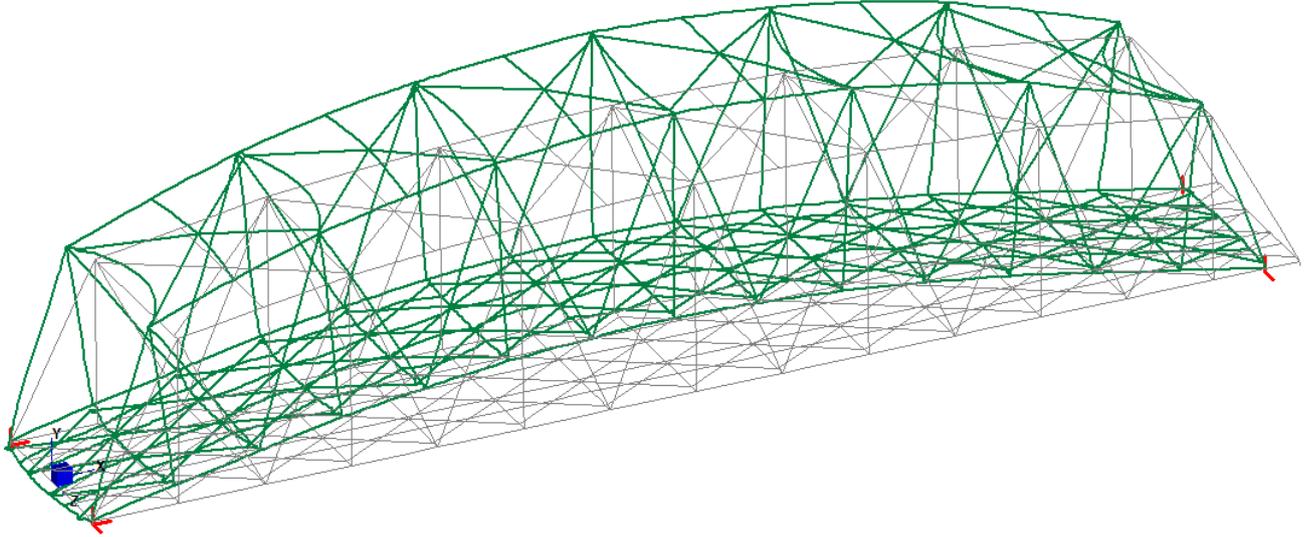


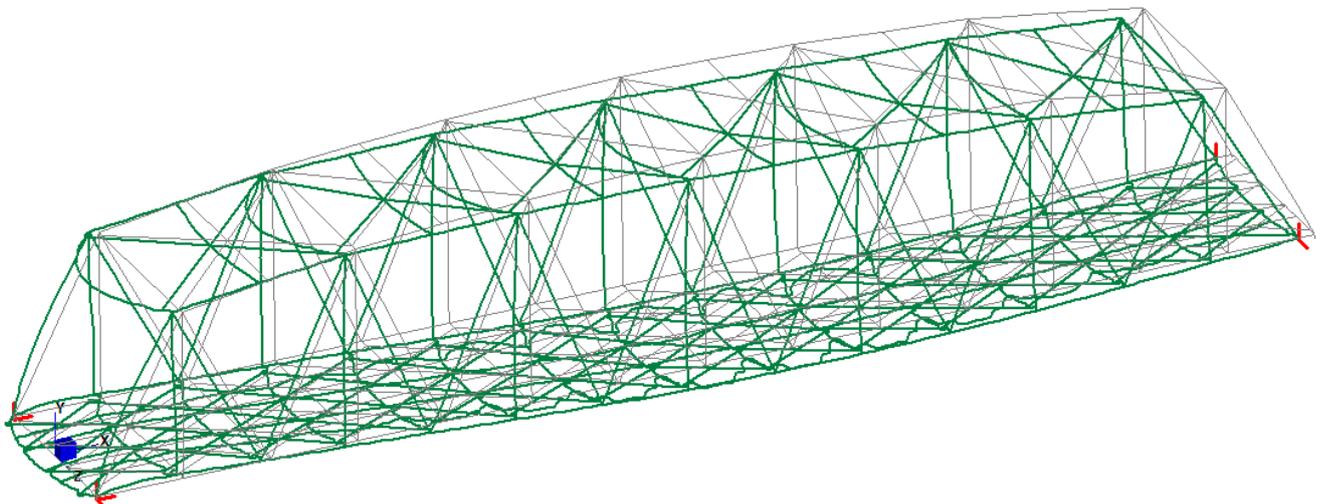
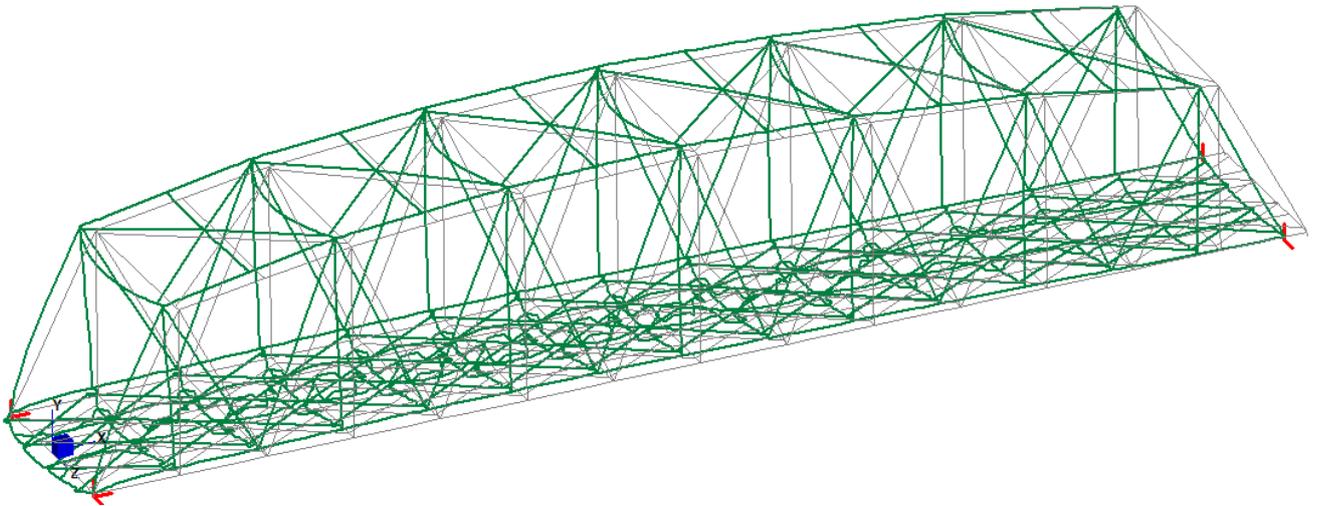
Figura 71 – Modello FEM – Deformata qualitativa principale modo trasversale n°15

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	117



*Figura 72 – Modello FEM – Deformata qualitativa principale modo verticale n°16*



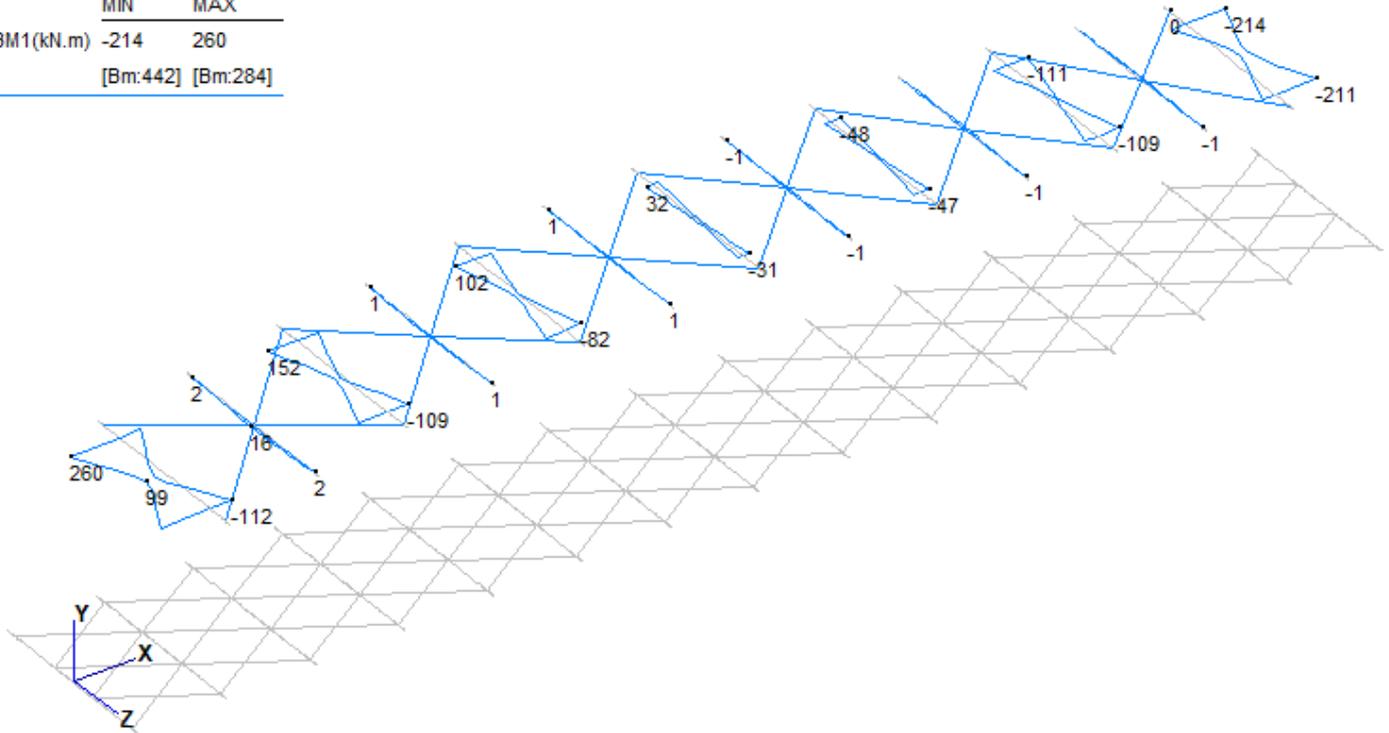
*Figura 73 – Modello FEM – Deformata qualitativa principali modo longitudinale n°46-47*



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	119

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-214	260
	[Bm:442]	[Bm:284]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-365	338
	[Bm:284]	[Bm:284]

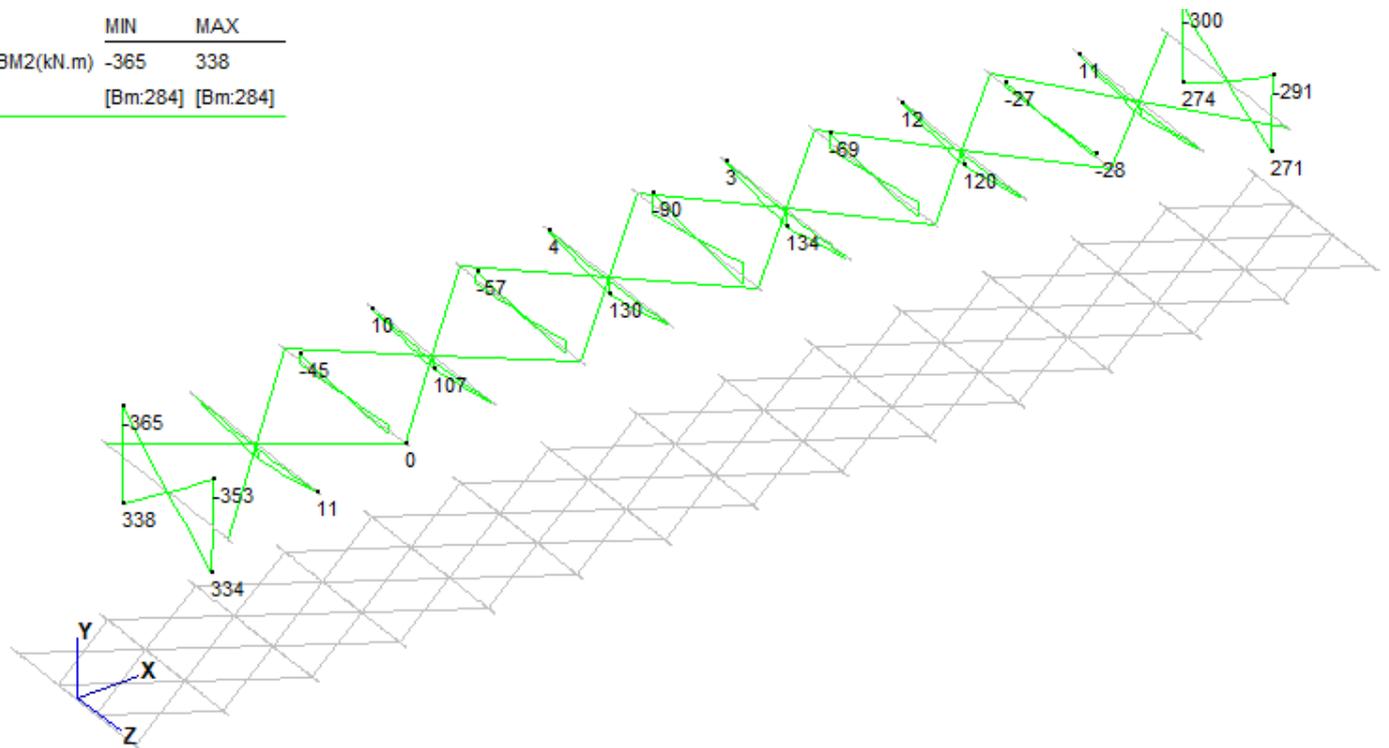
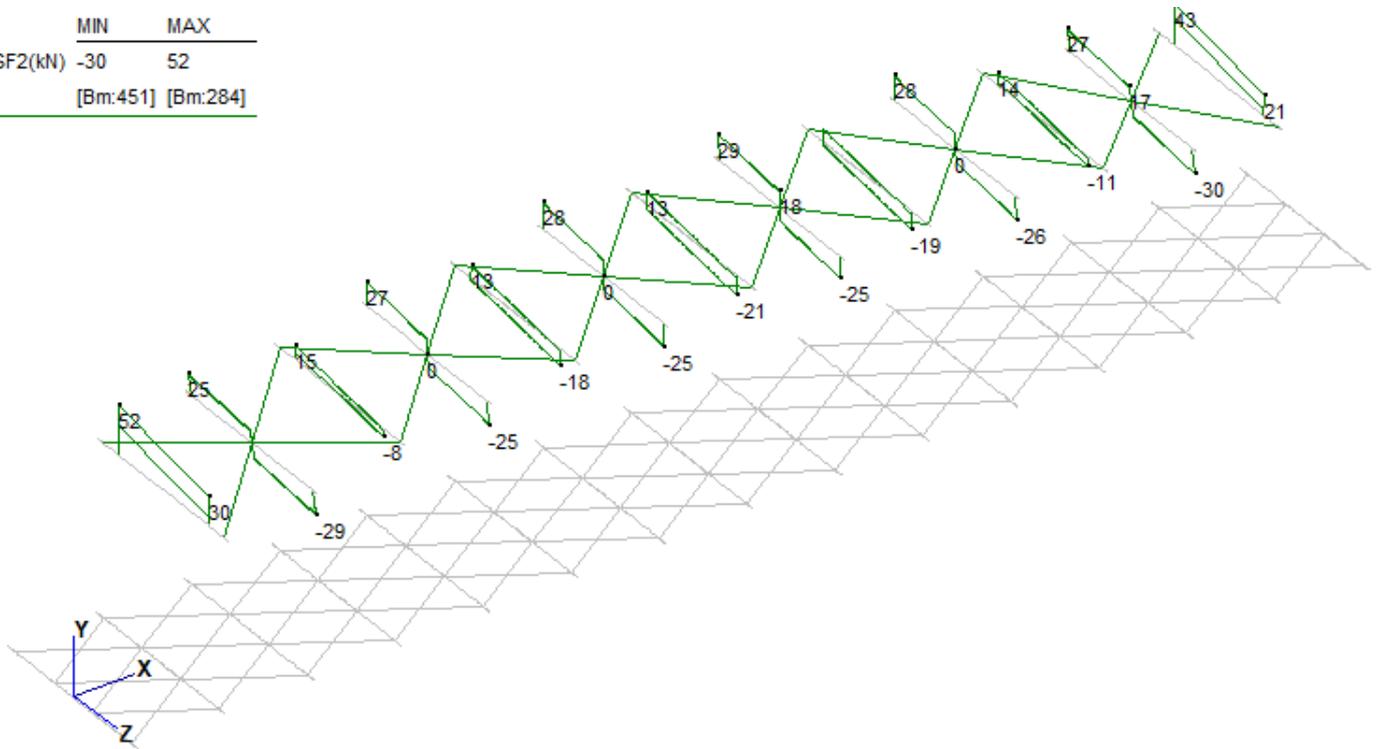


Figura 75 – Modello FEM – Env.SLV – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	120

	MIN	MAX
SF2(kN)	-30	52
	[Bm:451]	[Bm:284]



	MIN	MAX
SF1(kN)	-22	16
	[Bm:284]	[Bm:442]

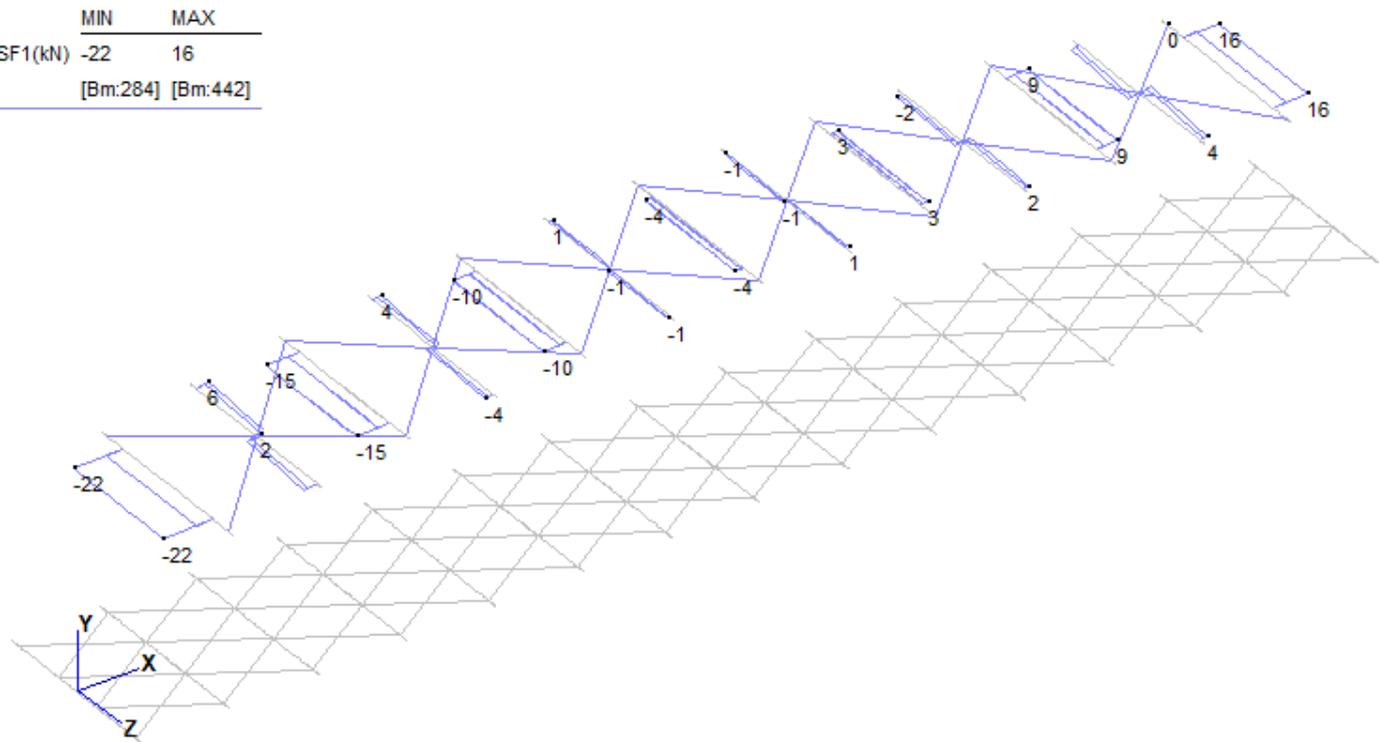
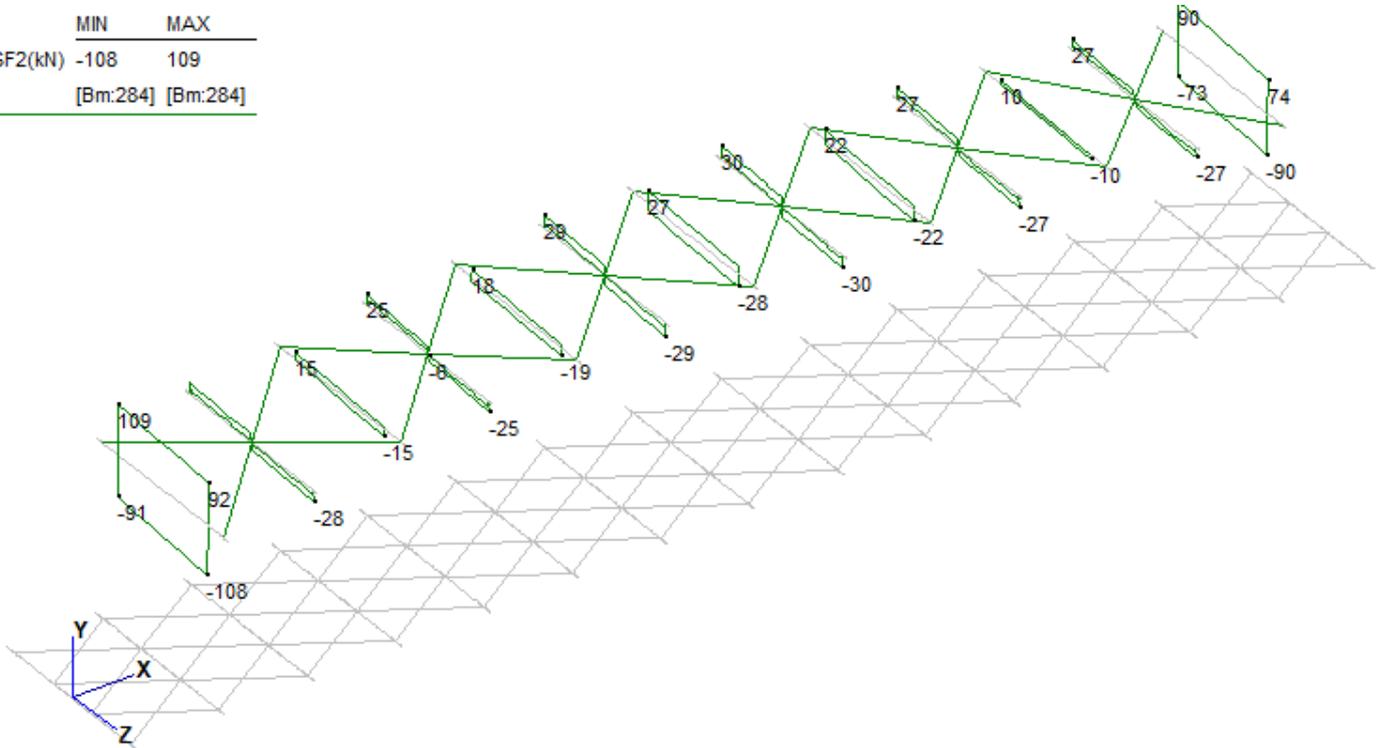


Figura 76 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	121

	MIN	MAX
SF2(kN)	-108	109
	[Bm:284]	[Bm:284]



	MIN	MAX
SF1(kN)	-51	51
	[Bm:284]	[Bm:284]

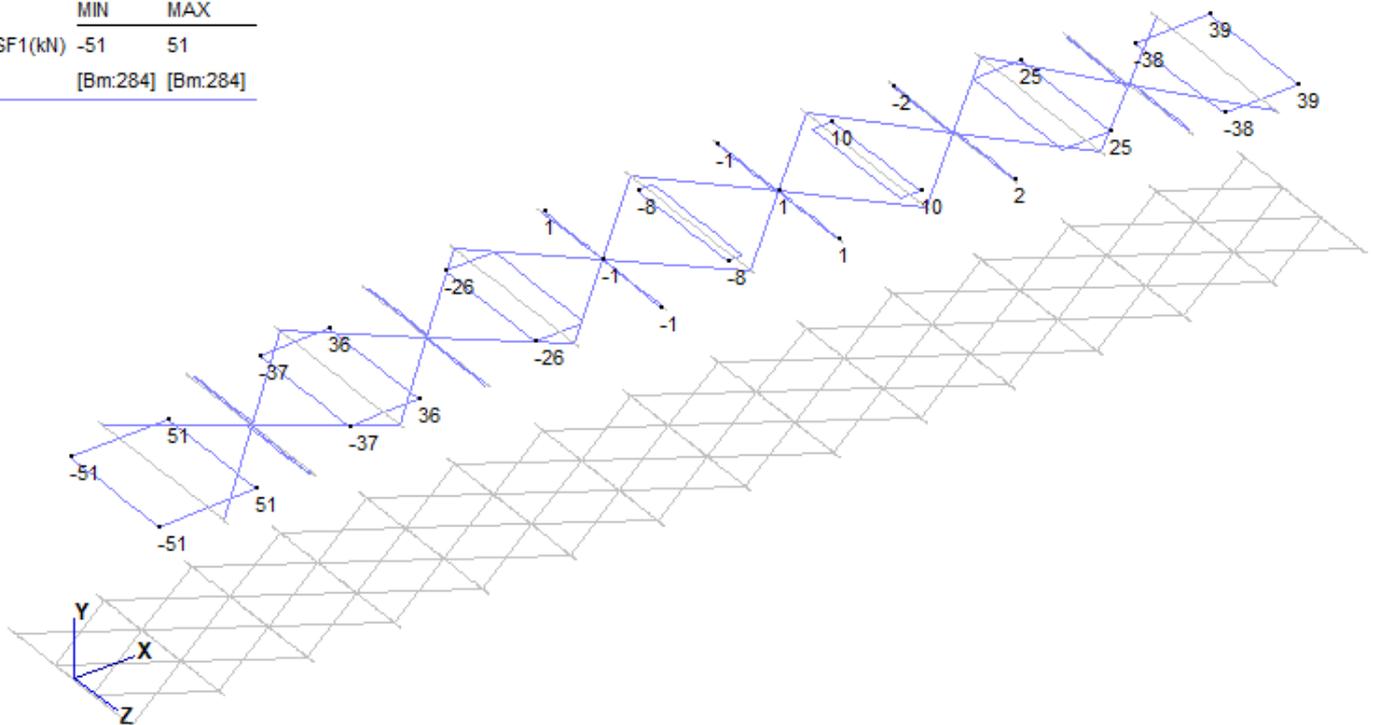


Figura 77 – Modello FEM – Env.SLV – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	122

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-919	760
	[Bm:385]	[Bm:444]

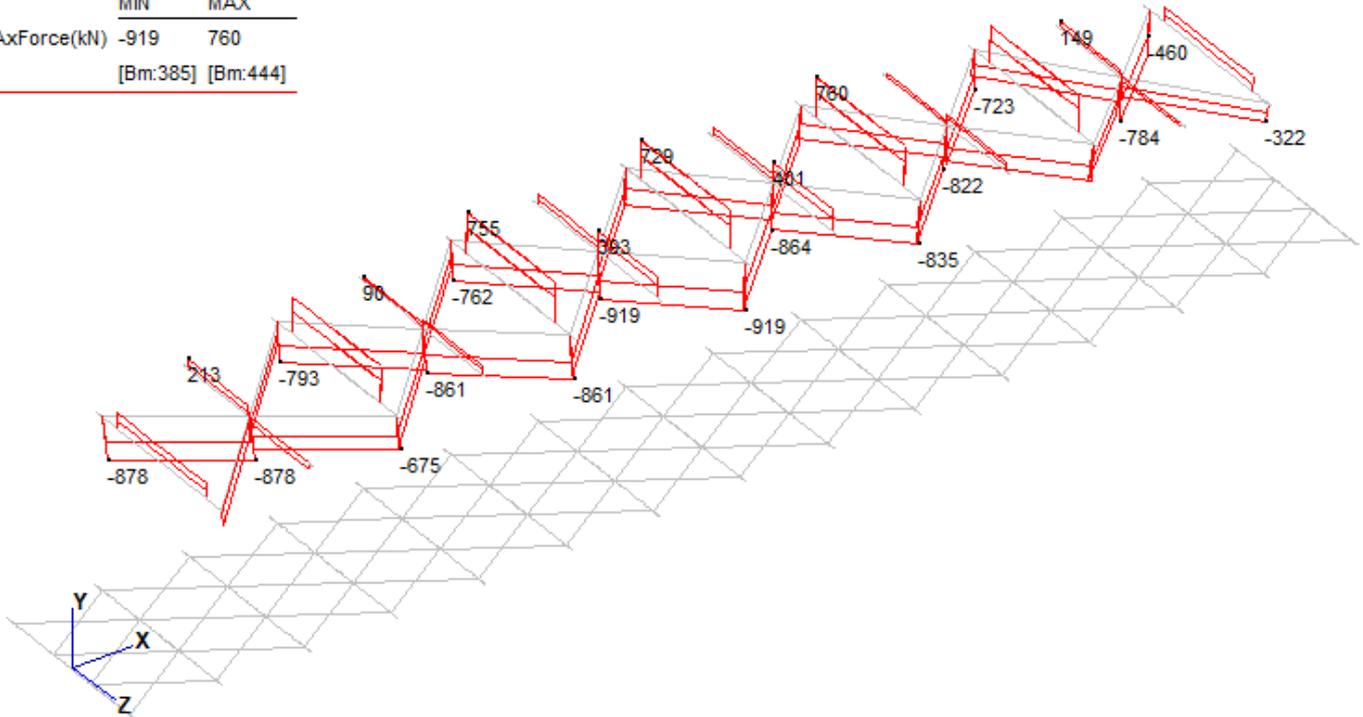


Figura 78 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1181	665
	[Bm:300]	[Bm:376]

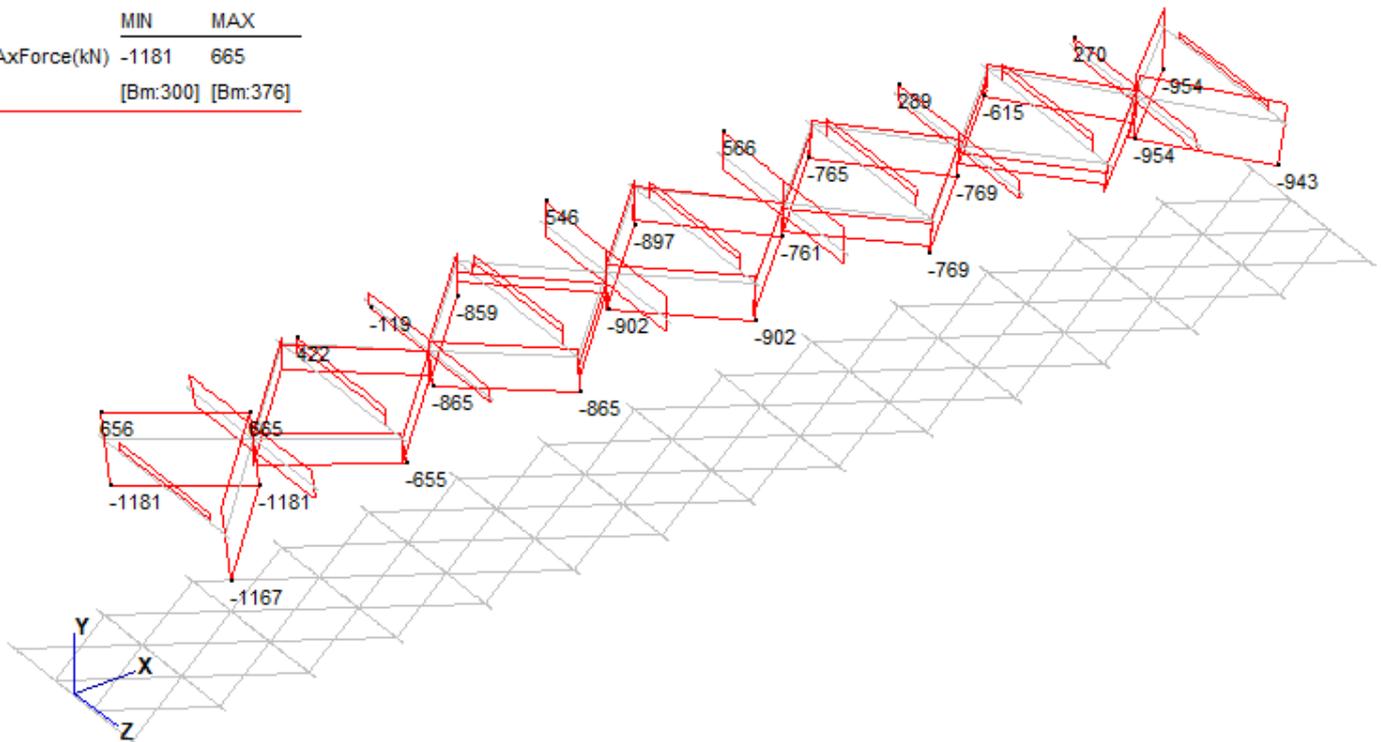


Figura 79 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	123

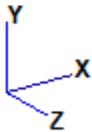
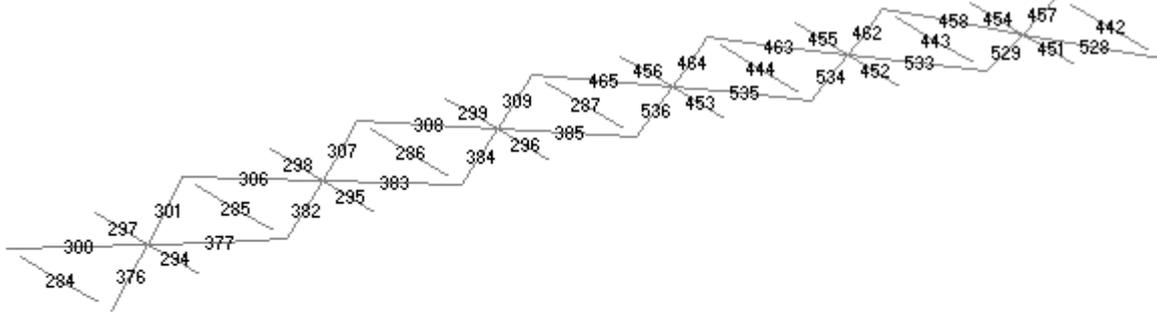


Figura 80 – Modello FEM - Numerazione elementi finiti

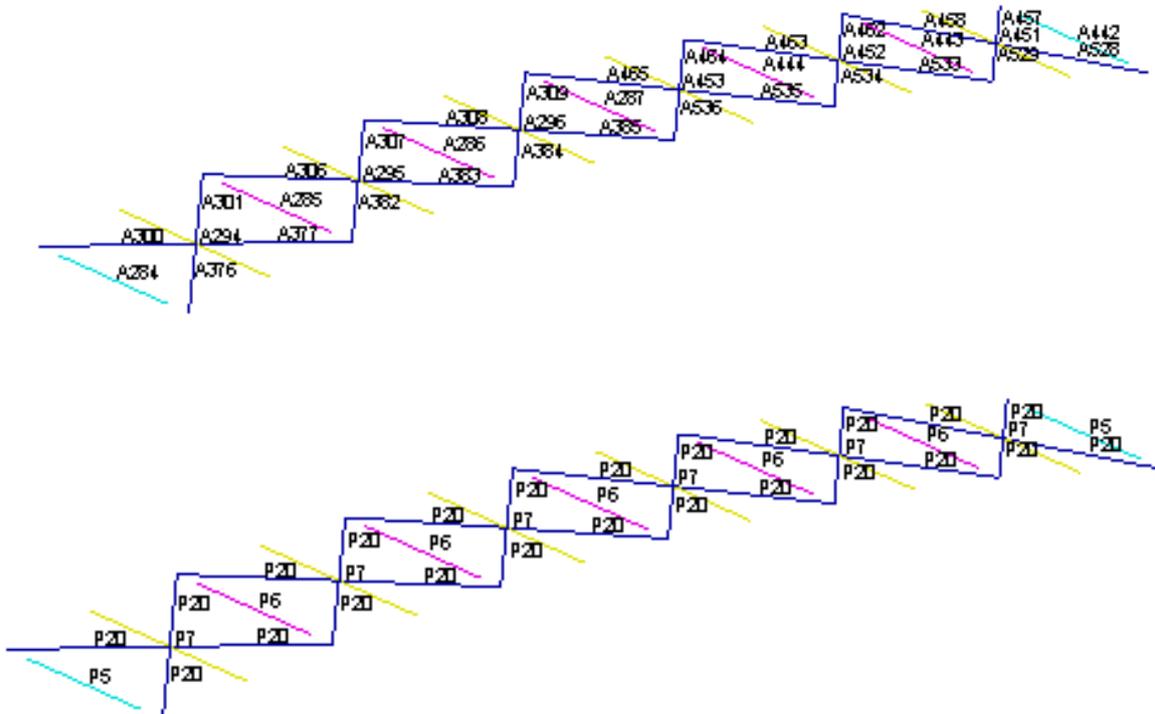


Figura 81 – Postprocessore - Numerazione elementi e proprietà

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.1.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.1.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
5	0.67	284	Cmb 788	1	0.54	284	Cmb 761	1
6	0.71	285	Cmb 788	1	0.34	285	Cmb 788	1
7	0.15	294	Cmb 764	1	0.43	294	Cmb 792	1
20	0.18	300	Cmb 788	4	0.45	300	Cmb 788	4

#### 13.1.1.10 Verifica proprietà 5

PROP. 5 - BEAM n. 284 - SEZIONE IN X = 0.00

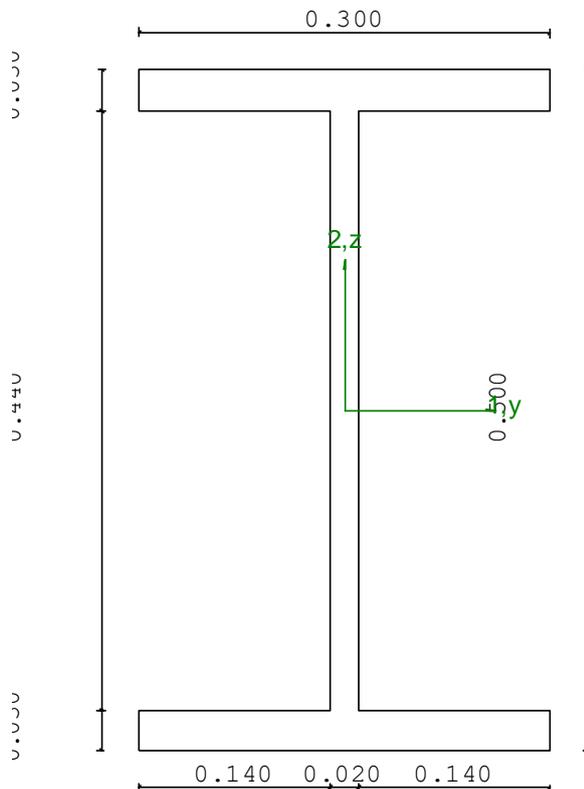
Grp.: CNV SUPERIORI Trave: 284 Prop.: 5 Sez.in: 0.00	
Cmb 788	M1 = 260.15      M2 = -363.10
	N = 101.99      V1 = -51.07
	V2 = 108.22      MT = 4.99
Sezione a I	
D = 0.5000	B1 = 0.3000    T1 = 0.0300    T2 = 0.0300    T3 = 0.0200
	B2 = 0.3000
	Area = 2.68e-02
	I11 = 1.14e-03
	I22 = 1.35e-04

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Classe	= Classe 1
$F_{R-PF}$	= 0.67
$F_{R-V}$	= 0.08
$F_{R-T}$	= 0.12
$F_{R-\tau}$	= 0.15

#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe	= Classe 1
$F_{I-N}$	= 0.00
$F_{PF,y}$	= 0.26
$F_{PF,z}$	= 0.53



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	125

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale	D =	0.50	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m
Spessore anima	T3 =	0.02	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.15	m
	$X_{2G,el}$	= 0.25	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$	= 0.15	m
	$X_{2G,pl}$	= 0.25	m
Distanza baricentro - centro di taglio	$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
	$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione	A =	2.68e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inertzia	asse 1	$I_{11} =$	1.14e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	1.35e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	6.57e-06 m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p =$	1.27e-03	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento	$I_{\omega} =$	7.46e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.21 m
	asse 2	$i_{22} =$	0.07 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	4.55e-03 m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	4.55e-03 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	9.02e-04 m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	9.02e-04 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl} =$	5.20e-03 m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl} =$	1.39e-03 m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl} =$	1.80e-02 m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl} =$	8.80e-03 m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza		6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	1.00
	asse 2	$\beta_2 =$	1.00
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 2	-0.37	0.69	0.45	0.45
Piano 2	Tipo 9	-0.91	1.00	0.44	0.40

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio	S355
Lavorazione	Saldata
Modulo di elasticità	E = 210.00 GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm) $f_y =$ 355.00 MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm) $f_u =$ 510.00 MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm) $f_y =$ 335.00 MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm) $f_u =$ 470.00 MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$ 1.05
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$ 1.10

**SOLLECITAZIONI:**

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>																						
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">126</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	126
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	126													

Sforzo normale		AF =	1.02e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-5.11e+01	kN
	direzione 2	V2 =	1.08e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	2.60e+02	kNm
	direzione 2	M2 =	-3.63e+02	kNm
Momento torcente		MT =	4.99e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale		N <sub>Rd</sub> =	9060.95	kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse y	V <sub>pl,y,Rd</sub> =	1717.75	kN
		coeff =	0.95	
		V <sub>pl,y,T,Rd</sub> =	1635.60	kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	V <sub>pl,z,Rd</sub> =	3513.59	kN
		coeff =	0.95	
		V <sub>pl,z,T,Rd</sub> =	3345.55	kN
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	M <sub>y,Rd</sub> =	1757.42	kNm
		coeff =	1.00	
		M <sub>y,V,Rd</sub> =	1757.42	kNm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	M <sub>z,Rd</sub> =	471.30	kNm
		coeff =	1.00	
		M <sub>z,V,Rd</sub> =	471.30	kNm
Resistenza torsionale elastica		T <sub>Rd</sub> =	42.77	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.67 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.59$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-v} = 0.08 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.12 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0} / f_y} \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.15 \quad \text{Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale		N <sub>ED</sub> =	1.02e+02	kN
Momento flettente		M <sub>z,ED</sub> =	2.60e+02	kNm
		M <sub>y,ED</sub> =	-3.63e+02	kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P <sub>cr</sub> [kN]	Lunghezza libera l <sub>0</sub> [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
------	--	--	--	----------------------------------

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>127</b>

y	48803.67	6.95	0.44	0.91
z	5805.32	6.95	1.28	0.40
θ	17948.77	6.95	0.73	0.71
min	5805.32		1.28	0.40

	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	5974.95	6.95	0.56	0.81

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	3.44e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	7.86e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	3.44e+03	kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	1360.99	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	449.88	kNm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} =$	0.40
	$k_{yz} =$	0.27
	$k_{zy} =$	1.00
	$k_{zz} =$	0.45

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.26 \quad (\text{Verificato})$$

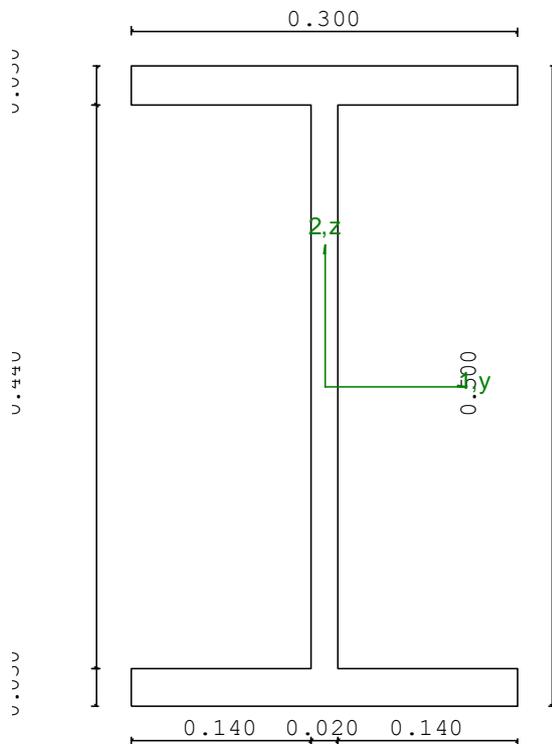
$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.53 \quad (\text{Verificato})$$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	128

PROP. 5 - BEAM n. 284 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: CNV SUPERIORI Trave: 284 Prop.: 5 Sez.in: 0.00		
Impb 761	M1 = 238.17	M2 = -170.26
	N = 204.39	V1 = -19.22
	V2 = 49.59	MT = -1.88
Sezione a I		
D = 0.5000	B1 = 0.3000	T1 = 0.0300 T2 = 0.0300 T3 = 0.0200
B2 = 0.3000		
Area	= 2.68e-02	
I11	= 1.14e-03	
I22	= 1.35e-04	



VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1

$F_{R-PF} = 0.57$

$F_{R-V} = 0.03$

$F_{R-T} = 0.04$

$F_{R-\tau} = 0.06$

VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1

$F_{I-N} = 0.00$

$F_{PF,y} = 0.30$

$F_{PF,z} = 0.54$

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale	D =	0.50	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m
Spessore anima	T3 =	0.02	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$ =	0.15	m
	$X_{2G,el}$ =	0.25	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$ =	0.15	m
	$X_{2G,pl}$ =	0.25	m
Distanza baricentro - centro di taglio	$X_{1CT}-X_{1G}$ =	0.00	m
	$X_{2CT}-X_{2G}$ =	0.00	m
Area della sezione	A =	2.68e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inertia	asse 1	$I_{11} =$	1.14e-03 m <sup>4</sup>

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	129

	asse 2	$I_{22} =$	1.35e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	$J =$	6.57e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio		$I_p =$	1.27e-03	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento		$I_{\omega} =$	7.46e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.21	m
	asse 2	$i_{22} =$	0.07	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	4.55e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	4.55e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	9.02e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	9.02e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl} =$	5.20e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl} =$	1.39e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl} =$	1.80e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl} =$	8.80e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	1.00	
	asse 2	$\beta_2 =$	1.00	
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 2	0.44	0.84	0.78	0.78
Piano 2	Tipo 9	-0.57	0.97	0.44	0.40

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		$E =$	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		$AF =$	2.04e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	$V1 =$	-1.92e+01	kN
	direzione 2	$V2 =$	4.96e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	$M1 =$	2.38e+02	kNm
	direzione 2	$M2 =$	-1.70e+02	kNm
Momento torcente		$MT =$	-1.88e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$Cl =$  Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

$y-y =$  1-1  
 $z-z =$  2-2

Resistenza assiale  $N_{Rd} =$  9060.95 kN

Resistenza tagliante asse y  $V_{pl,y,Rd} =$  1717.75 kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	130

riduzione per la torsione		coeff = 0.98	$V_{pl,y,T,Rd} = 1687.31$	kN
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 3513.59$		kN
riduzione per la torsione		coeff = 0.98	$V_{pl,z,T,Rd} = 3451.32$	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} = 1757.42$		kNm
riduzione per il taglio		coeff = 1.00	$M_{y,V,Rd} = 1757.42$	kNm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} = 471.30$		kNm
riduzione per il taglio		coeff = 1.00	$M_{z,V,Rd} = 471.30$	kNm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 42.77$		kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.57 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.51$$

$$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.03 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.04 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.06 \quad \text{Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C_I = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = 2.04e+02 \text{ kN}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = 2.38e+02 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ED} = -1.70e+02 \text{ kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	48803.67	6.95	0.44	0.91
z	5805.32	6.95	1.28	0.40
$\theta$	17948.77	6.95	0.73	0.71
min	5805.32		1.28	0.40
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	5562.56	6.95	0.58	0.80

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 3.44e+03$	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 7.86e+03$	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 3.44e+03$	kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 1341.25$	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} = 449.88$	kNm

Coefficiente di interazione

$$k_{yy} = 0.40$$

$$k_{yz} = 0.47$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 0.78$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$$F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,y} = 0.30 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,z} = 0.54 \quad (\text{Verificato})$$

### 13.1.1.11 Verifica proprietà 6

PROP. 6 - BEAM n. 285 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: CNV SUPERIORI Trave: 285 Prop.: 6 Sez.in: 0.00		
Imb 788	M1 = 151.94	M2 = -44.96
	N = 369.98	V1 = -36.55
	V2 = 15.01	MT = 3.60
Sezione a I		
D = 0.5000	B1 = 0.2500	T1 = 0.0200 T2 = 0.0200 T3 = 0.0200
B2 = 0.2500		
Area	= 1.92e-02	
I11	= 7.39e-04	
I22	= 5.24e-05	

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1

$$F_{R-PF} = 0.71$$

$$F_{R-V} = 0.03$$

$$F_{R-T} = 0.14$$

$$F_{R-\tau} = 0.17$$

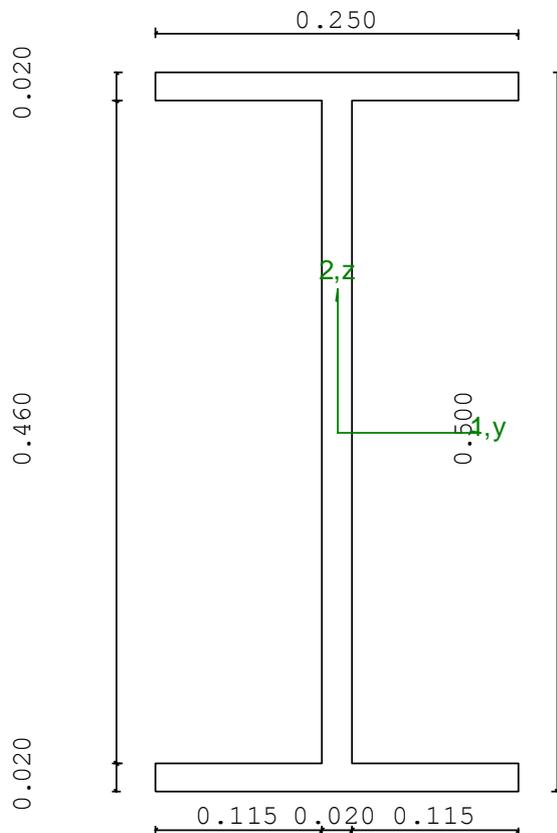
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1

$$F_{I-N} = 0.00$$

$$F_{PF,y} = 0.19$$

$$F_{PF,z} = 0.34$$



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale

$$D = 0.50 \quad m$$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>132</b>

Base inferiore		B1 =	0.25	m
Spessore flangia inferiore		T1 =	0.02	m
Spessore flangia superiore		T2 =	0.02	m
Spessore anima		T3 =	0.02	m
Base superiore		B2 =	0.25	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.13	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.25	m
Posizione del baricentro plastico		X <sub>1G,pl</sub> =	0.13	m
		X <sub>2G,pl</sub> =	0.25	m
Distanza baricentro - centro di taglio		X <sub>1CT</sub> -X <sub>1G</sub> =	0.00	m
		X <sub>2CT</sub> -X <sub>2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione		A =	1.92e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	7.39e-04	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	5.24e-05	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.56e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	7.91e-04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	3.00e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.20	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.05	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	2.95e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	2.95e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	4.19e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	4.19e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	3.46e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	6.71e-04	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	1.00e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	9.20e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	1.00	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	1.00	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 2	-0.67	0.64	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	-0.38	0.96	0.44	0.40

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	3.70e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-3.66e+01	kN
	direzione 2	V2 =	1.50e+01	kN

MANDATARIA  HUB <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI  HYpro <small>GROUP</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>133</b>

Momento flettente	direzione 1	M1 =	1.52e+02	kNm
	direzione 2	M2 =	-4.50e+01	kNm
Momento torcente		MT =	3.60e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale  $N_{Rd} = 6491.43$  kN

Resistenza tagliante **asse y**  
riduzione per la torsione  
 $V_{pl,y,Rd} = 1795.83$  kN  
coeff = 0.94  
 $V_{pl,y,T,Rd} = 1689.27$  kN

Resistenza tagliante **asse z**  
riduzione per la torsione  
 $V_{pl,z,Rd} = 1951.99$  kN  
coeff = 0.94  
 $V_{pl,z,T,Rd} = 1836.16$  kN

Resistenza flessionale **asse y**  
riduzione per il taglio  
 $M_{y,Rd} = 1169.13$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{y,V,Rd} = 1169.13$  kNm

Resistenza flessionale **asse z**  
riduzione per il taglio  
 $M_{z,Rd} = 226.86$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{z,V,Rd} = 226.86$  kNm

Resistenza torsionale elastica  $T_{Rd} = 24.99$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.71 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.67$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.14 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}/f_y} \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.17 \text{ Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale	$N_{ED} = 3.70e+02$ kN
Momento flettente	$M_{z,ED} = 1.52e+02$ kNm
	$M_{y,ED} = -4.50e+01$ kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	31690.95	6.95	0.46	0.90
z	2248.01	6.95	1.74	0.25
$\theta$	8158.39	6.95	0.91	0.59
min	2248.01		1.74	0.25

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	134

fless.tors.	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
	2194.67	6.95	0.75	0.69
Resistenza assiale		minimo	$N_{b,Rd} =$	1.54e+03 kN
		asse y	$N_{b,y,Rd} =$	5.58e+03 kN
		asse z	$N_{b,z,Rd} =$	1.54e+03 kN
Resistenza flessionale		asse y	$M_{b,y,Rd} =$	775.45 kNm
		asse z	$M_{z,Rd} =$	216.55 kNm
Coefficiente di interazione			$k_{yy} =$	0.40
			$k_{yz} =$	0.24
			$k_{zy} =$	1.00
			$k_{zz} =$	0.40
Verifica di Instabilità a Compressione				
$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$			$F_{I-N} =$	0.00 (Verificato)
Verifica di Instabilità a Pressoflessione				
$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$			$F_{R-PF,y} =$	0.19 (Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$			$F_{R-PF,z} =$	0.34 (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	135

### 13.1.1.12 Verifica proprietà 7

PROP. 7 - BEAM n. 294 - SEZIONE IN X = 4.68

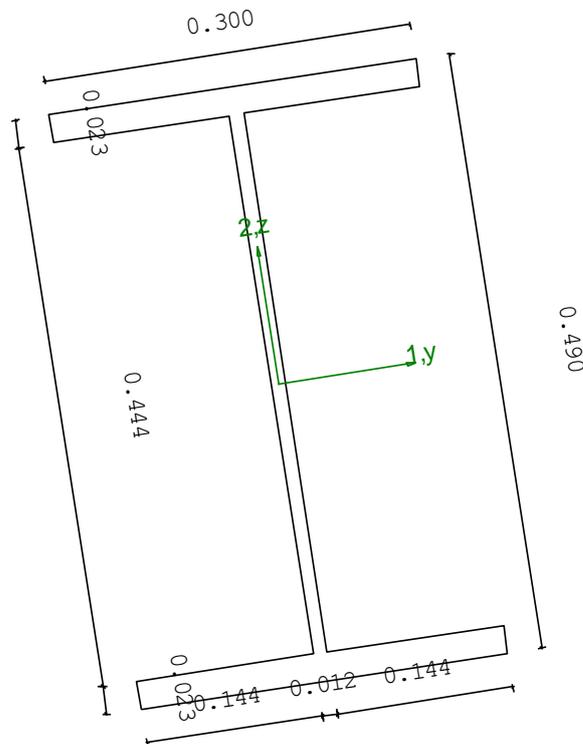
Grp.: CNV SUPERIORI Trave: 294 Prop.: 7 Sez.in: 4.68			
Cmb 764	M1 = 23.39	M2 = 128.02	
	N = -164.05	V1 = -3.73	
	V2 = -19.49	MT = -0.34	
Sezione a I			
D = 0.4900	B1 = 0.3000	T1 = 0.0230	T2 = 0.0230 T3 = 0.0120
B2 = 0.3000			
Area	= 1.91e-02		
I11	= 8.41e-04		
I22	= 1.04e-04		

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 1  
 $F_{R-PF} = 0.15$   
 $F_{R-V} = 0.02$   
 $F_{R-T} = 0.01$   
 $F_{R-\tau} = 0.03$

#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 1  
 $F_{I-N} = 0.10$   
 $F_{PF,Y} = 0.24$   
 $F_{PF,Z} = 0.34$



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.49	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.02	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.02	m
Spessore anima	T3 =	0.01	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.15	m
	$X_{2G,el}$	= 0.25	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$	= 0.15	m
	$X_{2G,pl}$	= 0.25	m
Distanza baricentro - centro di taglio	$X_{1CT-X1G}$	= 0.00	m

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>136</b>

		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	1.91e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	8.41e-04	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	1.04e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.69e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	9.44e-04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	5.64e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.21	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.07	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	3.43e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	3.43e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	6.90e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	6.90e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	3.81e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	1.05e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	1.38e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	5.33e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			9.35	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	1.00	
	asse 2	$\beta_2$ =	1.00	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	1.00	0.88	0.88	0.91
Piano 2	Tipo 9	0.73	0.93	0.69	0.96

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-1.64e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-3.73e+00	kN
	direzione 2	V2 =	-1.95e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	2.34e+01	kNm
	direzione 2	M2 =	1.28e+02	kNm
Momento torcente		MT =	-3.40e-01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 1
Asse con inerzia maggiore	y-y =	1-1
Asse con inerzia minore	z-z =	2-2

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																						
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE</td> <td>ENTE</td> <td>TIPO DOC</td> <td colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</td> <td>PROGR</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>137</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>137</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>137</b>													

Resistenza assiale		$N_{Rd} =$	6467.09	kN
Resistenza tagliante	asse y	$V_{pl,y,Rd} =$	1040.02	kN
riduzione per la torsione		coeff =	0.99	
		$V_{pl,y,T,Rd} =$	1033.81	kN
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} =$	2693.75	kN
riduzione per la torsione		coeff =	0.99	
		$V_{pl,z,T,Rd} =$	2677.65	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} =$	1289.40	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{y,V,Rd} =$	1289.40	kNm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} =$	355.33	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{z,V,Rd} =$	355.33	kNm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} =$	22.82	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.15 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.08$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.02 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.01 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.03 \quad \text{Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C_I = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = -1.64e+02 \text{ kN}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = 2.34e+01 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ED} = 1.28e+02 \text{ kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	19927.65	9.35	0.58	0.85
z	2455.30	9.35	1.66	0.27
$\theta$	7123.69	9.35	0.98	0.55
min	2455.30		1.66	0.27
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	1639.08	9.35	0.91	0.59

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	1.65e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	5.22e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	1.65e+03	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	731.59	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	339.18	kNm

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>138</b>

Coefficiente di interazione

$$k_{yy} = 0.97$$

$$k_{yz} = 0.62$$

$$k_{zy} = 0.99$$

$$k_{zz} = 1.04$$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$$F_{I-N} = 0.10 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,y} = 0.24 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,z} = 0.34 \quad (\text{Verificato})$$

PROP. 7 - BEAM n. 294 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: CNV SUPERIORI Trave: 294 Prop.: 7 Sez.in: 0.00				
omb 792	M1 = 1.39	M2 = 11.20		
	N = -337.32	V1 = 3.16		
	V2 = 27.50	MT = 0.16		
Sezione a I				
D = 0.4900	B1 = 0.3000	T1 = 0.0230	T2 = 0.0230	T3 = 0.0120
		B2 = 0.3000		
Area		= 1.91e-02		
I11		= 8.41e-04		
I22		= 1.04e-04		

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1

$$F_{R-PF} = 0.06$$

$$F_{R-V} = 0.03$$

$$F_{R-T} = 6.88e-03$$

$$F_{R-\tau} = 0.03$$

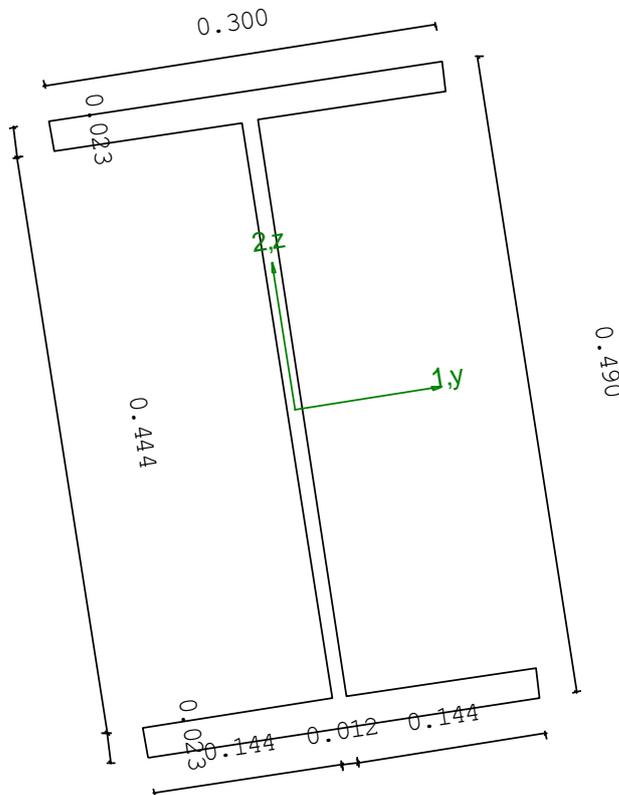
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1

$$F_{I-N} = 0.20$$

$$F_{PF,y} = 0.27$$

$$F_{PF,z} = 0.43$$



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>139</b>

Altezza totale	D =	0.49	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.02	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.02	m
Spessore anima	T3 =	0.01	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	X <sub>1G,el</sub> =	0.15	m
	X <sub>2G,el</sub> =	0.25	m
Posizione del baricentro plastico	X <sub>1G,pl</sub> =	0.15	m
	X <sub>2G,pl</sub> =	0.25	m
Distanza baricentro - centro di taglio	X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
	X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione	A =	1.91e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	8.41e-04 m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.04e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.69e-06 m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	9.44e-04	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento	I <sub>ω</sub> =	5.64e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.21 m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.07 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	3.43e-03 m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	3.43e-03 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	6.90e-04 m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	6.90e-04 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	3.81e-03 m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	1.05e-03 m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	1.38e-02 m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	5.33e-03 m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza		9.35	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	1.00
	asse 2	β <sub>2</sub> =	1.00
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	0.97	0.89	0.88	0.91
Piano 2	Tipo 9	0.50	0.89	0.83	0.95

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio	S355		
Lavorazione	Saldata		
Modulo di elasticità	E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00 MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00 MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00 MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00 MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10	

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-3.37e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	3.16e+00	kN

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	140

Momento flettente	direzione 2	V2 =	2.75e+01	kN
	direzione 1	M1 =	1.39e+00	kNm
Momento torcente	direzione 2	M2 =	1.12e+01	kNm
		MT =	1.57e-01	kNm

#### VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale

$N_{Rd} = 6467.09$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse y

$V_{pl,y,Rd} = 1040.02$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,y,T,Rd} = 1037.16$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse z

$V_{pl,z,Rd} = 2693.75$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,z,T,Rd} = 2686.33$  kN

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse y

$M_{y,Rd} = 1289.40$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{y,V,Rd} = 1289.40$  kNm

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse z

$M_{z,Rd} = 355.33$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{z,V,Rd} = 355.33$  kNm

Resistenza torsionale elastica

$T_{Rd} = 22.82$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

$F_{R,PF} = 0.06$  Verificato  
 $F_{R-exp} = 3.98e-03$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-V} = 0.03$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

$F_{R-T} = 6.88e-03$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / f_y \leq 1$$

$F_{R-\tau} = 0.03$  Verificato

#### VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = -3.37e+02$  kN  
 $M_{z,ED} = 1.33e+01$  kNm  
 $M_{y,ED} = 1.21e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	19927.65	9.35	0.58	0.85
z	2455.30	9.35	1.66	0.27
$\theta$	7123.69	9.35	0.98	0.55

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>141</b>

min	2455.30		1.66	0.27
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	1334.82	9.35	1.01	0.54
<hr/>				
Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	1.65e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	5.22e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	1.65e+03	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	659.49	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	339.18	kNm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} =$	0.98	
		$k_{yz} =$	0.70	
		$k_{zy} =$	0.97	
		$k_{zz} =$	1.17	
Verifica di Instabilità a Compressione	$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} =$	0.20	(Verificato)
Verifica di Instabilità a Pressoflessione	$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} =$	0.27	(Verificato)
	$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} =$	0.43	(Verificato)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	142

**13.1.1.13 Verifica proprietà 20**

PROP. 20 - BEAM n. 300 - SEZIONE IN X = 0.00

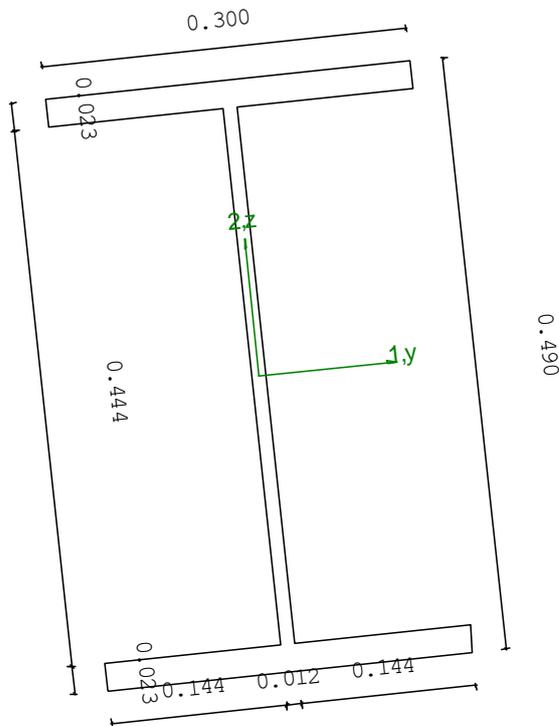
Grp.: CNV SUPERIORI Trave: 300 Prop.: 20 Sez.in: 0.00				
Imb 788	M1 = 0.00	M2 = 0.00		
	N = -1180.65	V1 = 0.00		
	V2 = 0.00	MT = 0.00		
Sezione a I				
D = 0.4900	B1 = 0.3000	T1 = 0.0230	T2 = 0.0230	T3 = 0.0120
		B2 = 0.3000		
Area		= 1.91e-02		
I11		= 8.41e-04		
I22		= 1.04e-04		

VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 4  
 $\sigma_{VM}$  = 61.72  
 $F_R$  = 0.18

VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 4  
 $F_{inst-N}$  = 0.45  
 $F_{inst-PF,y}$  = 0.21  
 $F_{inst-PF,z}$  = 0.45



**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale	D =	0.49	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.02	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.02	m
Spessore anima	T3 =	0.01	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.15	m
	$X_{2G,el}$	= 0.25	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$	= 0.15	m
	$X_{2G,pl}$	= 0.25	m
Distanza baricentro - centro di taglio	$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
	$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione	A =	1.91e-02	m <sup>2</sup>

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	143

Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11} =$	8.41e-04	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	1.04e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	$J =$	2.61e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p =$	9.44e-04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega} =$	5.64e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.21	m
	asse 2	$i_{22} =$	0.07	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\text{ sup,el}} =$	3.43e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\text{ inf,el}} =$	3.43e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\text{ dx,el}} =$	6.90e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\text{ sx,el}} =$	6.90e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,\text{pl}} =$	3.81e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,\text{pl}} =$	1.05e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,\text{pl}} =$	1.38e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,\text{pl}} =$	5.33e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.80	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	1.00	
	asse 2	$\beta_2 =$	1.00	
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		$E =$	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		$AF =$	-1.18e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	$V1 =$	0.00e+00	kN
	direzione 2	$V2 =$	0.00e+00	kN
Momento flettente	direzione 1	$M1 =$	0.00e+00	kNm
	direzione 2	$M2 =$	0.00e+00	kNm
Momento torcente		$MT =$	0.00e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$Cl =$  Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Punto maggiormente sollecitato	$y =$	0.00	m
	$z =$	0.00	m

Tensione da pressoflessione	$\sigma_{pf} =$	-61.72	MPa
Tensione tangenziale massima	$\tau_{max} =$	0.00	MPa

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>144</b>

Tensione ideale  $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pl}^2 + 3\tau_{max}^2)}$   $\sigma_{VM} = 61.72$  MPa  
 $\sigma_{VM}/f_d$   $F_R = 0.18$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -1.18e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 0.00e+00$  kNm

$M_{y,ED} = 0.00e+00$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	37721.61	6.80	0.42	0.92
z	4647.70	6.80	1.21	0.43
$\theta$	9408.52	6.80	0.85	0.63
min	4647.70		1.21	0.43
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	1469.11	6.80	0.91	0.59

Resistenza assiale minimo  $N_{b,Rd} = 2.65e+03$  kN  
 asse y  $N_{b,y,Rd} = 5.66e+03$  kN  
 asse z  $N_{b,z,Rd} = 2.65e+03$  kN

Resistenza flessionale asse y  $M_{b,y,Rd} = 657.00$  kNm  
 asse z  $M_{z,Rd} = 222.82$  kNm

Coefficiente di interazione  $k_{yy} = 1.05$   
 $k_{yz} = 1.05$   
 $k_{zy} = 0.97$   
 $k_{zz} = 1.27$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{I-N} = 0.45$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.21$  (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.45$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.p.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C

### 13.1.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Trasv.					Trasv.				
	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)
Beam 385: End 2	8.50	8.50				10.43	10.43			

NOME: <b>CONTROVENTI SUPERIORI</b>				VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. 00									
$L_{\phi}$ (m)	68.25	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	1.00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	$Y_{Mf}$	1.35	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	1.00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	1.40	limite fattore $\lambda$	t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	33.3%	% dei treni che si incrociano sul ponte
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore				$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)				$\Delta\sigma_1, \Delta\tau_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)			
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)															
DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)																	
DETTAGLIO N°1-2		$\Delta\sigma_C$ (MPa)		125.0													
Saldatura longitudinale continue																	
1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati																	
2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo.																	
Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a																	
	Attacco	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)					
	CNV_SUP	100.0	8.50	10.43	0.81	0.89	0.55	20	1.00	125.0	4.7	92.6	5.1%	OK			
DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)																	
DETTAGLIO N°9-10-11		$\Delta\sigma_C$ (MPa)		90.0													
9) Giunti bullonati con coprighiunti doppi e bulloni calibrati																	
10) Giunti bullonati con coprighiunti singoli e bulloni AR precaricati																	
11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente																	
	Attacco	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)					
	CNV_SUP	80.0	8.50	10.43	0.81	0.89	0.55	20	1.00	90.0	5.9	66.7	8.8%	OK			

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	146

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Fibre Stress		Shear Stress		Torsional Stress	Fibre Stress		Shear Stress		Torsional Stress
	Min	Max	Dir. 1	Dir. 2		Min	Max	Dir. 1	Dir. 2	
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Beam 284: End 1	50.17	50.17	0.31	0.96	2.34	53.78	53.78	0.09	0.29	0.69
Beam 285: End 1	50.43	50.43	0.15	0.34	2.87	46.03	46.03	0.04	0.09	0.85
Beam 454: End 2	7.16	7.16	0.02	0.08	0.63	10.71	10.71	0.01	0.04	1.12

NOME: <b>TRAVERSI SUPERIORI</b>		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. '00
$L_{\phi}$ (m)	68.25	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	1.00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
$Y_{Mf}$	1.35	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	1.00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	1.40	limite fattore $\lambda$	
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	33.3%	% dei treni che si incrociano sul ponte	
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore				
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)				
$\Delta\sigma_1, \Delta\tau_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)				
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)				

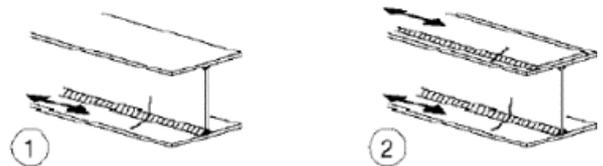
**DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)**

DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

- Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati
- Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piattini di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a



Plattabande	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_SUP_1	100.0	50.17	53.78	0.93	0.96	0.59	30	0.96	119.4	29.7	88.5	33.6%	OK
TRAVERSO_SUP_2	100.0	50.43	46.03	0.91	0.95	0.58	20	1.00	125.0	29.5	92.6	31.8%	OK
TRAVERSO_SUP_3	100.0	7.16	10.71	0.67	0.84	0.52	23	1.00	125.0	3.7	92.6	4.0%	OK

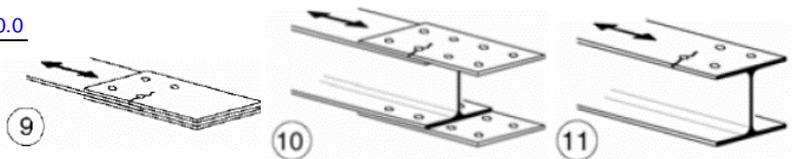
  

Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_SUP_1	100.0	3.61	1.07	0.30	0.85	0.53	20	1.00	125.0	1.9	92.6	2.1%	OK
TRAVERSO_SUP_2	100.0	3.36	0.98	0.29	0.85	0.53	20	1.00	125.0	1.8	92.6	1.9%	OK
TRAVERSO_SUP_3	100.0	0.73	1.17	0.62	0.83	0.51	12	1.00	125.0	0.4	92.6	0.4%	OK

**DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)**

DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **90.0**

- Giunti bullonati con coprighiunti doppi e bulloni calibrati
- Giunti bullonati con coprighiunti singoli e bulloni AR precaricati
- Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



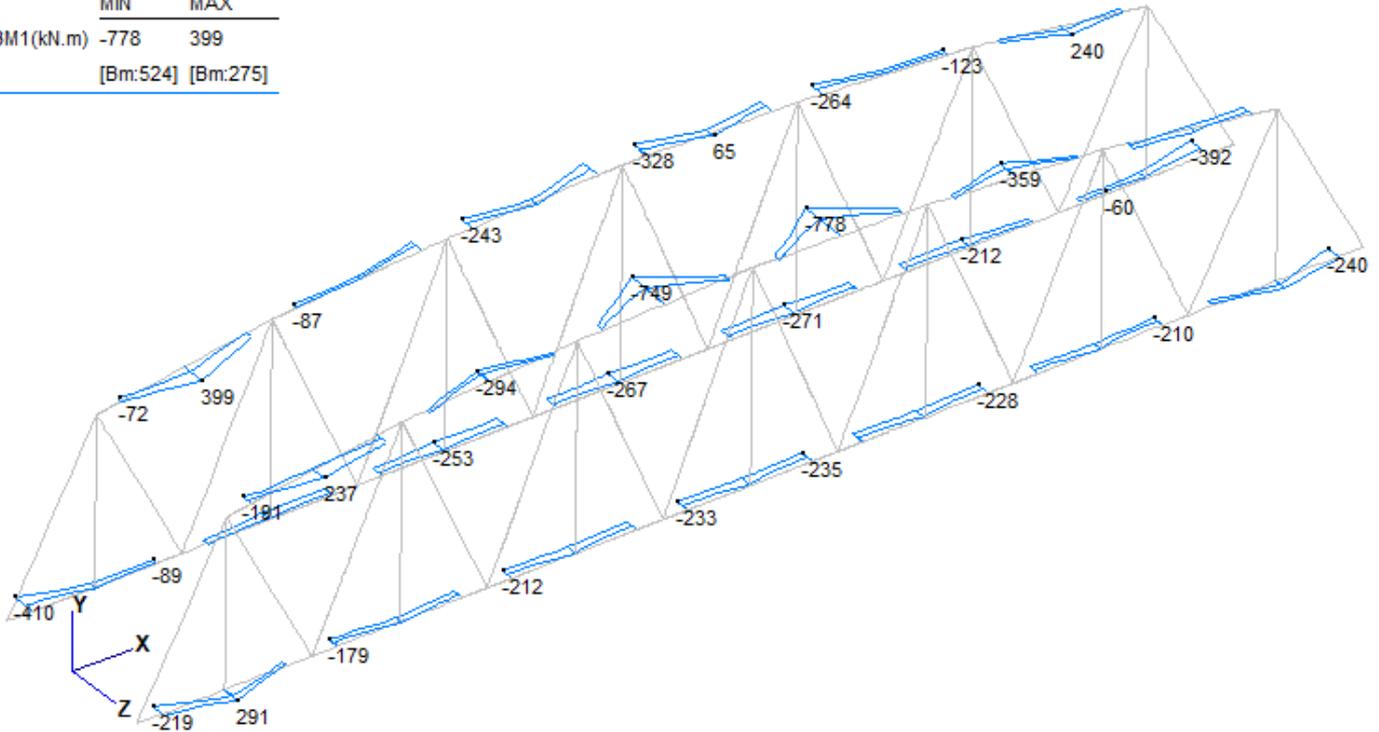
Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_SUP_1	80.0	3.61	1.07	0.30	0.85	0.53	20	1.00	90.0	2.4	66.7	3.6%	OK
TRAVERSO_SUP_2	80.0	3.36	0.98	0.29	0.85	0.53	20	1.00	90.0	2.2	66.7	3.3%	OK
TRAVERSO_SUP_3	80.0	0.73	1.17	0.62	0.83	0.51	12	1.00	90.0	0.5	66.7	0.7%	OK

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	147

**13.2 BRIGLIE INFERIORI E SUPERIORI**

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-778	399
	[Bm:524]	[Bm:275]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-699	2133
	[Bm:311]	[Bm:312]

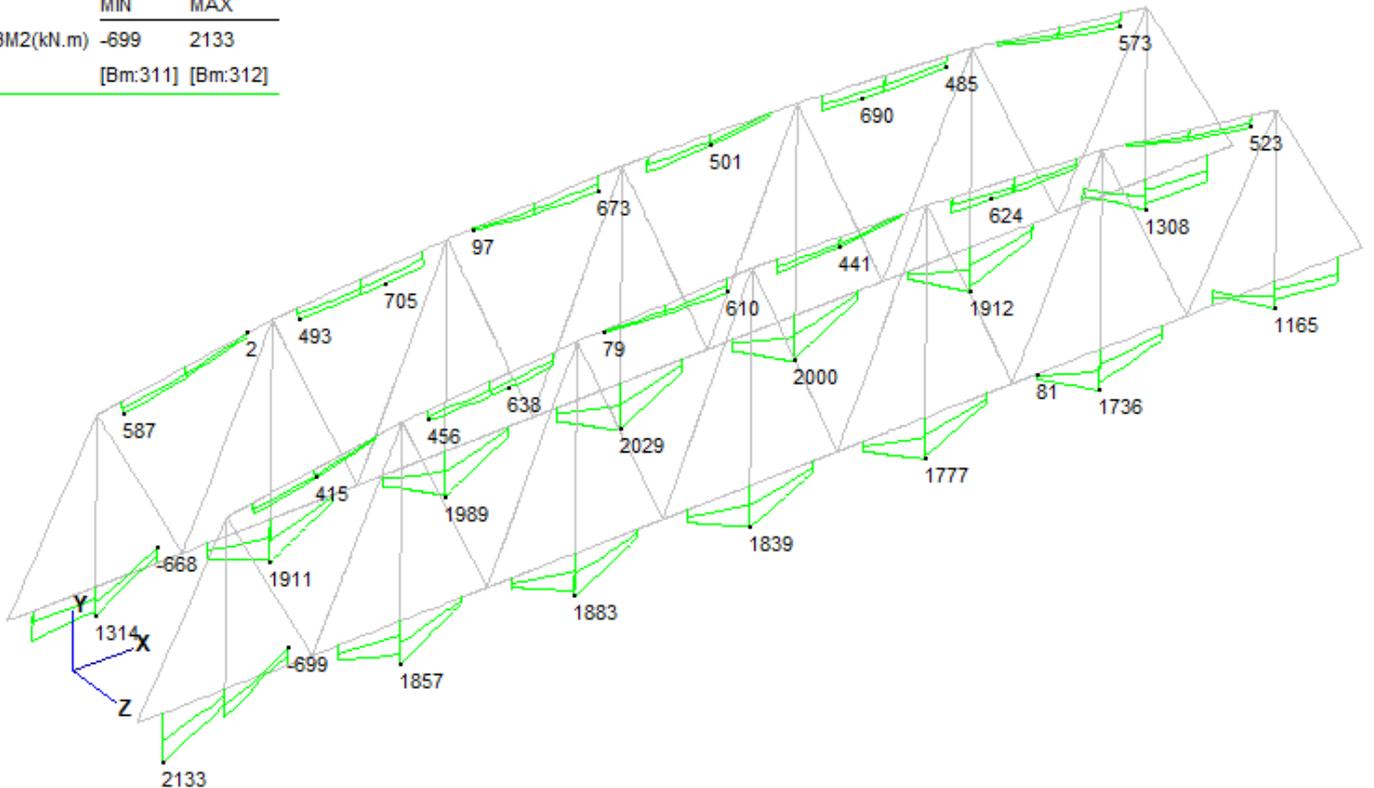
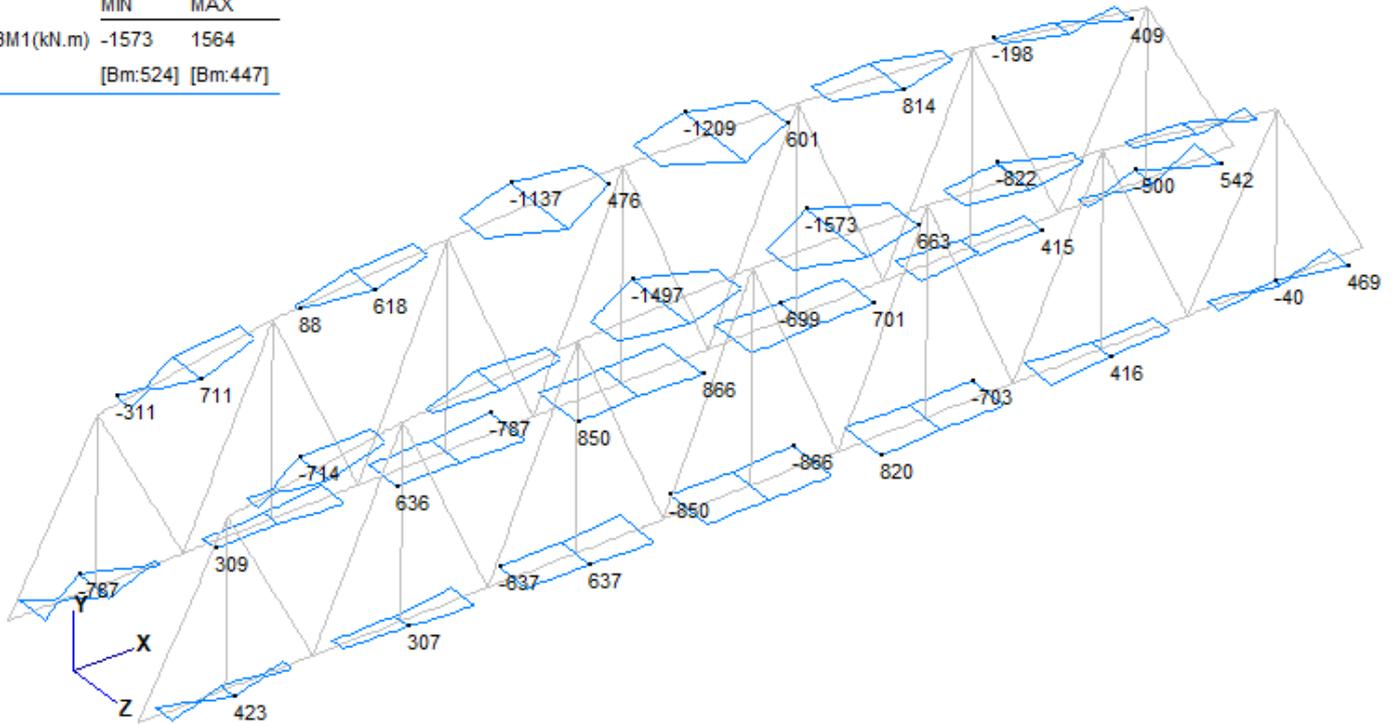


Figura 82 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	148

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-1573	1564
	[Bm:524]	[Bm:447]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1463	2581
	[Bm:226]	[Bm:312]

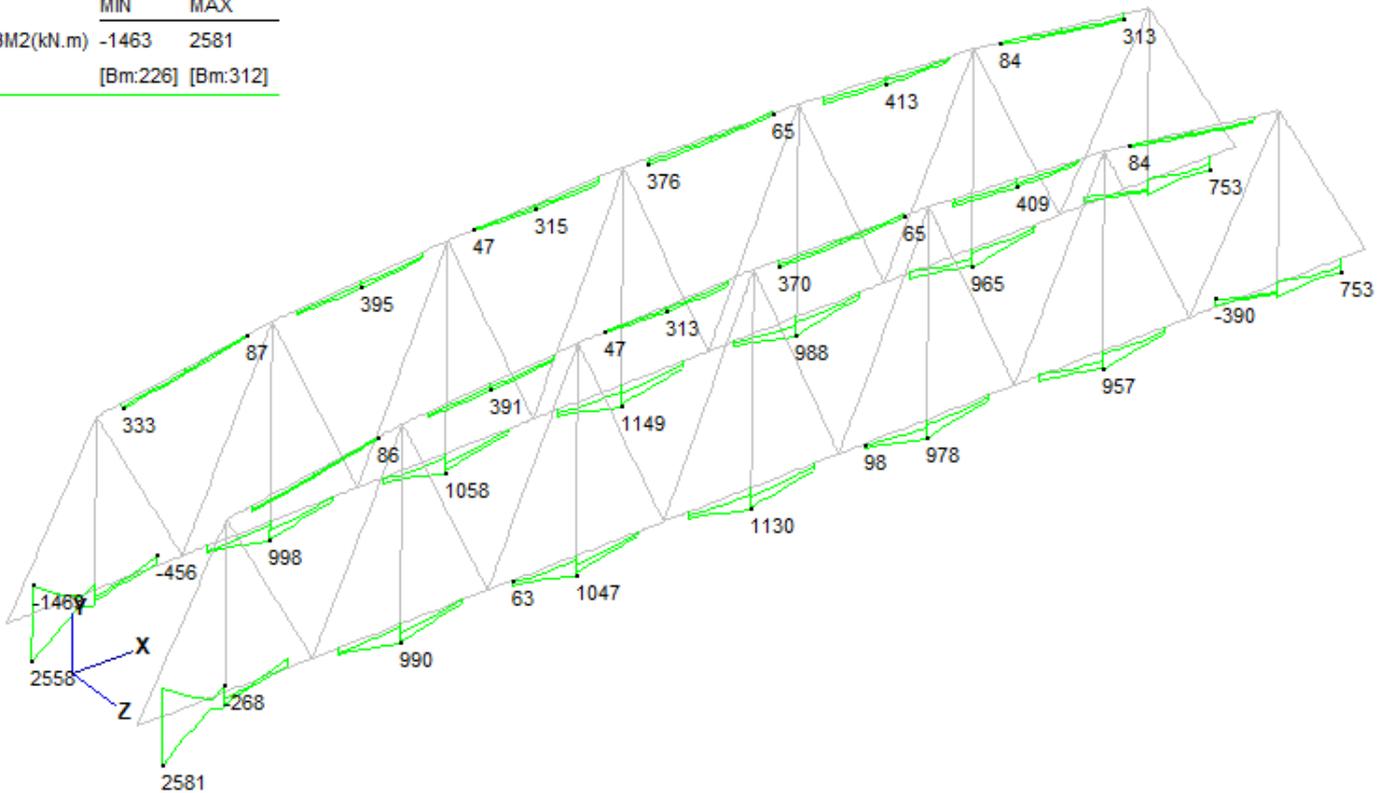
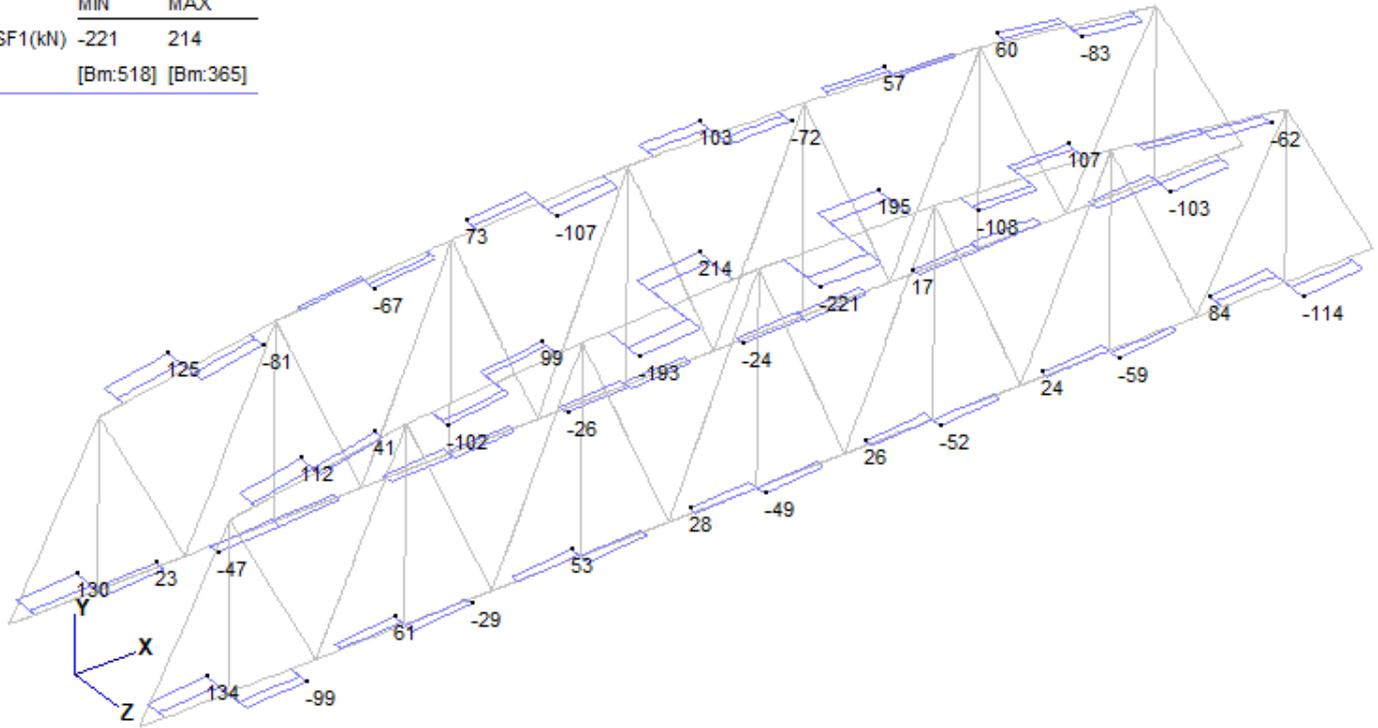


Figura 83 – Modello FEM – Env.SLV – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	149

	MIN	MAX
SF1(kN)	-221	214
	[Bm:518]	[Bm:365]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-555	545
	[Bm:225]	[Bm:387]

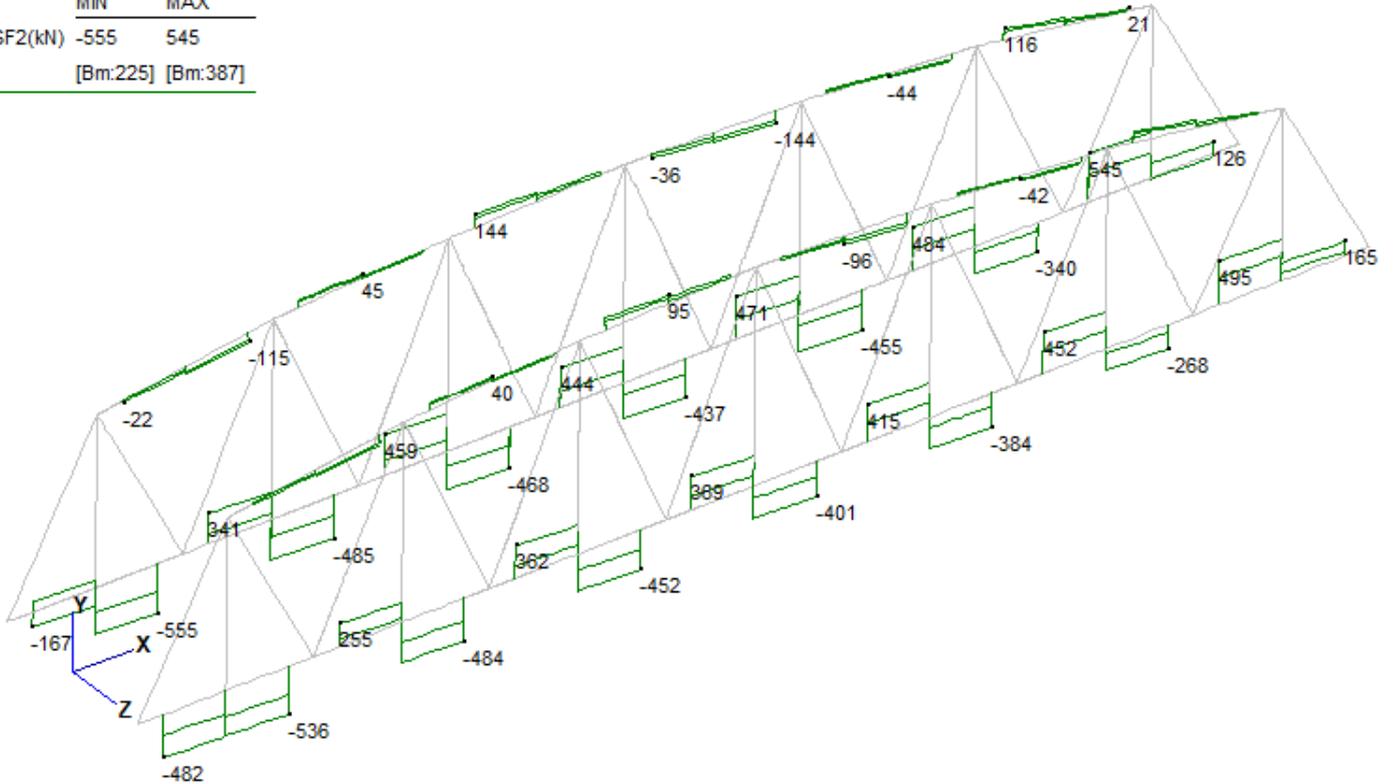
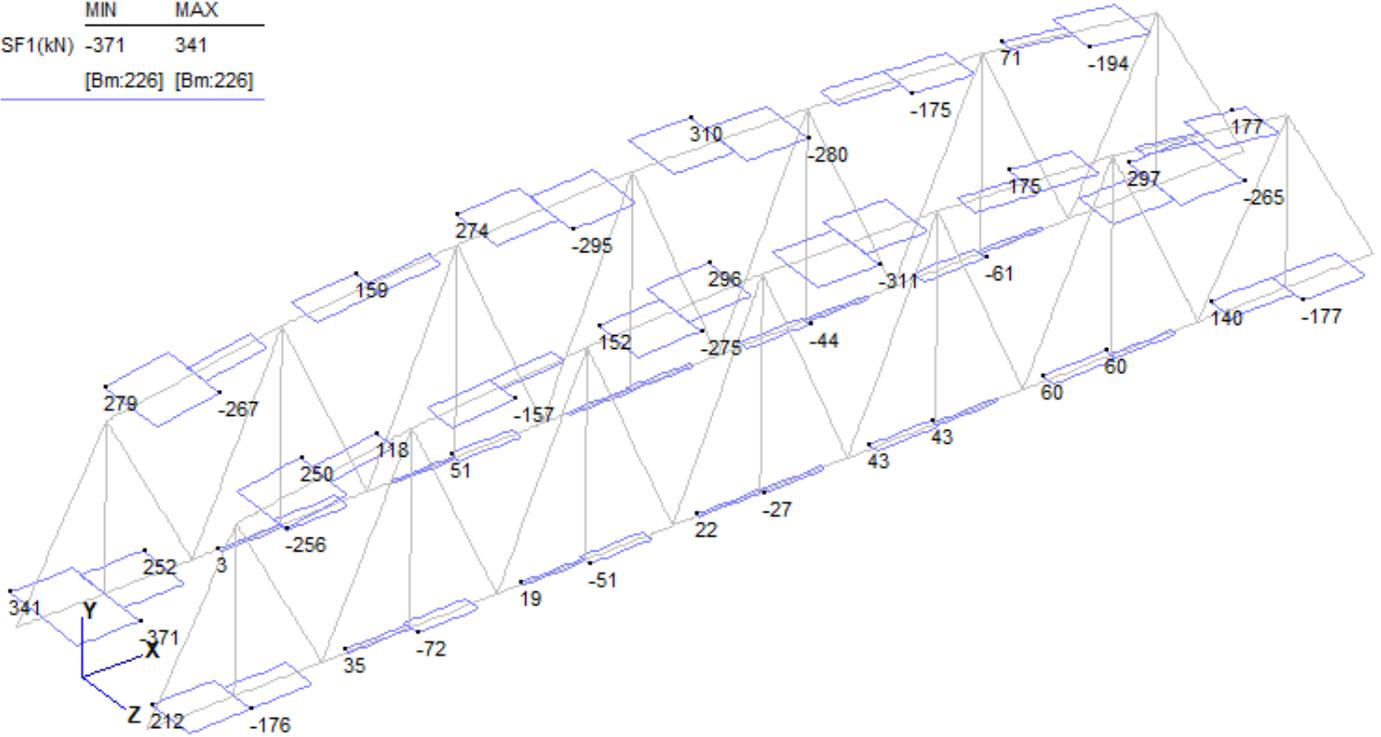


Figura 84 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	150

	MIN	MAX
SF1(kN)	-371	341
	[Bm:226]	[Bm:226]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-831	696
	[Bm:312]	[Bm:226]

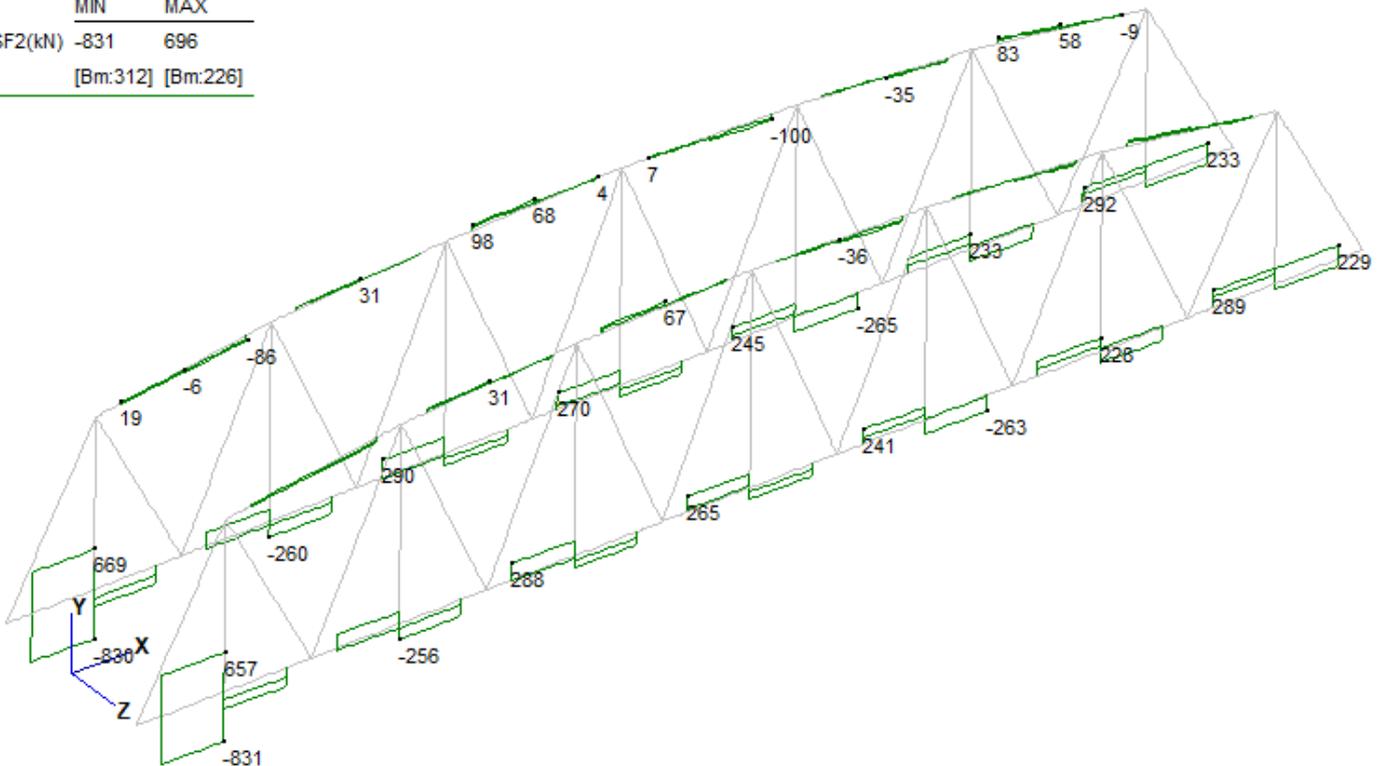


Figura 85 – Modello FEM – Env.SLV – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	151

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-20719	17044
	[Bm:290]	[Bm:399]

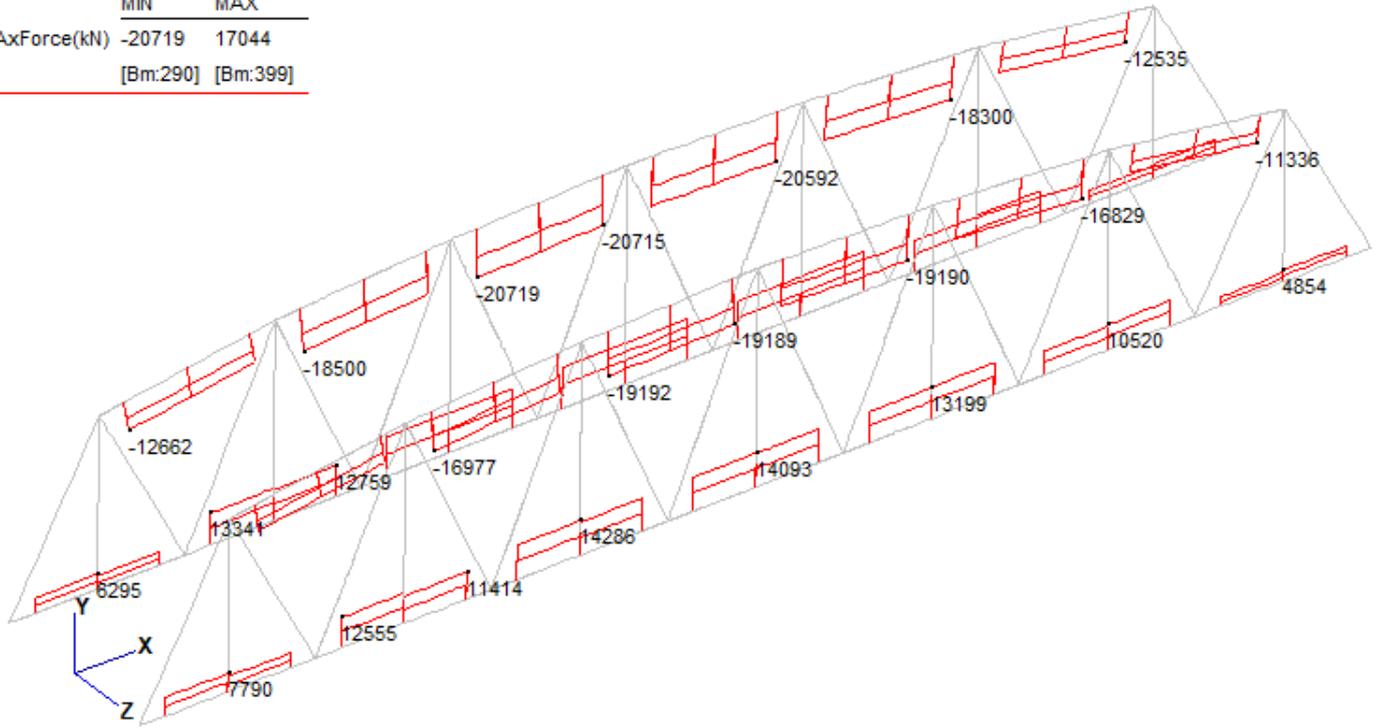


Figura 86 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-12115	13232
	[Bm:438]	[Bm:399]

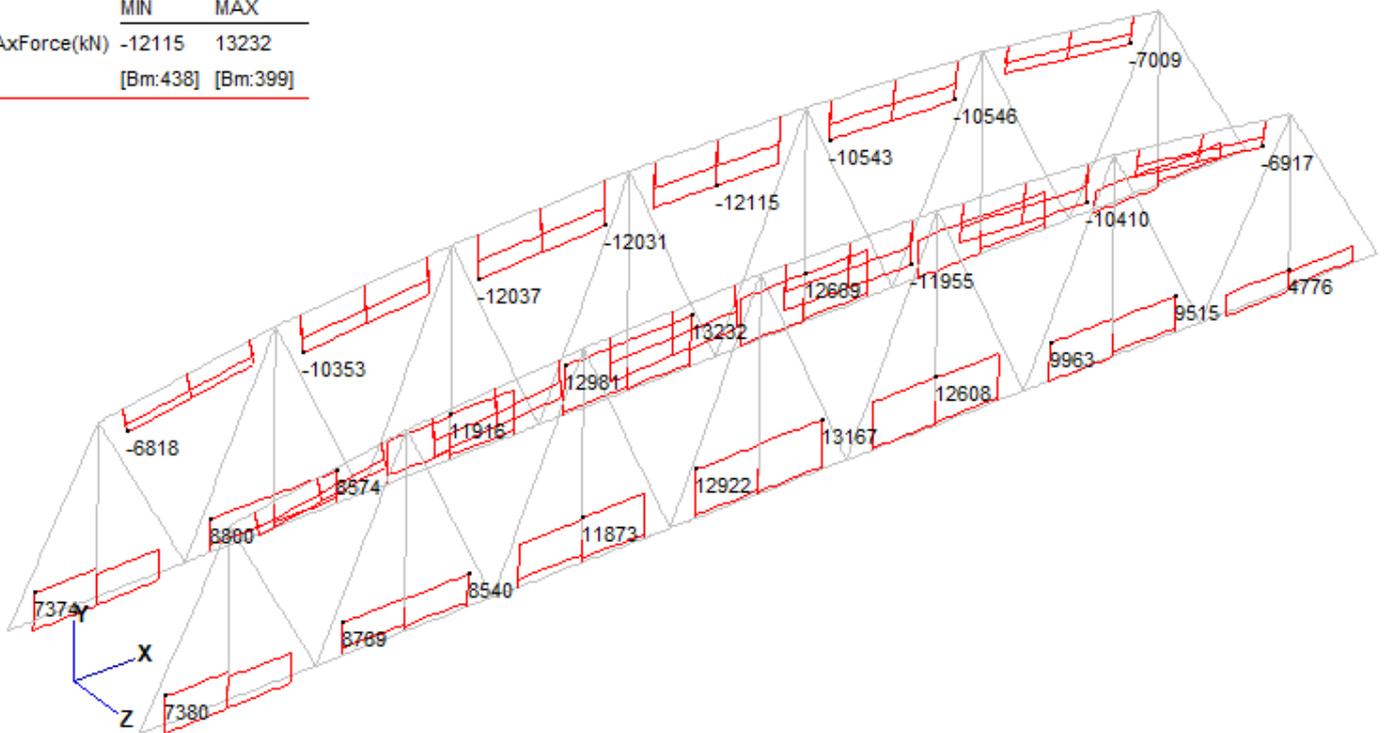
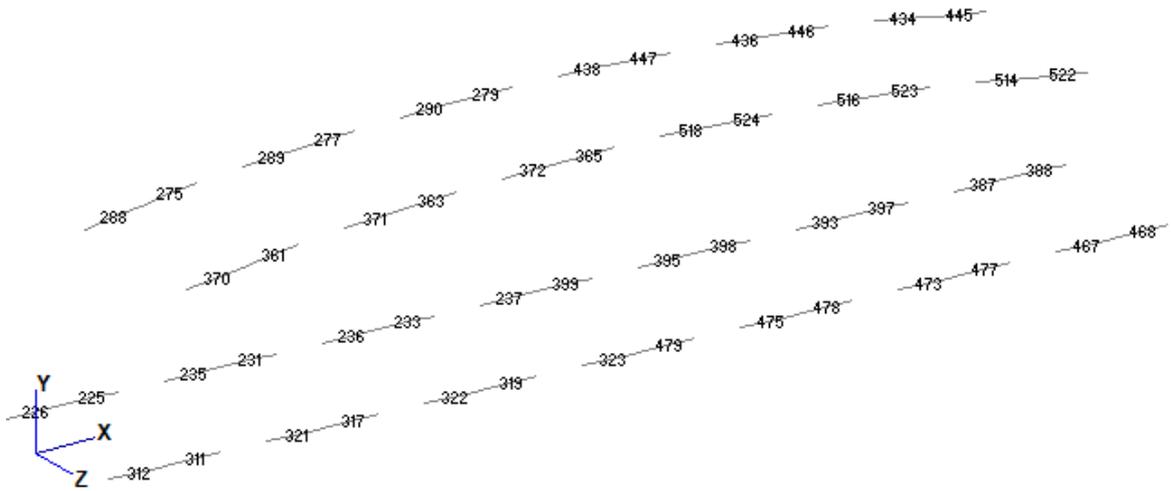


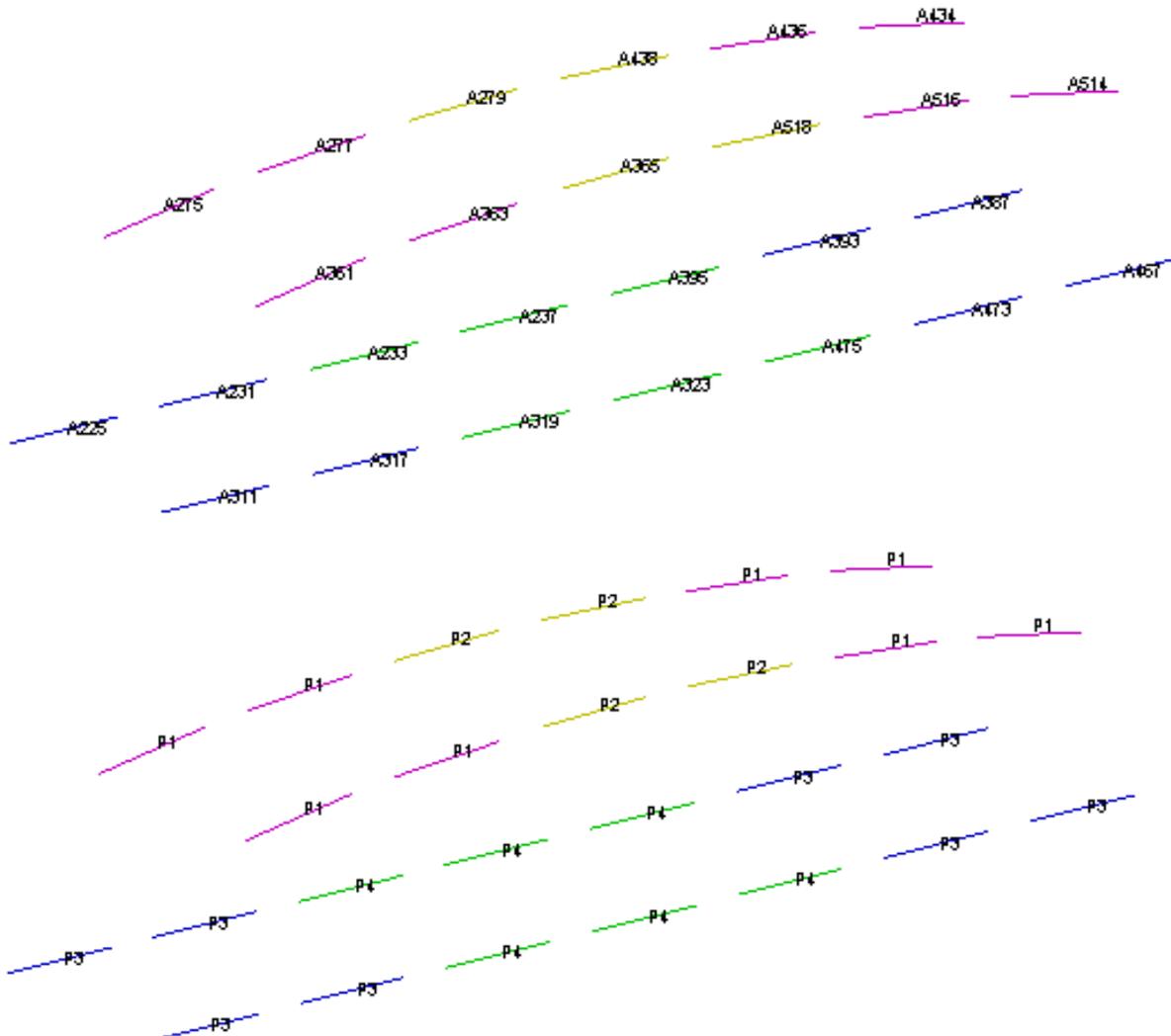
Figura 87 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	152



*Figura 88 – Modello FEM - Numerazione elementi finiti*



*Figura 89 – Postprocessore - Numerazione elementi e proprietà*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.2.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.2.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
1	0.83	277	Cmb 761	4	0.93	277	Cmb 761	4
2	0.81	279	Cmb 761	3	0.91	518	Cmb 761	3
3	0.77	393	Cmb 761	3	0.47	225	Cmb 792	3
4	0.87	237	Cmb 761	3	0.36	237	Cmb 43 3	

#### 13.2.1.10 Verifica proprietà 1

PROP. 1 - BEAM n. 277 - SEZIONE IN X = 6.97

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 277 Prop.: 1 Sez.in: 6.97		
Cmb 761	M1 = -243.73	M2 = 708.57
	N = -20134.61	V1 = -62.38
	V2 = -19.80	MT = -2.26
Sezione a I		
D = 0.9000	B1 = 0.2000	T1 = 0.0250 T2 = 0.0250 T3 = 0.0250
B2 = 0.6100		
Area	= 8.30e-02	
I11	= 9.34e-03	
I22	= 1.51e-02	

VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 4

$\sigma_{VM}$  = 280.09

$F_R$  = 0.83

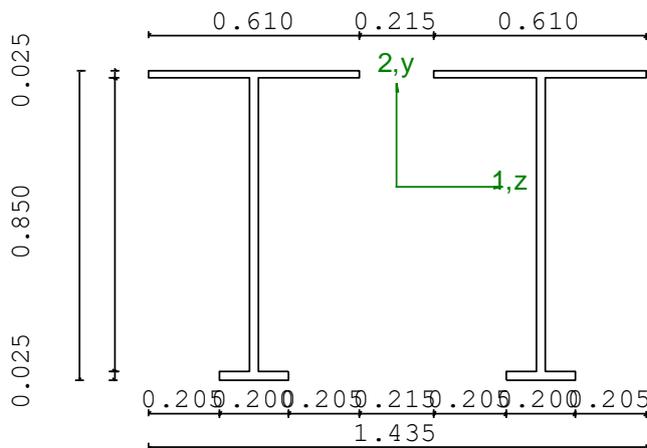
VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 4

$F_{inst-N}$  = 0.75

$F_{inst-PF,y}$  = 0.83

$F_{inst-PF,z}$  = 0.93



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	0.90	m
Base inferiore	B1 =	0.20	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																						
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>154</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>154</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>154</b>													

Spessore anima		T3 =	0.03	m
Base superiore		B2 =	0.61	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.30	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.56	m
Area della sezione		A <sub>ch</sub> =	4.15e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>ch,11</sub> =	4.67e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>ch,22</sub> =	4.91e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J <sub>ch</sub> =	8.65e-06	m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>ch,11</sub> =	0.34	m
	asse 2	i <sub>ch,22</sub> =	0.11	m

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA**

Distanza netta tra le sezioni		a =	0.21	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.72	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.56	m
Area della sezione		A =	8.30e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	9.34e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.51e-02	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.74e-05	m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.34	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.43	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	2.73e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	1.67e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	2.11e-02	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	2.11e-02	m <sup>3</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.97	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	0.70	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	0.29	0.87	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	0.72	0.99	0.97	1.00

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldatura		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =		1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =		1.10	

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-2.01e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-6.24e+01	kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>155</b>

Momento flettente	direzione 2	V2 =	-1.98e+01	kN
	direzione 1	M1 =	-2.44e+02	kNm
Momento torcente	direzione 2	M2 =	7.09e+02	kNm
		MT =	-2.26e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 m  
z = 0.00 m

Tensione da pressoflessione

$\sigma_{pf} = -280.09$  MPa

Tensione tangenziale massima

$\tau_{max} = 0.00$  MPa

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$\sigma_{VM} = 280.09$  MPa  
 $F_R = 0.83$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -2.01e+04$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 7.28e+02$  kNm

$M_{y,ED} = -2.44e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.32e+06	4.88	0.15	1.00
z	8.14e+05	4.88	0.19	1.00

Resistenza assiale

minimo  
asse y  $N_{b,Rd} = 2.68e+04$  kN  
asse z  $N_{b,Rd} = 2.68e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y  $M_{b,y,Rd} = 6576.81$  kNm  
asse z  $M_{z,Rd} = 5403.55$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.43$   
 $k_{yz} = 0.43$   
 $k_{zy} = 0.95$   
 $k_{zz} = 1.09$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{ED}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.75$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{ED}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,ED}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,ED}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.83$  (Verificato)

$$(N_{ED}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,ED}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,ED}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.93$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

PROP. 1 - BEAM n. 277 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 277 Prop.: 1 Sez.in: 0.00		
Imb 761	M1 = -69.62	M2 = 509.33
	N = -20143.45	V1 = 12.40
	V2 = 77.13	MT = 2.24
Sezione a I		
D = 0.9000	B1 = 0.2000	T1 = 0.0250 T2 = 0.0250 T3 = 0.0250
B2 = 0.6100		
Area	= 8.30e-02	
I11	= 9.34e-03	
I22	= 1.51e-02	

VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 4

$\sigma_{VM}$  = 264.64

$F_R$  = 0.78

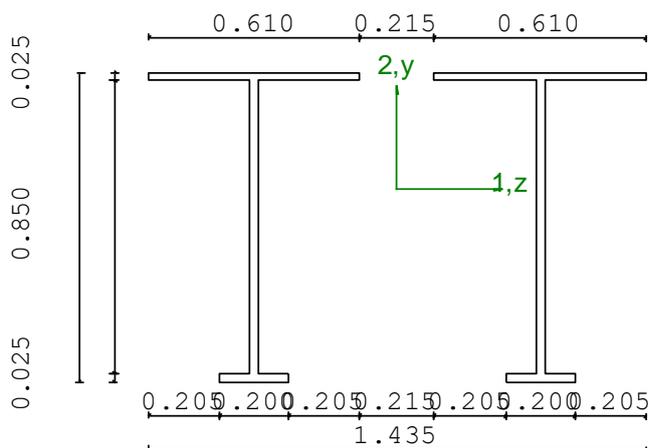
VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 4

$F_{inst-N}$  = 0.75

$F_{inst-PF,y}$  = 0.83

$F_{inst-PF,z}$  = 0.93



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	0.90	m
Base inferiore	B1 =	0.20	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.61	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$ =	0.30	m
	$X_{2G,el}$ =	0.56	m
Area della sezione	$A_{ch}$ =	4.15e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{ch,11}$ =	4.67e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{ch,22}$ =	4.91e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	$J_{ch}$ =	8.65e-06 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{ch,11}$ =	0.34 m
	asse 2	$i_{ch,22}$ =	0.11 m

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>157</b>

Distanza netta tra le sezioni		a =	0.21	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.72	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.56	m
Area della sezione		A =	8.30e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	9.34e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.51e-02	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.74e-05	m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.34	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.43	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	2.73e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	1.67e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	2.11e-02	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	2.11e-02	m <sup>3</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.97	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	0.70	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	0.29	0.87	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	0.72	0.99	0.97	1.00

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =		1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =		1.10	

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-2.01e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	1.24e+01	kN
	direzione 2	V2 =	7.71e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-6.96e+01	kNm
	direzione 2	M2 =	5.09e+02	kNm
Momento torcente		MT =	2.24e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 4	
Classe in classe 4 verificata senza detrazioni			
Punto maggiormente sollecitato	y =	0.00	m
	z =	0.00	m
Tensione da pressoflessione	σ <sub>pf</sub> =	-264.64	MPa

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> <small>S.T.F.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

Tensione tangenziale massima  $\tau_{max} = 0.00$  MPa

Tensione ideale  $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$   $\sigma_{VM} = 264.64$  MPa  
 $\sigma_{VM}/f_d$   $F_R = 0.78$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:  $Cl =$  Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale  $N_{ED} = -2.01e+04$  kN

Momento flettente  $M_{z,ED} = 7.28e+02$  kNm  
 $M_{y,ED} = -2.44e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.32e+06	4.88	0.15	1.00
z	8.14e+05	4.88	0.19	1.00

Resistenza assiale  
minimo  
asse y  $N_{b,Rd} = 2.68e+04$  kN  
asse z  $N_{b,y,Rd} = 2.68e+04$  kN  
 $N_{b,z,Rd} = 2.68e+04$  kN

Resistenza flessionale  
asse y  $M_{b,y,Rd} = 6576.81$  kNm  
asse z  $M_{z,Rd} = 5403.55$  kNm

Coefficiente di interazione  
 $k_{yy} = 0.43$   
 $k_{yz} = 0.43$   
 $k_{zy} = 0.95$   
 $k_{zz} = 1.09$

Verifica di Instabilità a Compressione  
 $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{I-N} = 0.75$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione  
 $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.83$  (Verificato)  
 $(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.93$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

### 13.2.1.11 Verifica proprietà 2

PROP. 2 - BEAM n. 279 - SEZIONE IN X = 6.95

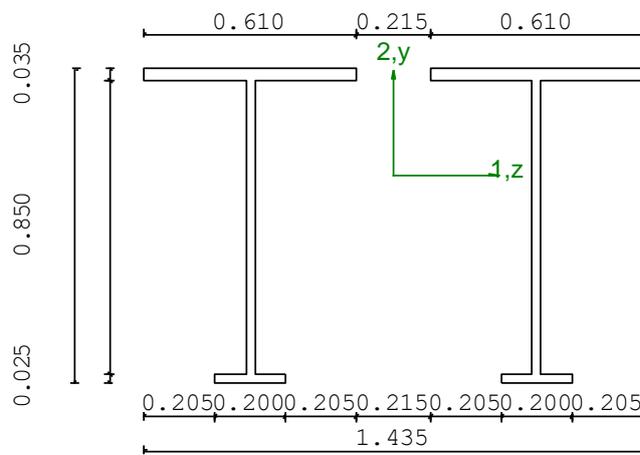
Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 279 Prop.: 2 Sez.in: 6.95		
Cmb 761	M1 = -326.44	M2 = 708.58
	N = -22769.93	V1 = -96.66
	V2 = 38.19	MT = -0.02
Sezione a I		
D = 0.9100	B1 = 0.2000	T1 = 0.0250 T2 = 0.0350 T3 = 0.0250
B2 = 0.6100		
Area	= 9.52e-02	
I11	= 1.06e-02	
I22	= 1.76e-02	

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 3  
 $\sigma_{VM}$  = 273.03  
 $F_R$  = 0.81

#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 3  
 $F_{inst-N}$  = 0.74  
 $F_{inst-PF,y}$  = 0.81  
 $F_{inst-PF,z}$  = 0.89



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	0.91	m
Base inferiore	B1 =	0.20	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.04	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.61	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.30	m
	$X_{2G,el}$	= 0.60	m
Area della sezione	$A_{ch}$	= 4.76e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{ch,11}$	= 5.31e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{ch,22}$	= 6.80e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	$J_{ch}$	= 1.42e-05 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{ch,11}$	= 0.33 m

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>160</b>

asse 2  $i_{ch,22} = 0.12$  m

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA**

Distanza netta tra le sezioni	a =	0.21	m
Posizione del baricentro elastico	$x_{1G,el}$	= 0.72	m
	$x_{2G,el}$	= 0.60	m
Area della sezione	A =	9.52e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11} =$	1.06e-02 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	1.76e-02 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.82e-05 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.33 m
	asse 2	$i_{22} =$	0.43 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	3.46e-02 m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	1.76e-02 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	2.45e-02 m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	2.45e-02 m <sup>3</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza		6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	0.70
	asse 2	$\beta_2 =$	0.70
	asse 3	$\beta_3 =$	0.70

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	0.74	0.88	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	0.09	0.96	0.75	0.77

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio	S355	
Lavorazione	Saldata	
Modulo di elasticità	E = 210.00	GPa
Tensione di snervamento	$f_y =$	355.00 MPa
Tensione di rottura	$f_u =$	510.00 MPa
Tensione di snervamento	$f_y =$	335.00 MPa
Tensione di rottura	$f_u =$	470.00 MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$	1.05
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale	AF =	-2.28e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-9.67e+01 kN
	direzione 2	V2 =	3.82e+01 kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-3.26e+02 kNm
	direzione 2	M2 =	7.09e+02 kNm
Momento torcente	MT =	-2.00e-02	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:  $Cl =$  Classe 3

Punto maggiormente sollecitato  $y = 0.00$  m

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C

$$z = 0.00 \quad \text{m}$$

$$\text{Tensione da pressoflessione} \quad \sigma_{pf} = -273.03 \quad \text{MPa}$$

$$\text{Tensione tangenziale massima} \quad \tau_{max} = 0.00 \quad \text{MPa}$$

$$\text{Tensione ideale} \quad \sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf})^2 + 3\tau_{max}^2} \quad \sigma_{VM} = 273.03 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{VM}/f_d \quad F_R = 0.81 \quad \text{Verificato}$$

#### VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$Cl = \text{Classe 3}$$

$$\text{Sforzo normale} \quad N_{ED} = -2.28e+04 \quad \text{kN}$$

$$\text{Momento flettente} \quad M_{z,ED} = 7.09e+02 \quad \text{kNm}$$

$$M_{y,ED} = -3.26e+02 \quad \text{kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.54e+06	4.87	0.15	1.00
z	9.29e+05	4.87	0.19	1.00

$$\text{Resistenza assiale} \quad \text{minimo} \quad N_{b,Rd} = 3.07e+04 \quad \text{kN}$$

$$\text{asse y} \quad N_{b,y,Rd} = 3.07e+04 \quad \text{kN}$$

$$\text{asse z} \quad N_{b,z,Rd} = 3.07e+04 \quad \text{kN}$$

$$\text{Resistenza flessionale} \quad \text{asse y} \quad M_{b,y,Rd} = 7707.01 \quad \text{kNm}$$

$$\text{asse z} \quad M_{z,Rd} = 5690.64 \quad \text{kNm}$$

$$\text{Coefficiente di interazione} \quad k_{yy} = 0.43$$

$$k_{yz} = 0.43$$

$$k_{zy} = 0.95$$

$$k_{zz} = 0.84$$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.74 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.81 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.89 \quad (\text{Verificato})$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

PROP. 2 - BEAM n. 518 - SEZIONE IN X = 6.95

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 518 Prop.: 2 Sez.in: 6.95		
Imb 761	M1 = -122.59	M2 = 39.09
	N = -21210.78	V1 = 204.29
	V2 = -136.60	MT = 0.04
Sezione a I		
D = 0.9100	B1 = 0.2000	T1 = 0.0250 T2 = 0.0350 T3 = 0.0250
B2 = 0.6100		
Area	= 9.52e-02	
I11	= 1.06e-02	
I22	= 1.76e-02	

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 3

$\sigma_{VM}$  = 228.94

$F_R$  = 0.68

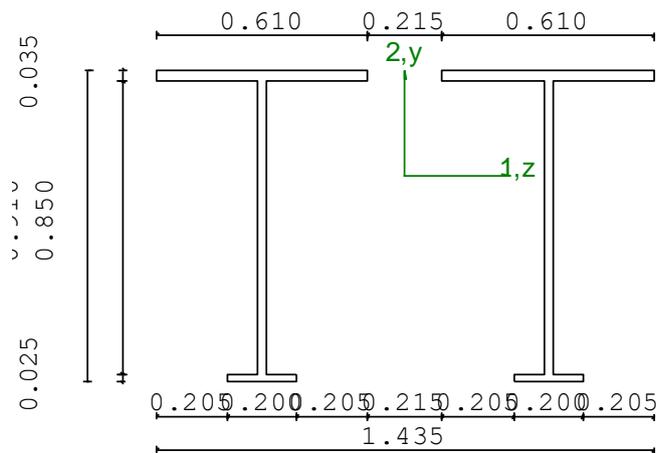
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 3

$F_{inst-N}$  = 0.69

$F_{inst-PF,y}$  = 0.91

$F_{inst-PF,z}$  = 0.89



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	0.91	m
Base inferiore	B1 =	0.20	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.04	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.61	m
Posizione del baricentro elastico			
	$X_{1G,el}$	= 0.30	m
	$X_{2G,el}$	= 0.60	m
Area della sezione			
	$A_{ch}$	= 4.76e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inertzia			
	asse 1	$I_{ch,11}$	= 5.31e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{ch,22}$	= 6.80e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	$J_{ch}$	= 1.42e-05 m <sup>4</sup>
Raggio giratore			
	asse 1	$i_{ch,11}$	= 0.33 m
	asse 2	$i_{ch,22}$	= 0.12 m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>163</b>

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA**

Distanza netta tra le sezioni	a =	0.21	m
Posizione del baricentro elastico	X <sub>1G,el</sub> =	0.72	m
	X <sub>2G,el</sub> =	0.60	m
Area della sezione	A =	9.52e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	1.06e-02 m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.76e-02 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.82e-05 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.33 m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.43 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	3.46e-02 m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	1.76e-02 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	2.45e-02 m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	2.45e-02 m <sup>3</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza		6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70
	asse 3	β <sub>3</sub> =	0.70

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	0.17	0.87	0.86	0.92
Piano 2	Tipo 9	0.06	0.96	0.75	0.77

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio	S355			
Lavorazione	Saldata			
Modulo di elasticità	E =	210.00	GPa	
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale	AF =	-2.12e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	2.04e+02 kN
	direzione 2	V2 =	-1.37e+02 kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.23e+02 kNm
	direzione 2	M2 =	3.91e+01 kNm
Momento torcente	MT =	3.63e-02	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	Cl =	Classe 3
Punto maggiormente sollecitato	y =	0.00 m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	164

$$z = 0.00 \quad \text{m}$$

Tensione da pressoflessione  $\sigma_{pf} = -228.94 \quad \text{MPa}$

Tensione tangenziale massima  $\tau_{max} = 0.00 \quad \text{MPa}$

Tensione ideale  $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$   $\sigma_{VM} = 228.94 \quad \text{MPa}$   
 $\sigma_{VM}/f_d$   $F_R = 0.68 \quad \text{Verificato}$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$Cl = \text{Classe 3}$$

Sforzo normale  $N_{ED} = -2.12e+04 \quad \text{kN}$   
 Momento flettente  $M_{z,ED} = 6.28e+02 \quad \text{kNm}$   
 $M_{y,ED} = -8.14e+02 \quad \text{kNm}$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.54e+06	4.87	0.15	1.00
z	9.29e+05	4.87	0.19	1.00

Resistenza assiale minimo  $N_{b,Rd} = 3.07e+04 \quad \text{kN}$   
 asse y  $N_{b,y,Rd} = 3.07e+04 \quad \text{kN}$   
 asse z  $N_{b,z,Rd} = 3.07e+04 \quad \text{kN}$

Resistenza flessionale asse y  $M_{b,y,Rd} = 7322.68 \quad \text{kNm}$   
 asse z  $M_{z,Rd} = 5690.64 \quad \text{kNm}$

Coefficiente di interazione  $k_{yy} = 0.97$   
 $k_{yz} = 0.97$   
 $k_{zy} = 0.99$   
 $k_{zz} = 0.83$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.69 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.91 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.89 \quad (\text{Verificato})$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	165

### 13.2.1.12 Verifica proprietà 3

PROP. 3 - BEAM n. 393 - SEZIONE IN X = 3.48

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 393 Prop.: 3 Sez.in: 3.48			
Imp 761	M1 = -154.38	M2 = 1611.68	
	N = 14377.99	V1 = 17.80	
	V2 = -249.44	MT = 0.07	
Sezione a T			
D = 1.2450	B = 0.5000	T1 = 0.0250	T2 = 0.0250 T3 = 0.0250
Area		= 8.60e-02	
I11		= 1.44e-02	
I22		= 1.52e-02	

VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 3

$\sigma_{VM}$  = 259.80

$F_R$  = 0.77

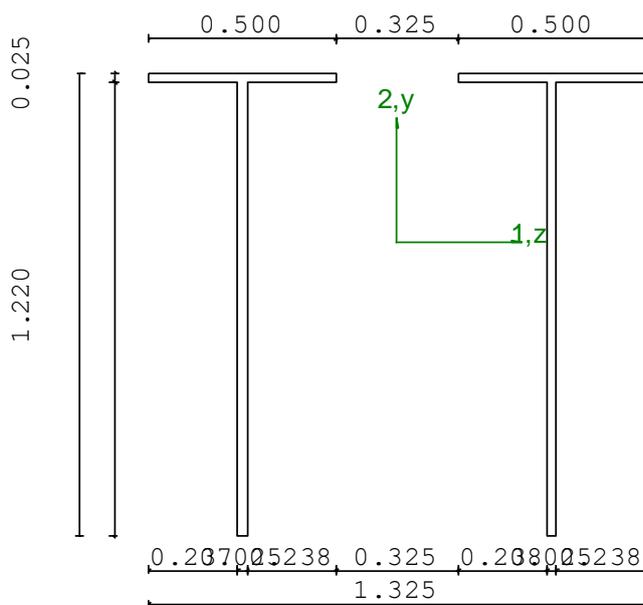
VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 3

$F_{inst-N}$  = 0.00

$F_{inst-PF,y}$  = 0.33

$F_{inst-PF,z}$  = 0.32



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	1.24	m
Larghezza ali	B =	0.50	m
Spessore ali	T1 =	0.03	m
Spessore anima	T2 =	0.03	m
Spessore alette	T3 =	0.03	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$ =	0.25	m
	$X_{2G,el}$ =	0.79	m
Area della sezione	$A_{ch}$ =	4.30e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{ch,11}$ =	7.22e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{ch,22}$ =	2.62e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	$J_{ch}$ =	8.96e-06 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{ch,11}$ =	0.41 m

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI  G. P. I.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	166

asse 2  $i_{ch,22} = 0.08$  m

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA

Distanza netta tra le sezioni	a =	0.33	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.66	m
	$X_{2G,el}$	= 0.79	m
Area della sezione	A =	8.60e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inertia	asse 1	$I_{11} =$	1.44e-02 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	1.52e-02 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.79e-05 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.41 m
	asse 2	$i_{22} =$	0.42 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	3.18e-02 m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	1.83e-02 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	2.29e-02 m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	2.29e-02 m <sup>3</sup>

#### CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza		6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	0.70
	asse 2	$\beta_2 =$	0.70
	asse 3	$\beta_3 =$	0.70

#### Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	0.45	0.98	0.93	0.97
Piano 2	Tipo 9	0.38	0.89	0.82	0.94

#### CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio	S355
Lavorazione	Saldata
Modulo di elasticità	E = 210.00 GPa
Tensione di snervamento (t < 40mm)	$f_y = 355.00$ MPa
Tensione di rottura (t < 40mm)	$f_u = 510.00$ MPa
Tensione di snervamento (t > 40mm)	$f_y = 335.00$ MPa
Tensione di rottura (t > 40mm)	$f_u = 470.00$ MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} = 1.05$
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} = 1.10$

#### SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale	AF =	1.44e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	1.78e+01 kN
	direzione 2	V2 =	-2.49e+02 kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.54e+02 kNm
	direzione 2	M2 =	1.61e+03 kNm
Momento torcente	MT =	7.26e-02	kNm

#### VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:  
 $Cl =$  Classe 3

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	167

Punto maggiormente sollecitato	$y = 0.00$ $z = 0.00$	m m
Tensione da pressoflessione	$\sigma_{pf} = 259.80$	MPa
Tensione tangenziale massima	$\tau_{max} = 0.00$	MPa
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$ $\sigma_{VM}/f_d$	$\sigma_{VM} = 259.80$ $F_R = 0.77$
		MPa Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = 1.38e+04$  kN  
 $M_{z,ED} = 1.84e+03$  kNm  
 $M_{y,ED} = -1.63e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.33e+06	4.87	0.15	1.00
z	1.26e+06	4.87	0.16	1.00

Resistenza assiale

minimo  
asse y  
asse z

$N_{b,Rd} = 2.78e+04$  kN  
 $N_{b,y,Rd} = 2.78e+04$  kN  
 $N_{b,z,Rd} = 2.78e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y  
asse z

$M_{b,y,Rd} = 6117.80$  kNm  
 $M_{z,Rd} = 5891.33$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.97$   
 $k_{yz} = 0.97$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 0.94$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{I-N} = 0.00$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.33$  (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.32$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

PROP. 3 - BEAM n. 225 - SEZIONE IN X = 3.48

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 225 Prop.: 3 Sez.in: 3.48		
Imb 792	M1 = -786.71	M2 = 589.08
	N = 4068.43	V1 = 251.57
	V2 = -284.39	MT = -0.35
Sezione a T		
D = 1.2450	B = 0.5000	T1 = 0.0250 T2 = 0.0250 T3 = 0.0250
Area	= 8.60e-02	
I11	= 1.44e-02	
I22	= 1.52e-02	

VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 3

$\sigma_{VM}$  = 101.64

$F_R$  = 0.30

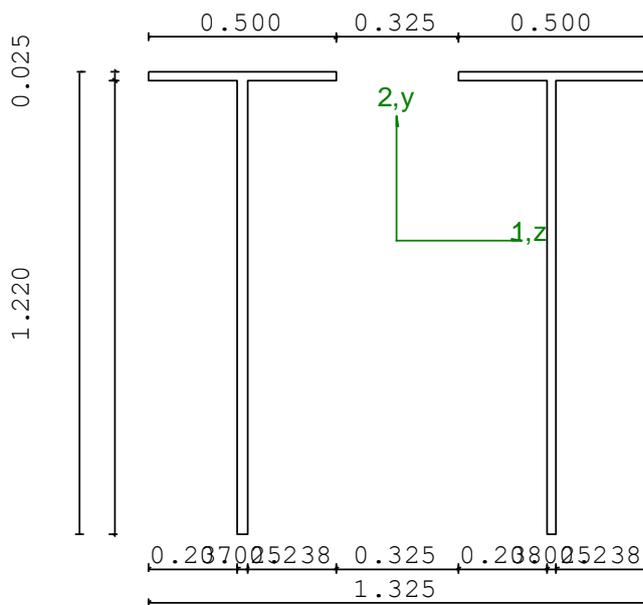
VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 3

$F_{inst-N}$  = 0.00

$F_{inst-PF,y}$  = 0.47

$F_{inst-PF,z}$  = 0.30



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	1.24	m
Larghezza ali	B =	0.50	m
Spessore ali	T1 =	0.03	m
Spessore anima	T2 =	0.03	m
Spessore alette	T3 =	0.03	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$ =	0.25	m
	$X_{2G,el}$ =	0.79	m
Area della sezione	$A_{ch}$ =	4.30e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1 $I_{ch,11}$ =	7.22e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2 $I_{ch,22}$ =	2.62e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3 $J_{ch}$ =	8.96e-06	m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1 $i_{ch,11}$ =	0.41	m
	asse 2 $i_{ch,22}$ =	0.08	m

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA

Distanza netta tra le sezioni		$a =$	0.33	m
Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el} =$	0.66	m
		$X_{2G,el} =$	0.79	m
Area della sezione		$A =$	8.60e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11} =$	1.44e-02	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	1.52e-02	m <sup>4</sup>
	asse 3	$J =$	1.79e-05	m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.41	m
	asse 2	$i_{22} =$	0.42	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	3.18e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	1.83e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	2.29e-02	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	2.29e-02	m <sup>3</sup>

#### CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	0.70	
	asse 2	$\beta_2 =$	0.70	
	asse 3	$\beta_3 =$	0.70	

#### Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	0.27	0.83	0.79	0.83
Piano 2	Tipo 9	-0.18	0.94	0.44	0.40

#### CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		$E =$	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10		

#### SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		$AF =$	4.07e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	$V1 =$	2.52e+02	kN
	direzione 2	$V2 =$	-2.84e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	$M1 =$	-7.87e+02	kNm
	direzione 2	$M2 =$	5.89e+02	kNm
Momento torcente		$MT =$	-3.47e-01	kNm

#### VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:	$Cl =$	Classe 3
Punto maggiormente sollecitato	$y =$	0.00 m
	$z =$	0.00 m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	170

Tensione da pressoflessione		$\sigma_{pf} =$	101.64	MPa
Tensione tangenziale massima		$\tau_{max} =$	0.00	MPa
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$	$\sigma_{VM} =$	101.64	MPa
	$\sigma_{VM}/f_d$	$F_R =$	0.30	Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = 4.07e+03$  kN  
 $M_{z,ED} = 2.56e+03$  kNm  
 $M_{y,ED} = -7.87e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.33e+06	4.86	0.15	1.00
z	1.26e+06	4.86	0.16	1.00

Resistenza assiale

minimo  
asse y  
asse z

$N_{b,Rd} = 2.78e+04$  kN  
 $N_{b,y,Rd} = 2.78e+04$  kN  
 $N_{b,z,Rd} = 2.78e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y  
asse z

$M_{b,y,Rd} = 6117.80$  kNm  
 $M_{z,Rd} = 5891.33$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.83$   
 $k_{yz} = 0.83$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 0.40$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.00$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.47$  (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.30$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.2.1.13 Verifica proprietà 4

PROP. 4 - BEAM n. 237 - SEZIONE IN X = 3.48

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 237 Prop.: 4 Sez.in: 3.48		
Imp 761	M1 = -182.97	M2 = 1849.73
	N = 18782.48	V1 = -8.75
	V2 = -345.64	MT = -2.57e-03
Sezione a T		
D = 1.2550	B = 0.5000	T1 = 0.0350 T2 = 0.0250 T3 = 0.0250
Area	= 9.60e-02	
I11	= 1.63e-02	
I22	= 1.71e-02	

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 3

$\sigma_{VM}$  = 295.24

$F_R$  = 0.87

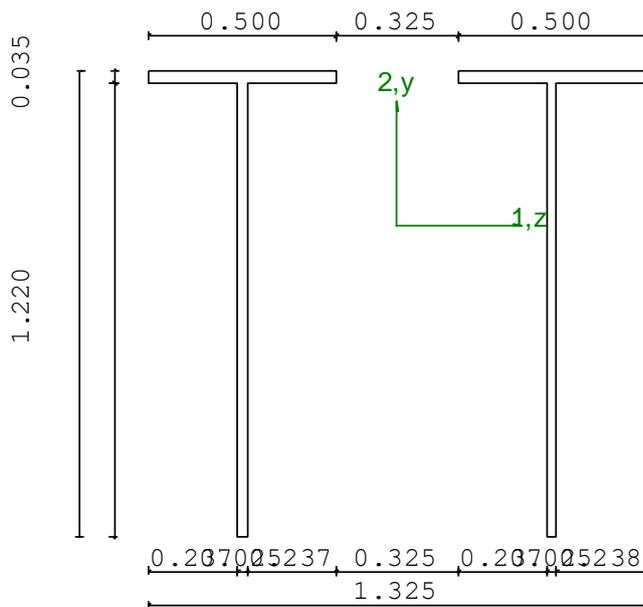
#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 3

$F_{inst-N}$  = 0.00

$F_{inst-PF,y}$  = 0.31

$F_{inst-PF,z}$  = 0.31



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	1.25	m
Larghezza ali	B =	0.50	m
Spessore ali	T1 =	0.04	m
Spessore anima	T2 =	0.03	m
Spessore alette	T3 =	0.03	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$ =	0.25	m
	$X_{2G,el}$ =	0.84	m
Area della sezione	$A_{ch}$ =	4.80e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{ch,11}$ =	8.16e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{ch,22}$ =	3.66e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	$J_{ch}$ =	1.35e-05 m <sup>4</sup>



<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																						
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>173</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>173</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>173</b>													

Punto maggiormente sollecitato	y = 0.00	m
	z = 0.00	m
Tensione da pressoflessione	$\sigma_{pf} = 295.24$	MPa
Tensione tangenziale massima	$\tau_{max} = 0.00$	MPa
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$	$\sigma_{VM} = 295.24$ MPa
	$\sigma_{VM}/f_d$	$F_R = 0.87$ Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = 1.87e+04$  kN  
 $M_{z,ED} = 1.87e+03$  kNm  
 $M_{y,ED} = -1.95e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.49e+06	4.87	0.15	1.00
z	1.43e+06	4.87	0.15	1.00

Resistenza assiale

minimo  
 asse y  $N_{b,Rd} = 3.10e+04$  kN  
 asse z  $N_{b,y,Rd} = 3.10e+04$  kN  
 $N_{b,z,Rd} = 3.10e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y  $M_{b,y,Rd} = 7062.59$  kNm  
 asse z  $M_{z,Rd} = 6281.81$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.95$   
 $k_{yz} = 0.95$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 0.93$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{I-N} = 0.00$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.31$  (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.31$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	174

PROP. 4 - BEAM n. 237 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 237 Prop.: 4 Sez.in: 0.00		
Cmb 43	M1 = -198.81	M2 = 556.85
	N = 16913.49	V1 = -25.17
	V2 = 443.63	MT = 0.17
Sezione a T		
D = 1.2550	B = 0.5000	T1 = 0.0350 T2 = 0.0250 T3 = 0.0250
Area	= 9.60e-02	
I11	= 1.63e-02	
I22	= 1.71e-02	

VERIFICA DI RESISTENZA

Classe = Classe 3

$\sigma_{VM}$  = 209.74

$F_R$  = 0.62

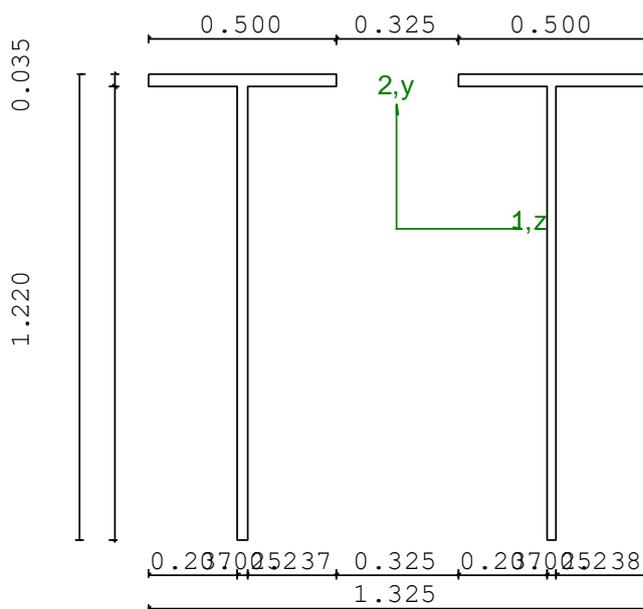
VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 3

$F_{inst-N}$  = 0.00

$F_{inst-PF,y}$  = 0.36

$F_{inst-PF,z}$  = 0.34



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE SINGOLA

Altezza totale	D =	1.25	m
Larghezza ali	B =	0.50	m
Spessore ali	T1 =	0.04	m
Spessore anima	T2 =	0.03	m
Spessore alette	T3 =	0.03	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.25	m
	$X_{2G,el}$	= 0.84	m
Area della sezione	$A_{ch}$	= 4.80e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{ch,11}$	= 8.16e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{ch,22}$	= 3.66e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	$J_{ch}$	= 1.35e-05 m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{ch,11}$	= 0.41 m
	asse 2	$i_{ch,22}$	= 0.09 m

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																		
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 10%;">FASE</td> <td style="width: 10%;">ENTE</td> <td style="width: 10%;">TIPO DOC</td> <td style="width: 10%;">OPERA 7 DISCIPLINA</td> <td style="width: 10%;">PROGR</td> <td style="width: 10%;">REV</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>L10B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI 00 00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>175</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>175</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>175</b>											

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE COMPOSTA**

Distanza netta tra le sezioni		$a =$	0.33	m
Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el} =$	0.66	m
		$X_{2G,el} =$	0.84	m
Area della sezione		$A =$	9.60e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11} =$	1.63e-02	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	1.71e-02	m <sup>4</sup>
	asse 3	$J =$	2.67e-05	m <sup>4</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.41	m
	asse 2	$i_{22} =$	0.42	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	3.92e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	1.95e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	2.58e-02	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	2.58e-02	m <sup>3</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.95	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	0.70	
	asse 2	$\beta_2 =$	0.70	
	asse 3	$\beta_3 =$	0.70	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	0.99	0.98	0.98	0.99
Piano 2	Tipo 9	0.99	0.90	0.89	0.93

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio			S355	
Lavorazione			Saldata	
Modulo di elasticità		$E =$	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$		1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$		1.10	

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		$AF =$	1.69e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	$V1 =$	-2.52e+01	kN
	direzione 2	$V2 =$	4.44e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	$M1 =$	-1.99e+02	kNm
	direzione 2	$M2 =$	5.57e+02	kNm
Momento torcente		$MT =$	1.66e-01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:		$Cl =$	Classe 3	
Punto maggiormente sollecitato		$y =$	0.00	m
		$z =$	0.00	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	176

Tensione da pressoflessione		$\sigma_{pf} =$	209.74	MPa
Tensione tangenziale massima		$\tau_{max} =$	0.00	MPa
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$	$\sigma_{VM} =$	209.74	MPa
	$\sigma_{VM}/f_d$	$F_R =$	0.62	Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale

$N_{ED} = 1.69e+04$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 2.03e+03$  kNm

$M_{y,ED} = -2.56e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.49e+06	4.87	0.15	1.00
z	1.43e+06	4.87	0.15	1.00

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 3.10e+04$  kN

asse y

$N_{b,y,Rd} = 3.10e+04$  kN

asse z

$N_{b,z,Rd} = 3.10e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 7062.59$  kNm

asse z

$M_{z,Rd} = 6281.81$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.99$

$k_{yz} = 0.99$

$k_{zy} = 1.00$

$k_{zz} = 0.93$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.00$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.36$  (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.34$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			Progr <b>001</b>

### 13.2.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Trasv.					Trasv.				
	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)
Beam 393: End 2	49.64	49.64	1.38	0	0.11	73.70	73.70	1.92	0	0.15
Beam 337: End 2	53.74	53.74	1.22	0	0.11	82.46	82.46	1.67	0	0.17
Beam 393: End 2	49.64	49.64	1.38	0	0.11	73.70	73.70	1.92	0	0.15
Beam 395: End 2	52.64	52.64	1.25	0	0.09	79.59	79.59	1.72	0	0.15

NOME: <b>BRIGLIE INFERIORI</b>		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. <b>00</b>
$L_{\Phi}$ (m)	<b>68.50</b>	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
$\Phi_2$	<b>1.00</b>	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	<b>1.00</b>	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
$Y_{Mf}$	<b>1.35</b>	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	<b>1.00</b>	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	<b>1.40</b>	limite fattore $\lambda$	
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	<b>33.3%</b>	% dei treni che si incrociano sul ponte	
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore				
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)				
$\Delta\sigma_1, \Delta\tau_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)				
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)				

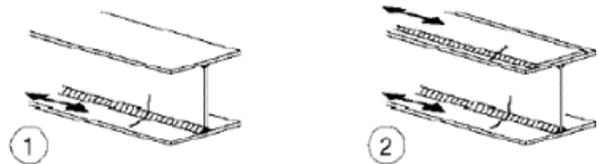
#### DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)

DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

- Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati
- Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piattini di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a



Piattabanda inferiore	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_INF_1	100.0	49.64	73.70	0.67	0.84	0.52	35	0.92	114.9	25.9	85.1	30.4%	OK
BRIGLIA_INF_2	100.0	53.74	82.46	0.65	0.84	0.52	25	1.00	125.0	27.8	92.6	30.1%	OK

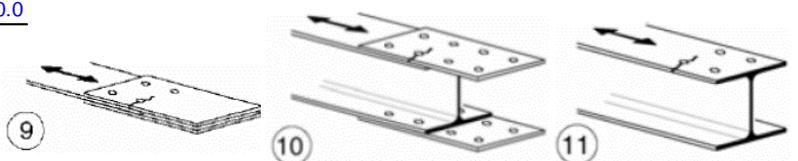
  

Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_INF_1	100.0	1.38	1.92	0.72	0.86	0.53	25	1.00	125.0	0.7	92.6	0.8%	OK
BRIGLIA_INF_2	100.0	1.25	1.72	0.73	0.86	0.53	25	1.00	125.0	0.7	92.6	0.7%	OK

#### DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)

DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **90.0**

- Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati
- Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni AR prearicati
- Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_INF_1	80.0	1.38	1.92	0.72	0.86	0.53	25	1.00	90.0	0.9	66.7	1.4%	OK
BRIGLIA_INF_2	80.0	1.25	1.72	0.73	0.86	0.53	25	1.00	90.0	0.8	66.7	1.2%	OK

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	178

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Fibre Stress		Trasv. Shear Stress		Torsional Stress	Fibre Stress		Trasv. Shear Stress		Torsional Stress
	Min	Max	Dir. 1	Dir. 2		Min	Max	Dir. 1	Dir. 2	
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Beam 436: End 1	44.33	44.33	0.08	0	0.44	66.03	66.03	0.12	0	1.07
Beam 438: End 1	43.31	43.31	0.19	0	0.03	64.15	64.15	0.28	0	0.04
Beam 516: End 2	20.57	20.57	0.03	0	0.69	58.97	58.97	0.11	0	1.15
Beam 290: End 2	40.05	40.05	0.19	0	0.03	63.15	63.15	0.28	0	0.03

NOME: <b>BRIGLIE SUPERIORI</b>		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)					Rev. <b>00</b>
$L_{\Phi}$ (m)	68.50	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)		
$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	1.00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)		
$\gamma_{Mf}$	1.35	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	1.00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)		
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari		
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	1.40	limite fattore $\lambda$		
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	33.3%	% dei treni che si incrociano sul ponte		
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore					
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)					
$\Delta\sigma_1, \Delta T_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)					
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta T_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)					

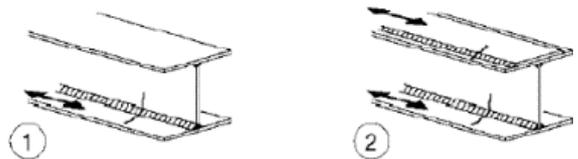
**DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)**

DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

- 1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati
- 2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a

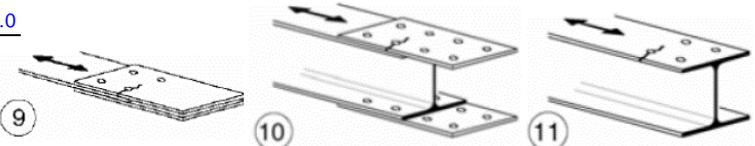


Piattabanda superiore	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/\gamma_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_SUP_1	100.0	44.33	66.03	0.67	0.84	0.52	35	0.92	114.9	23.1	85.1	27.1%	OK
BRIGLIA_SUP_2	100.0	43.31	64.15	0.68	0.84	0.52	25	1.00	125.0	22.6	92.6	24.4%	OK
Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta T_1$ (MPa)	$\Delta T_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta T_{C,red}$ (MPa)	$\Delta T_{E,d}$ (MPa)	$\Delta T_{C,red}/\gamma_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_SUP_1	100.0	0.72	1.26	0.57	0.83	0.51	25	1.00	125.0	0.4	92.6	0.4%	OK
BRIGLIA_SUP_2	100.0	0.22	0.31	0.71	0.85	0.53	25	1.00	125.0	0.1	92.6	0.1%	OK
Piattabanda inferiore	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/\gamma_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_SUP_1	100.0	44.33	66.03	0.67	0.84	0.52	25	1.00	125.0	23.1	92.6	24.9%	OK
BRIGLIA_SUP_2	100.0	28.63	45.31	0.63	0.83	0.52	25	1.00	125.0	14.8	92.6	15.9%	OK

**DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)**

DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **90.0**

- 9) Giunti bullonati con coprighiunti doppi e bulloni calibrati
- 10) Giunti bullonati con coprighiunti singoli e bulloni AR precaricati
- 11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



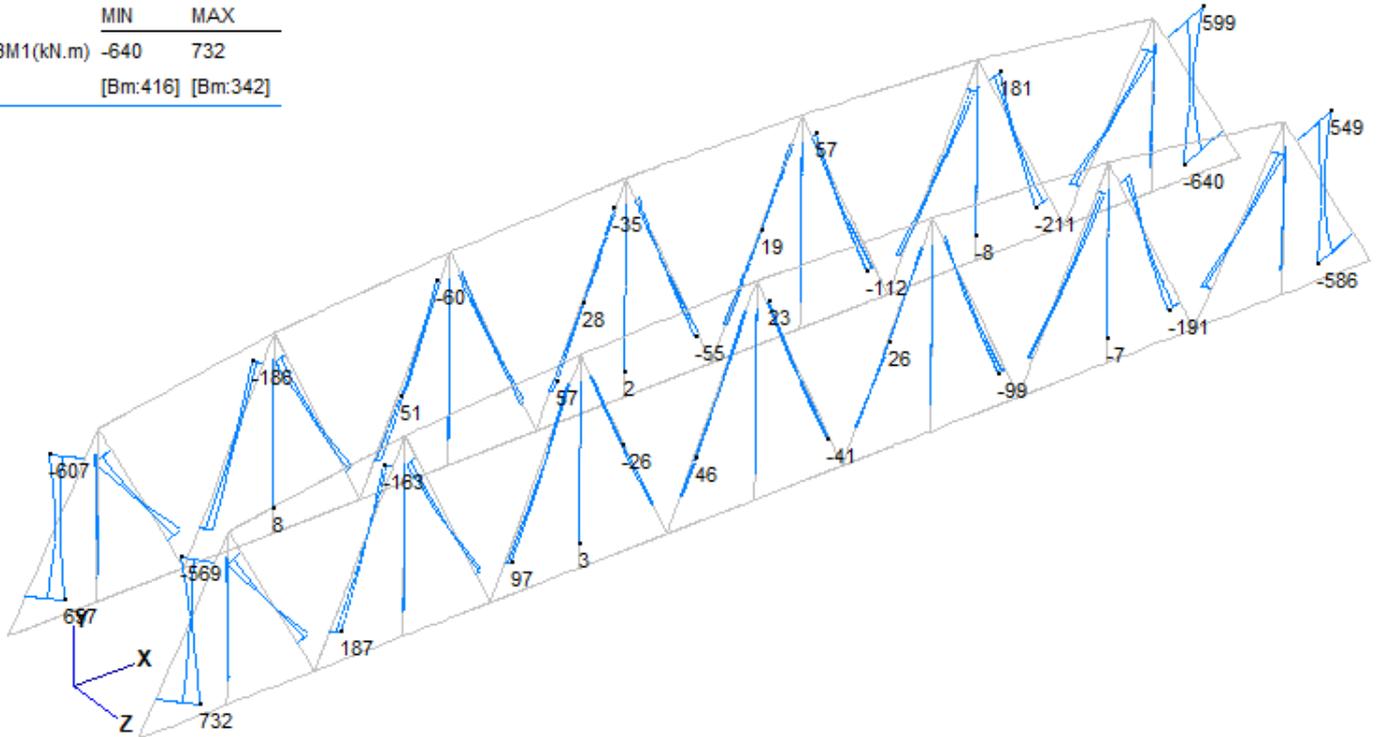
Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta T_1$ (MPa)	$\Delta T_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta T_{C,red}$ (MPa)	$\Delta T_{E,d}$ (MPa)	$\Delta T_{C,red}/\gamma_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA_SUP_1	80.0	0.72	1.26	0.57	0.83	0.51	25	1.00	90.0	0.5	66.7	0.7%	OK
BRIGLIA_SUP_2	80.0	0.22	0.31	0.71	0.85	0.53	25	1.00	90.0	0.1	66.7	0.2%	OK

Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	179

13.3 MONTANTI DIAGONALI

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-640	732
	[Bm:416]	[Bm:342]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-918	607
	[Bm:256]	[Bm:501]

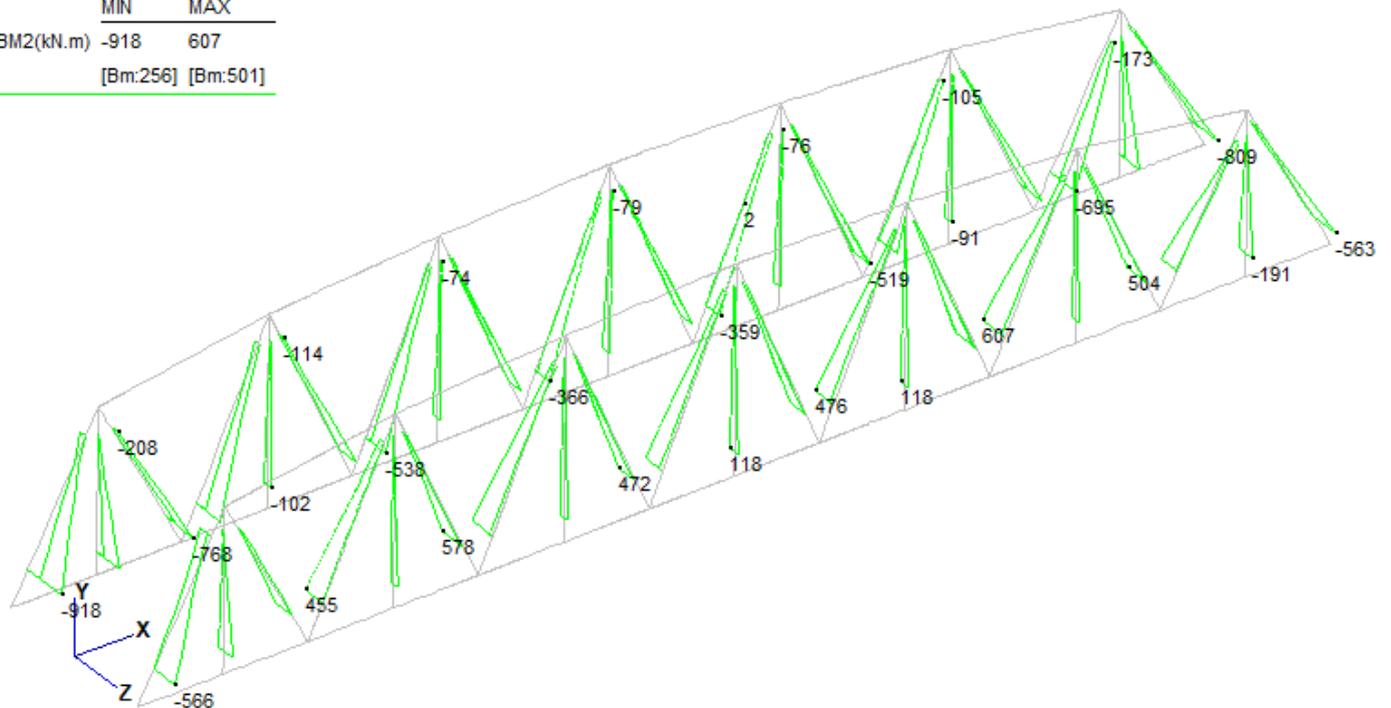
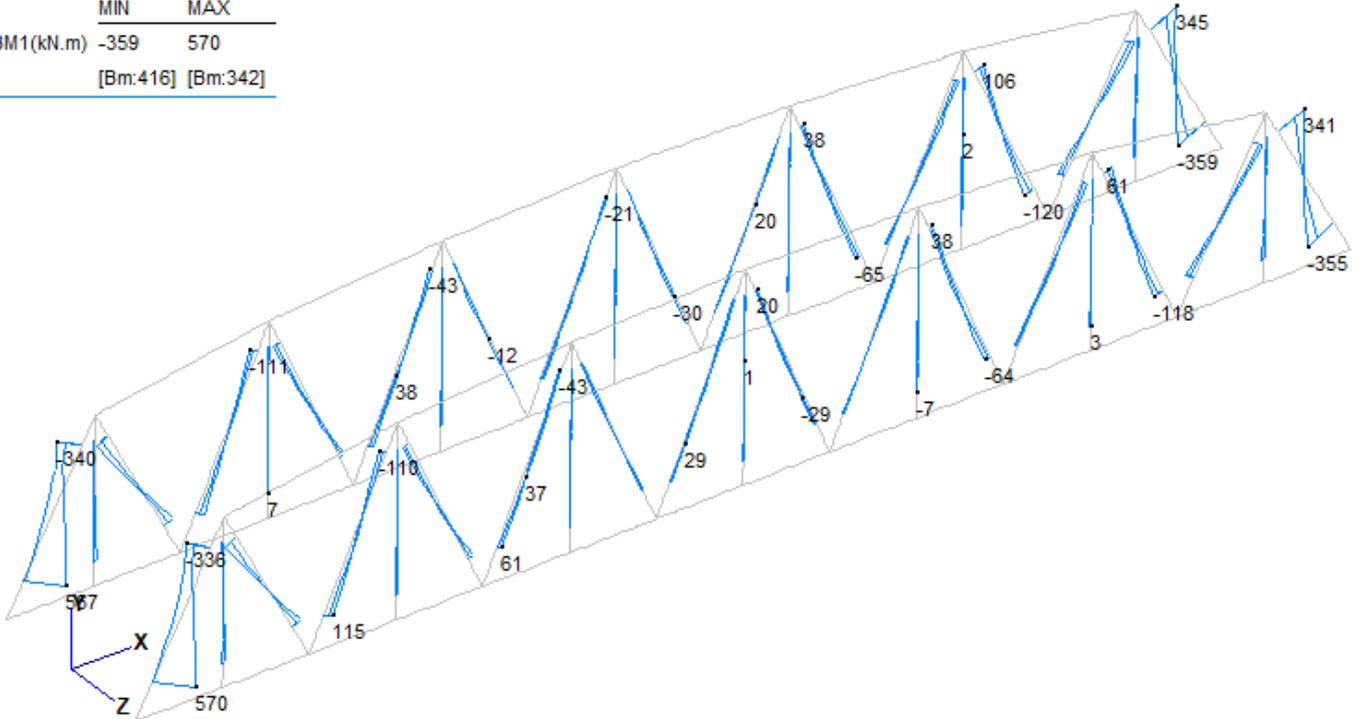


Figura 90 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	180

MIN      MAX  
BM1(kN.m) -359    570  
[Bm:416] [Bm:342]



MIN      MAX  
BM2(kN.m) -1664    1581  
[Bm:256] [Bm:256]

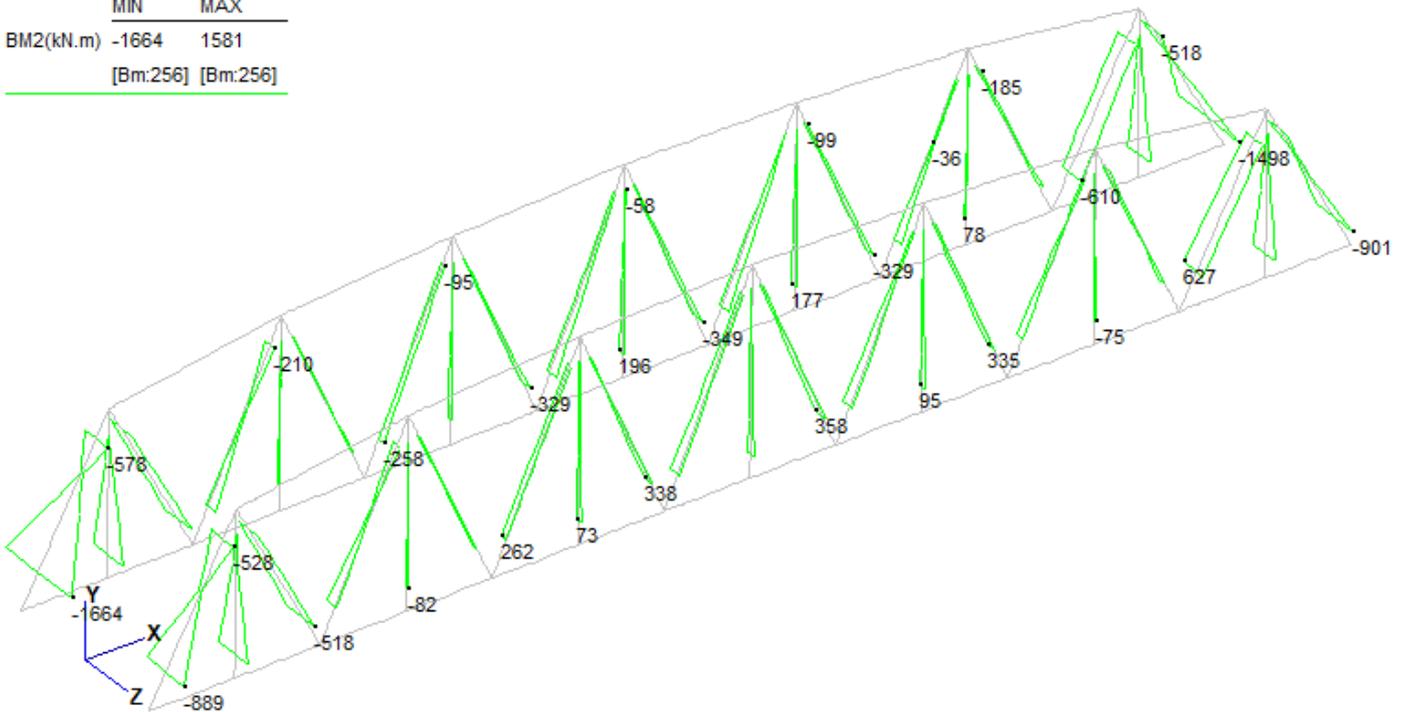
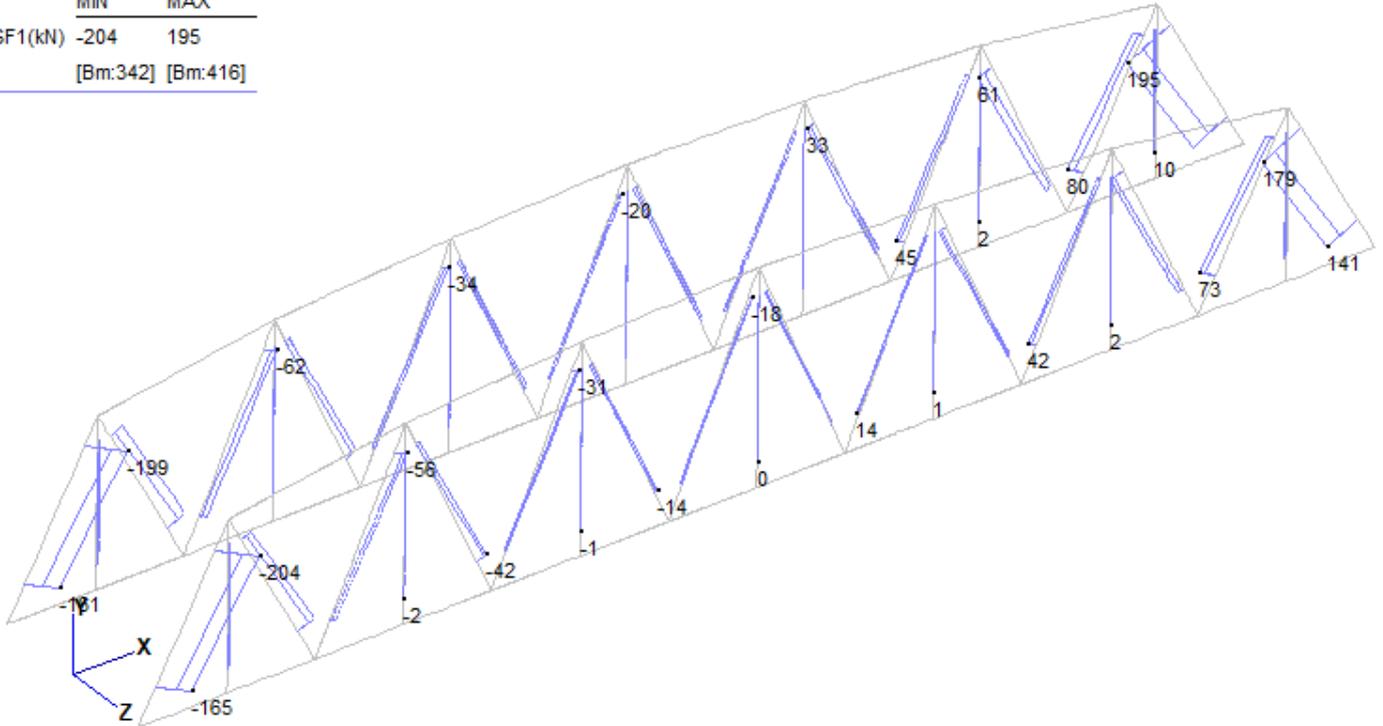


Figura 91 – Modello FEM – Env.SLV – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	181

	MIN	MAX
SF1(kN)	-204	195
	[Bm:342]	[Bm:416]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-82	146
	[Bm:498]	[Bm:256]

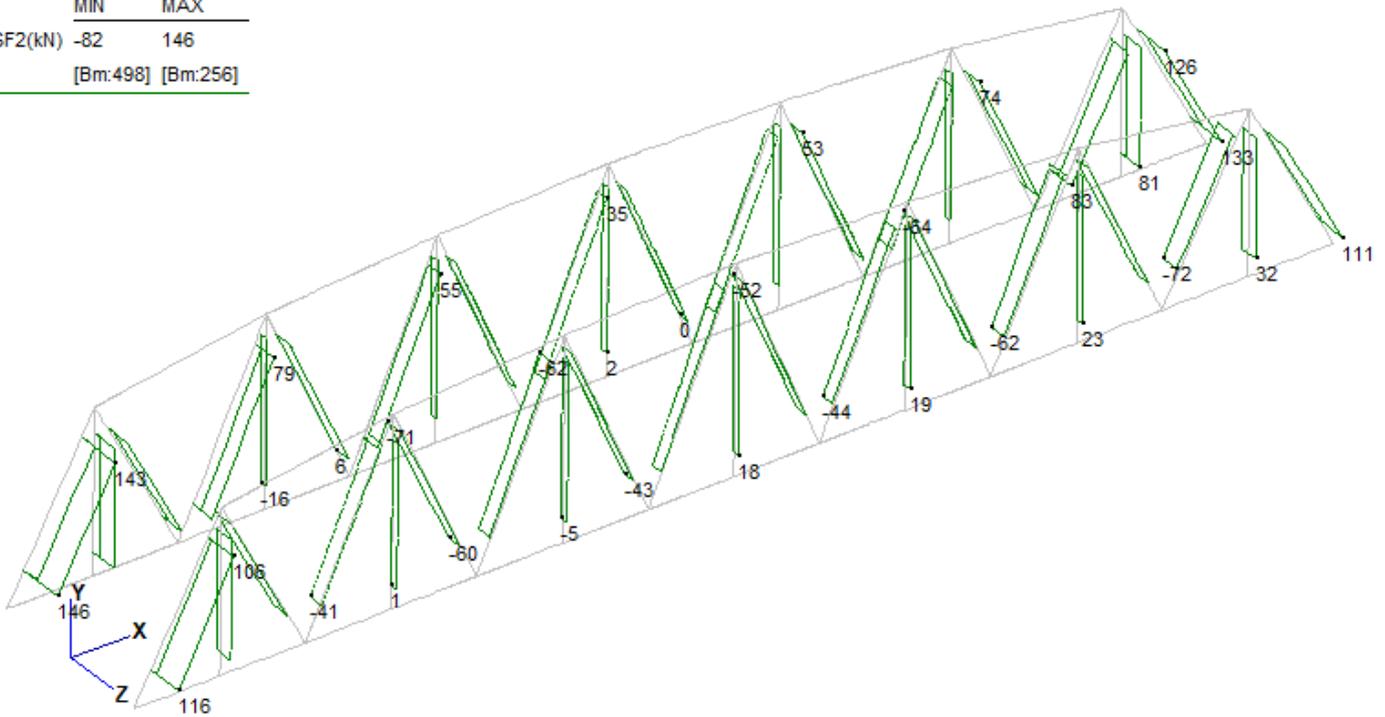
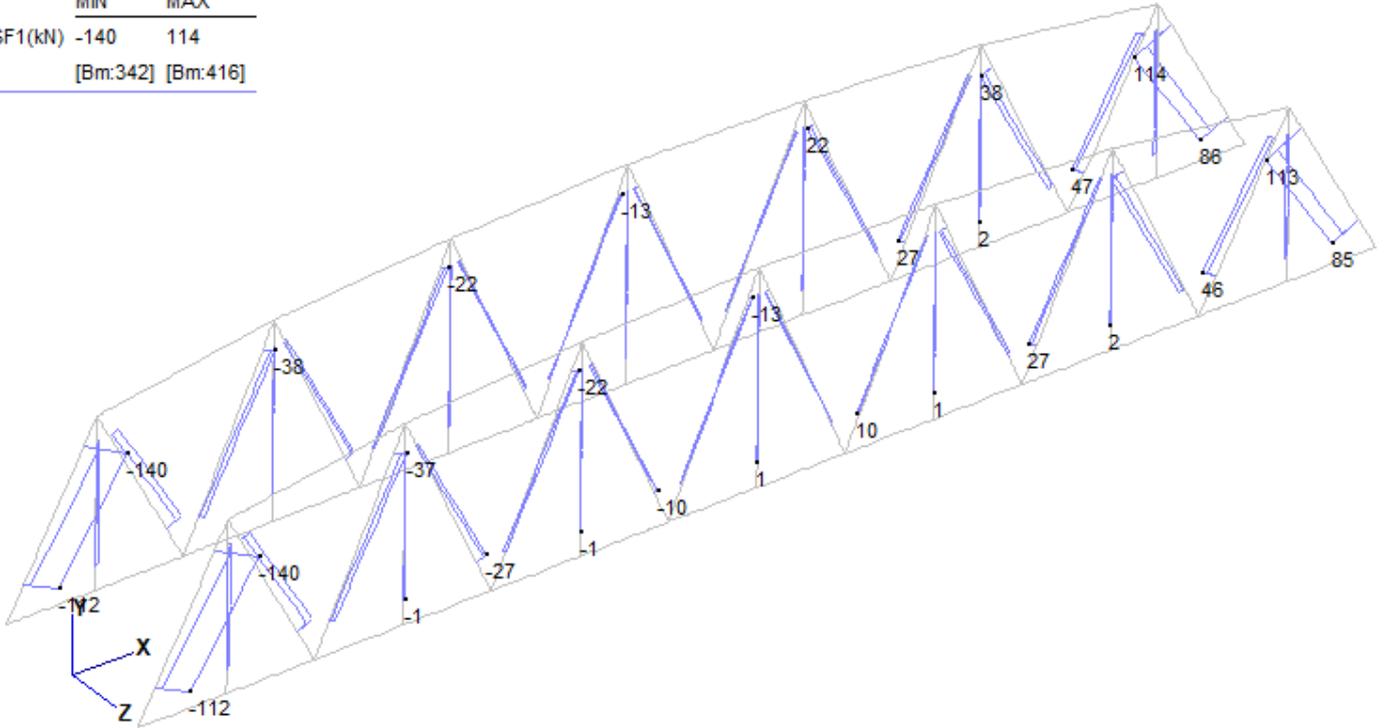


Figura 92 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	182

	MIN	MAX
SF1(kN)	-140	114
	[Bm:342]	[Bm:416]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-307	313
	[Bm:256]	[Bm:256]

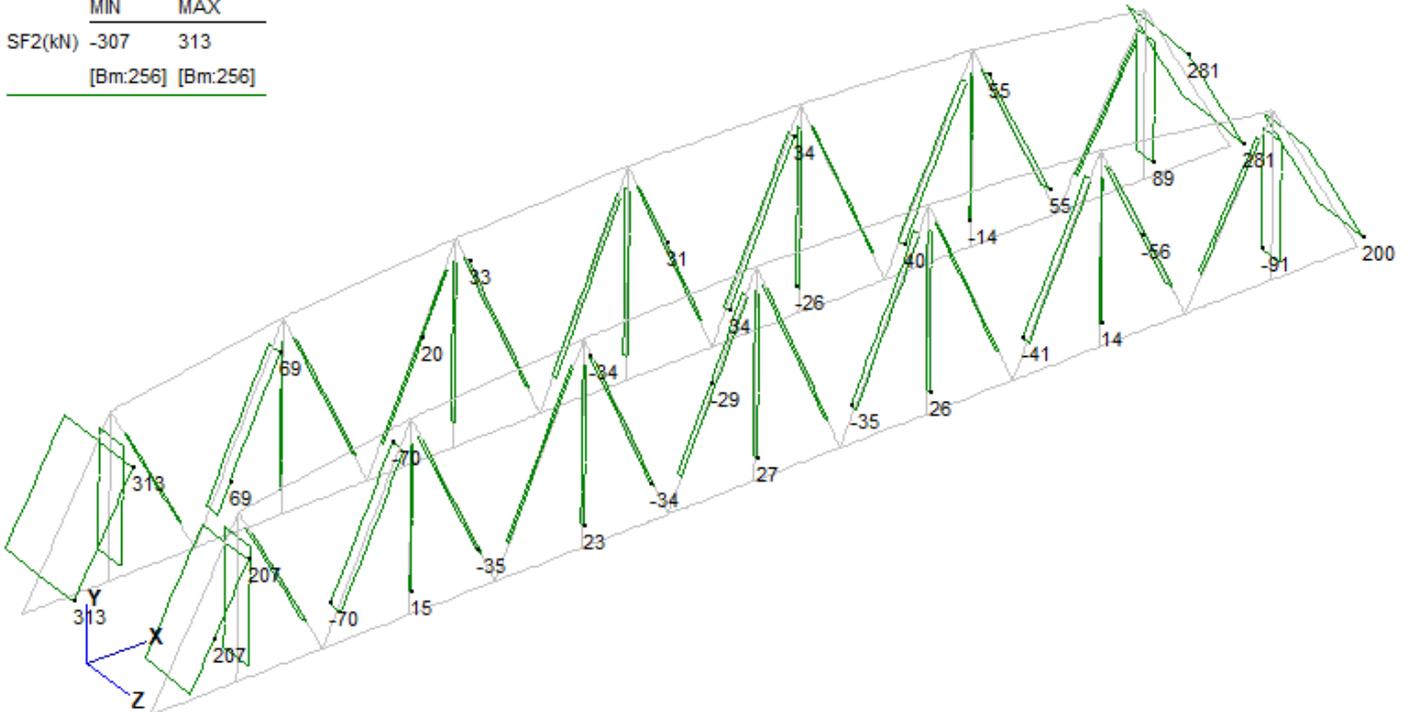


Figura 93 – Modello FEM – Env.SLV – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>183</b>

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-16411	12046
	[Bm:256]	[Bm:258]

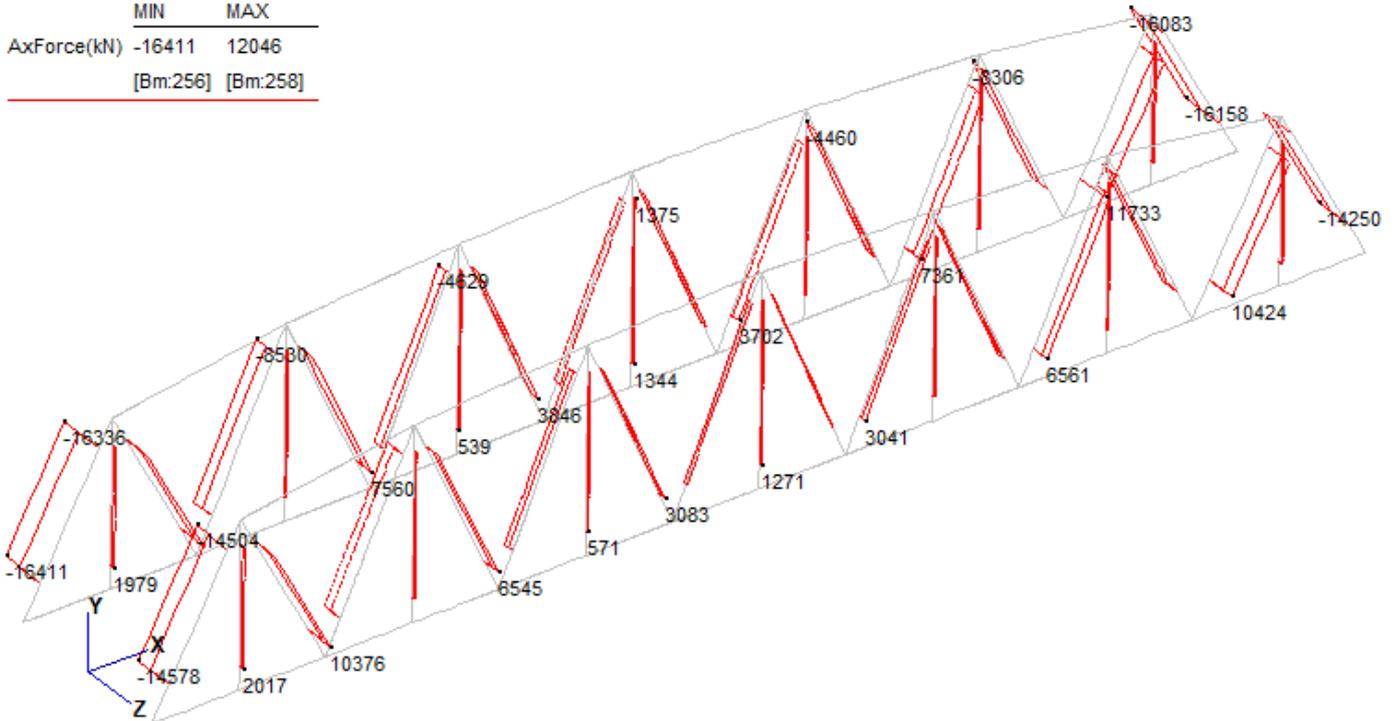


Figura 94 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-8999	6642
	[Bm:416]	[Bm:258]

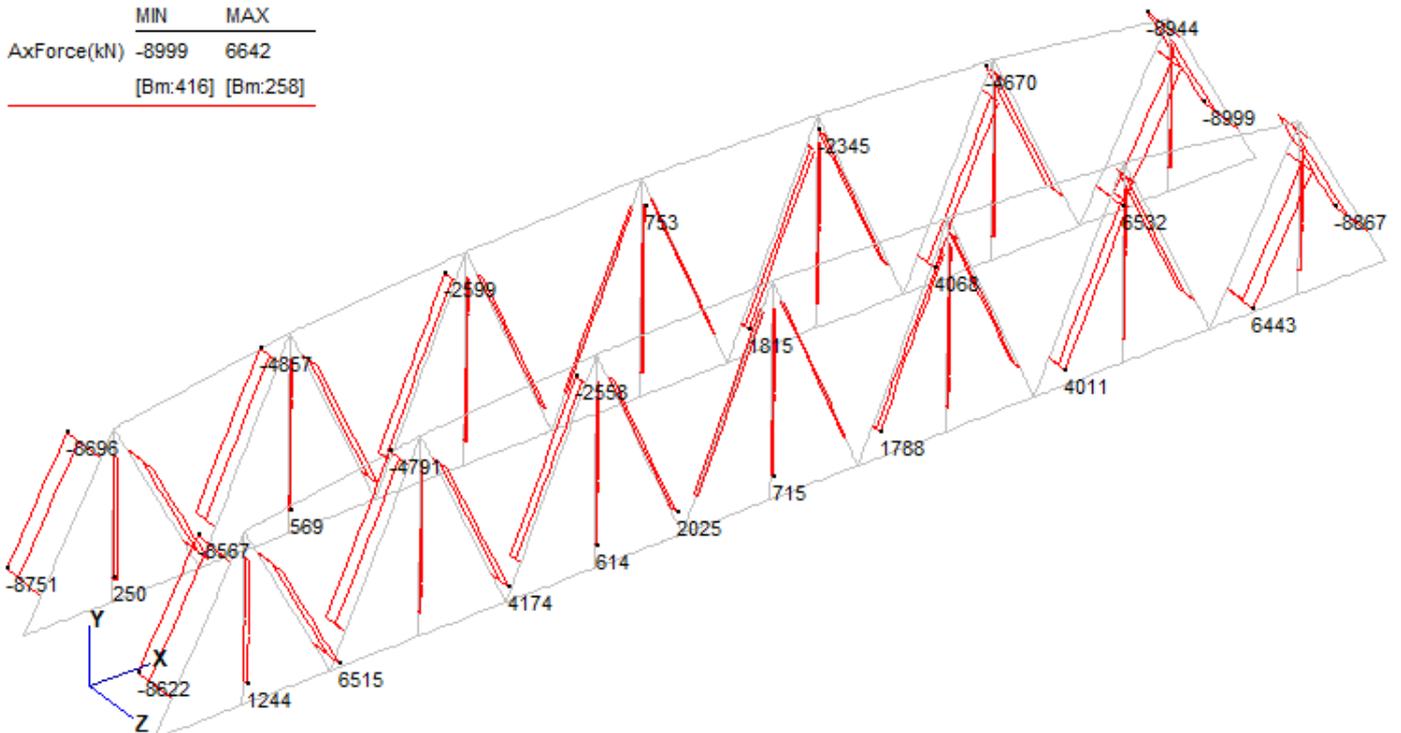
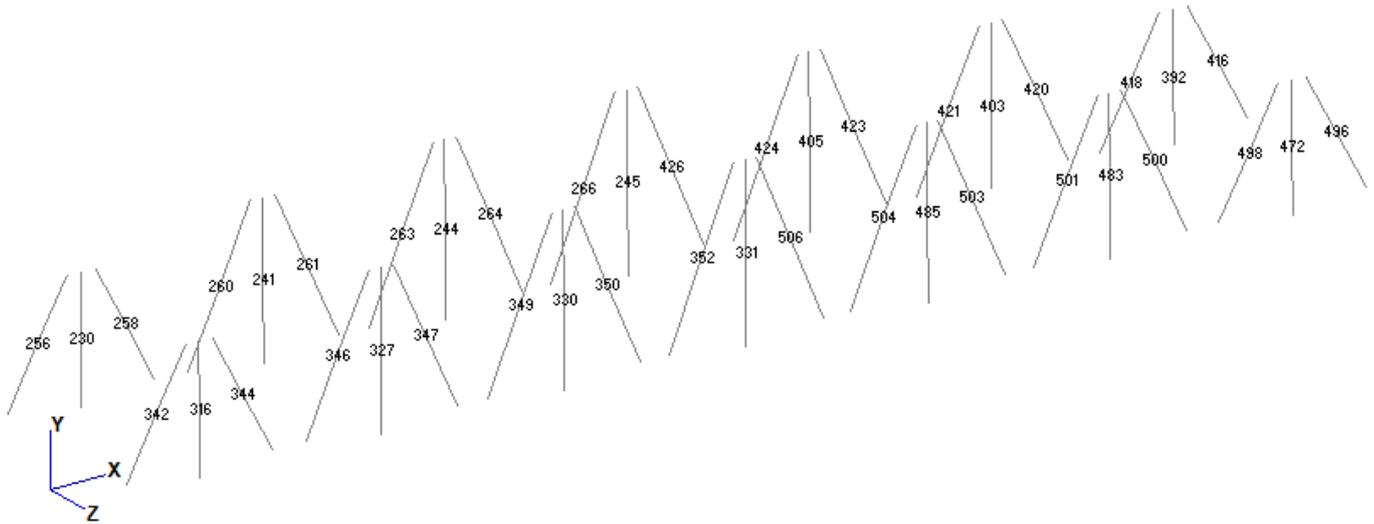


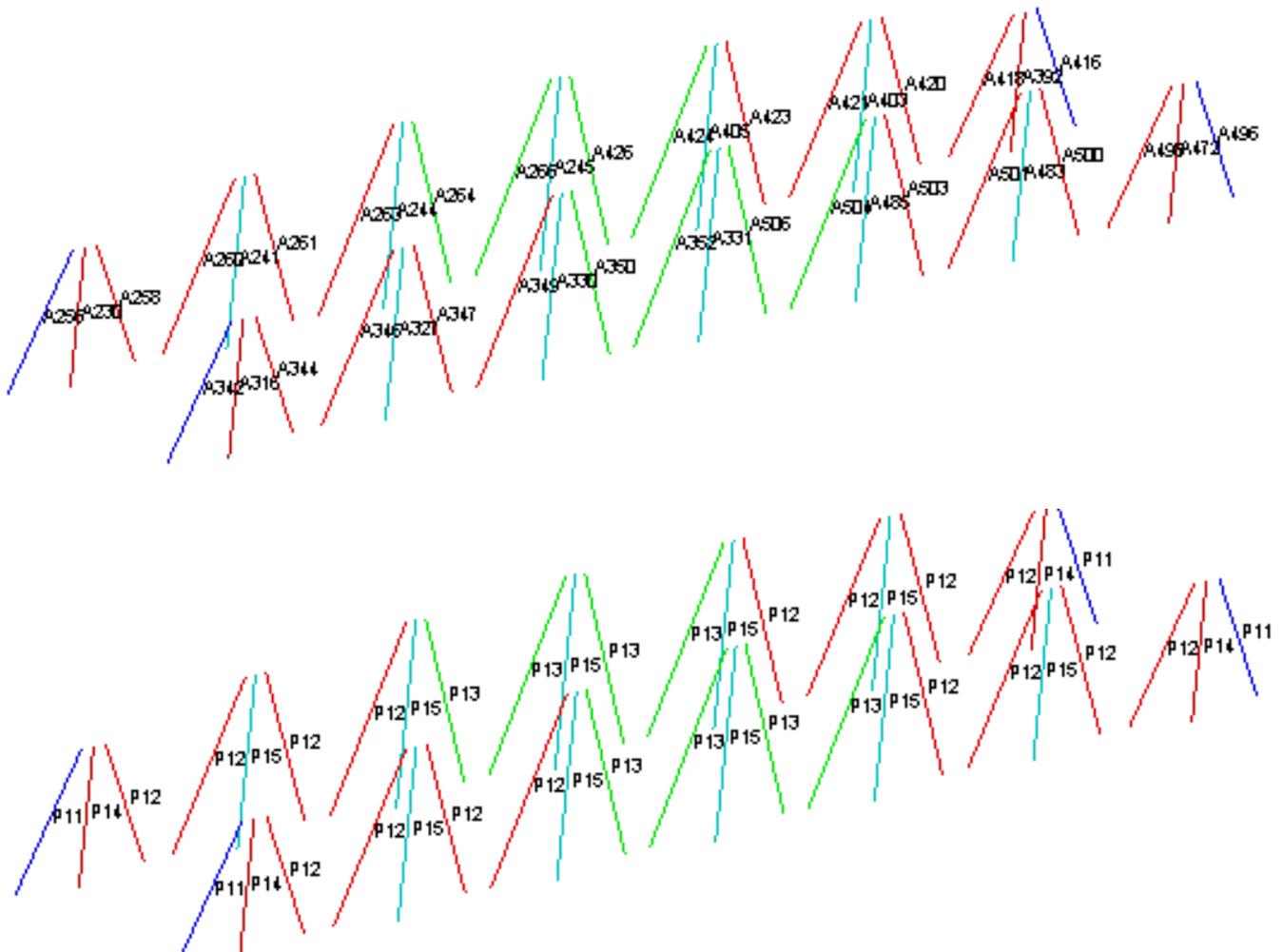
Figura 95 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>184</b>



*Figura 96 – Modello FEM - Numerazione elementi finiti*



*Figura 97 – Postprocessore - Numerazione elementi e proprietà*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.3.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.3.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
11	0.69	256	Cmb 761	1	0.84	256	Cmb 761	1
12	0.65	258	Cmb 761	1	0.65	260	Cmb 763	1
13	0.30	264	Cmb 403	3	0.18	266	Cmb 402	3
14	0.32	230	Cmb 761	1	0.33	230	Cmb 789	1
15	0.18	241	Cmb 30	1	0.20	245	Cmb 788	1

#### 13.3.1.10 Verifica proprietà 11

PROP. 11 - BEAM n. 256 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 256 Prop.: 11 Sez.in: 0.00	
Cmb 761	M1 = 689.41 N = -18162.24 V2 = 169.84 M2 = -1105.98 V1 = -172.43 MT = -1.45
Sezione a I	
D = 0.8000	B1 = 0.7500 T1 = 0.0500 T2 = 0.0500 T3 = 0.0350 B2 = 0.7500
Area	= 9.95e-02
I11	= 1.16e-02
I22	= 3.52e-03

#### VERIFICA DI RESISTENZA

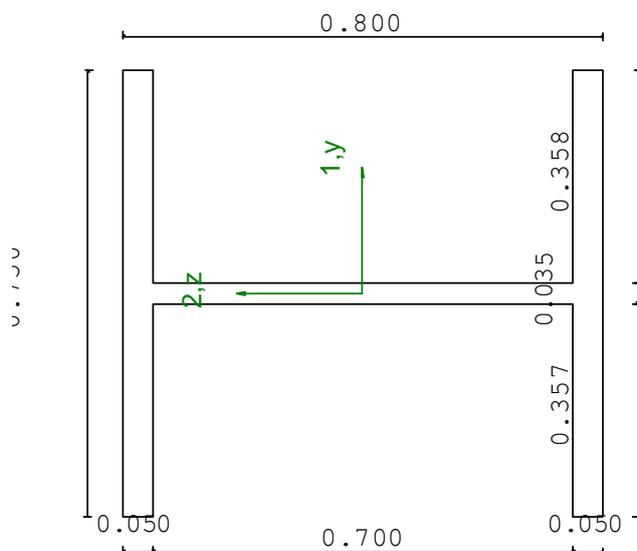
Classe = Classe 1

$F_{R-PF} = 0.69$

$F_{R-V} = 0.05$

$F_{R-T} = 5.43e-03$

$F_{R-\tau} = 0.04$



#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe = Classe 1

$F_{I-N} = 0.73$

$F_{PF,y} = 0.71$

$F_{PF,z} = 0.84$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	186

Altezza totale	D =	0.80	m
Base inferiore	B1 =	0.75	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.05	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.05	m
Spessore anima	T3 =	0.04	m
Base superiore	B2 =	0.75	m
Posizione del baricentro elastico	X <sub>1G,el</sub> =	0.38	m
	X <sub>2G,el</sub> =	0.40	m
Posizione del baricentro plastico	X <sub>1G,pl</sub> =	0.38	m
	X <sub>2G,pl</sub> =	0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio	X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
	X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione	A =	9.95e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	1.16e-02 m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	3.52e-03 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	7.25e-05 m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	0.02	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento	I <sub>ω</sub> =	4.94e-04	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.34 m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.19 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	2.89e-02 m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	2.89e-02 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	9.38e-03 m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	9.38e-03 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	0.03 m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	0.01 m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	7.50e-02 m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	2.45e-02 m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza		7.02	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	-0.95	0.99	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 2	-0.06	0.74	0.58	0.58

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio	S355		
Lavorazione	Saldata		
Modulo di elasticità	E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00 MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00 MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00 MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00 MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10	

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-1.82e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.72e+02	kN

MANDATARIA  HUB <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI  HYpro <small>S.p.A.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>187</b>

Momento flettente	direzione 2	V2 =	1.70e+02	kN
	direzione 1	M1 =	6.89e+02	kNm
Momento torcente	direzione 2	M2 =	-1.11e+03	kNm
		MT =	-1.45e+00	kNm

#### VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale

$N_{Rd} = 31745.24$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse y

$V_{pl,y,Rd} = 4512.95$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,y,T,Rd} = 4503.14$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse z

$V_{pl,z,Rd} = 13815.17$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,z,T,Rd} = 13785.12$  kN

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse y

$M_{y,Rd} = 5045.95$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{y,V,Rd} = 5045.95$  kNm

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse z

$M_{z,Rd} = 3703.54$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{z,V,Rd} = 3703.54$  kNm

Resistenza torsionale elastica

$T_{Rd} = 267.11$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1$$

$\alpha = 2.00, \beta = 2.86$

$F_{R,PF} = 0.69$  Verificato  
 $F_{R-exp} = 0.06$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-V} = 0.05$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

$F_{R-T} = 5.43e-03$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1$$

$F_{R-\tau} = 0.04$  Verificato

#### VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = -1.82e+04$  kN  
 $M_{z,ED} = 6.89e+02$  kNm  
 $M_{y,ED} = -1.11e+03$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	9.91e+05	4.92	0.18	1.00
z	3.02e+05	4.92	0.33	0.90
$\theta$	1.76e+05	7.02	0.44	0.82

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>188</b>

min	1.76e+05		0.44	0.82	
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$	
fless.tors.	1.14e+05	7.02	0.32	0.94	
<hr/>					
Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	2.50e+04	kN	
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	3.03e+04	kN	
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	2.73e+04	kN	
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	9279.34	kNm	
	asse z	$M_{z,Rd} =$	4347.96	kNm	
Coefficiente di interazione		$k_{yy} =$	0.57		
		$k_{yz} =$	0.25		
		$k_{zy} =$	0.93		
		$k_{zz} =$	0.42		
Verifica di Instabilità a Compressione	$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} =$	0.73	(Verificato)	
Verifica di Instabilità a Pressoflessione	$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} =$	0.71	(Verificato)	
	$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} =$	0.84	(Verificato)	

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

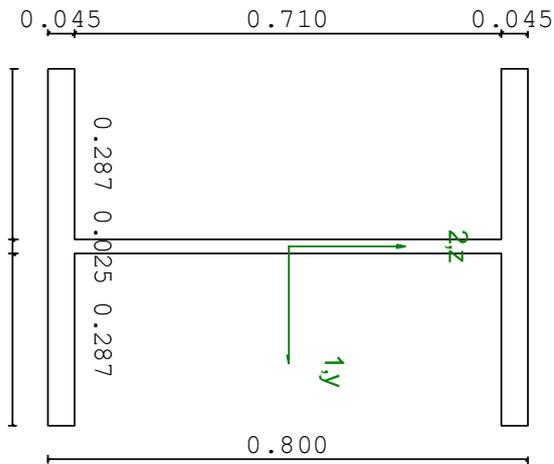
### 13.3.1.11 Verifica proprietà 12

PROP. 12 - BEAM n. 258 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 258 Prop.: 12 Sez.in: 0.00		
Imb 761	M1 = 201.63	M2 = -697.75
	N = 12787.78	V1 = -81.52
	V2 = 65.62	MT = 0.30
Sezione a I		
D = 0.8000	B1 = 0.6000	T1 = 0.0450 T2 = 0.0450 T3 = 0.0250
B2 = 0.6000		
Area	= 7.17e-02	
I11	= 8.45e-03	
I22	= 1.62e-03	

#### VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1  
 $F_{R-PF} = 0.65$   
 $F_{R-V} = 0.03$   
 $F_{R-T} = 1.80e-03$   
 $F_{R-\tau} = 0.02$



#### VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1  
 $F_{I-N} = 0.00$   
 $F_{PF,Y} = 0.11$   
 $F_{PF,Z} = 0.16$

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.80	m
Base inferiore	B1 =	0.60	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.04	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.04	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.60	m
Posizione del baricentro elastico	X <sub>1G,el</sub> =	0.30	m
	X <sub>2G,el</sub> =	0.40	m
Posizione del baricentro plastico	X <sub>1G,pl</sub> =	0.30	m
	X <sub>2G,pl</sub> =	0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio	X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
	X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>190</b>

Area della sezione		A =	7.17e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	8.45e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.62e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	4.01e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	0.01	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	2.31e-04	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.34	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.15	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	2.11e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	2.11e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	5.40e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	5.40e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	0.02	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	8.21e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	5.40e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	1.78e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			7.02	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	-0.73	0.97	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 2	0.37	0.83	0.75	0.75

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	1.28e+04	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-8.15e+01	kN
	direzione 2	V2 =	6.56e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	2.02e+02	kNm
	direzione 2	M2 =	-6.98e+02	kNm
Momento torcente		MT =	2.96e-01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale

N<sub>Rd</sub> = 22891.67 kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	191

Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse y	$V_{pl,y,Rd} = 3269.59$ coeff = 1.00 $V_{pl,y,T,Rd} = 3267.24$	kN kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{pl,z,Rd} = 9946.92$ coeff = 1.00 $V_{pl,z,T,Rd} = 9939.76$	kN kN
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	$M_{y,Rd} = 3782.13$ coeff = 1.00 $M_{y,V,Rd} = 3782.13$	kNm kNm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	$M_{z,Rd} = 2171.68$ coeff = 1.00 $M_{z,V,Rd} = 2171.68$	kNm kNm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} = 164.34$	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.65 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.04$$

$\alpha = 2.00, \beta = 2.79$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-v} = 0.03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 1.80e-03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}/f_y} \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.02 \text{ Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C_I = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = 1.28e+04 \text{ kN}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = -2.74e+02 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ED} = -6.98e+02 \text{ kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	7.24e+05	4.92	0.18	1.00
z	1.39e+05	4.92	0.42	0.84
$\theta$	92246.32	7.02	0.51	0.77
min	92246.32		0.51	0.77
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	41737.80	7.02	0.45	0.87

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 1.69e+04$	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 2.19e+04$	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 1.83e+04$	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 6249.77$	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} = 2500.60$	kNm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} = 0.75$ $k_{yz} = 0.24$	

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	192

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 0.40$$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$$F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,y} = 0.11 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,z} = 0.16 \quad (\text{Verificato})$$

PROP. 12 - BEAM n. 260 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 260 Prop.: 12 Sez.in: 0.00		
Imb 76B	M1 = 216.19	M2 = -610.42
	N = -8719.81	V1 = -32.76
	V2 = 74.81	MT = -0.31
Sezione a I		
D = 0.8000	B1 = 0.6000	T1 = 0.0450 T2 = 0.0450 T3 = 0.0250
B2 = 0.6000		
Area	= 7.17e-02	
I11	= 8.45e-03	
I22	= 1.62e-03	

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1

$$F_{R-PF} = 0.47$$

$$F_{R-V} = 0.03$$

$$F_{R-T} = 1.87e-03$$

$$F_{R-\tau} = 0.02$$

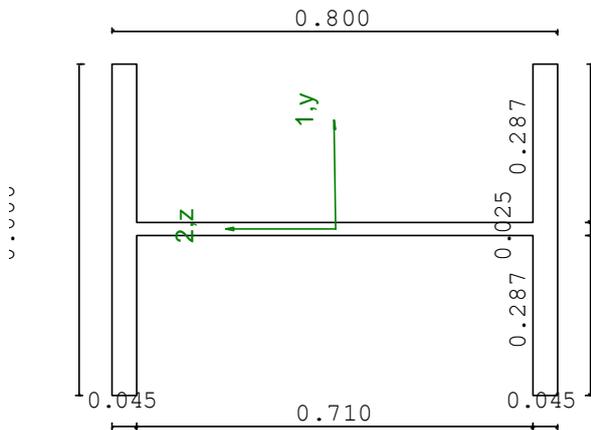
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1

$$F_{I-N} = 0.55$$

$$F_{PF,y} = 0.49$$

$$F_{PF,z} = 0.65$$



**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale	D =	0.80	m
Base inferiore	B1 =	0.60	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.04	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.04	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.60	m

Posizione del baricentro elastico  $X_{1G,el} = 0.30$  m

$X_{2G,el} = 0.40$  m

Posizione del baricentro plastico  $X_{1G,pl} = 0.30$  m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>193</b>

Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{2G,pl}$	= 0.40	m
		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	7.17e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	8.45e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	1.62e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	4.01e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	0.01	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	2.31e-04	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.34	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.15	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	2.11e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	2.11e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	5.40e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	5.40e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	0.02	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	8.21e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	5.40e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	1.78e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			8.48	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	0.70	
	asse 2	$\beta_2$ =	0.70	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	-0.86	0.98	0.45	0.40
Piano 2	Tipo 2	5.63e-03	0.75	0.60	0.60

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-8.72e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-3.28e+01	kN
	direzione 2	V2 =	7.48e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	2.16e+02	kNm
	direzione 2	M2 =	-6.10e+02	kNm
Momento torcente		MT =	-3.08e-01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																		
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 10%;">FASE</td> <td style="width: 10%;">ENTE</td> <td style="width: 10%;">TIPO DOC</td> <td style="width: 15%;">OPERA 7 DISCIPLINA</td> <td style="width: 10%;">PROGR</td> <td style="width: 10%;">REV</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI 00 00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>194</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>194</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>194</b>											

Asse con inerzia maggiore	y-y =	1-1
Asse con inerzia minore	z-z =	2-2
Resistenza assiale	$N_{Rd} =$	22891.67 kN
Resistenza tagliante	asse y	$V_{pl,y,Rd} =$ 3269.59 kN
riduzione per la torsione	coeff =	1.00
	$V_{pl,y,T,Rd} =$	3267.14 kN
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} =$ 9946.92 kN
riduzione per la torsione	coeff =	1.00
	$V_{pl,z,T,Rd} =$	9939.47 kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} =$ 5304.87 kNm
riduzione per il taglio	coeff =	1.00
	$M_{y,V,Rd} =$	5304.87 kNm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} =$ 2537.22 kNm
riduzione per il taglio	coeff =	1.00
	$M_{z,V,Rd} =$	2537.22 kNm
Resistenza torsionale elastica	$T_{Rd} =$	164.34 kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.47 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^\alpha + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^\beta \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.02$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.90$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 1.87e-03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / f_y \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.02 \text{ Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C_I = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = -8.72e+03 \text{ kN}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = 2.16e+02 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ED} = -6.10e+02 \text{ kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	4.97e+05	5.93	0.22	0.99
z	95411.84	5.93	0.50	0.78
$\theta$	70607.12	8.48	0.58	0.72
min	70607.12		0.58	0.72
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	37542.27	8.48	0.47	0.86

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$ 1.58e+04 kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$ 2.16e+04 kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$ 1.70e+04 kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$ 6154.52 kNm
------------------------	--------	----------------------------

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.p.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

asse z  $M_{z,Rd} = 2500.60$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.61$   
 $k_{yz} = 0.29$   
 $k_{zy} = 0.93$   
 $k_{zz} = 0.48$

Verifica di Instabilità a Compressione  
 $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{t-N} = 0.55$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione  
 $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.49$  (Verificato)  
 $(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.65$  (Verificato)

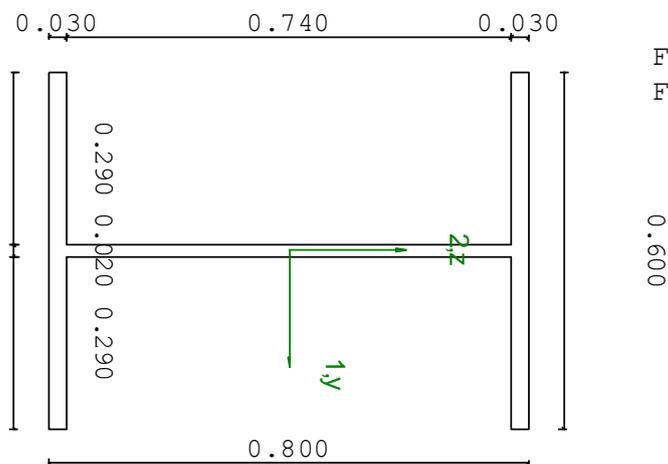
### 13.3.1.12 Verifica proprietà 13

PROP. 13 - BEAM n. 264 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 264 Prop.: 13 Sez.in: 0.00	
Imb 403	M1 = 34.16 M2 = -275.12
	N = 3825.13 V1 = -17.49
	V2 = 31.29 MT = 0.07
Sezione a I	
D = 0.8000 B1 = 0.6000 T1 = 0.0300 T2 = 0.0300 T3 = 0.0200	B2 = 0.6000
Area	= 5.08e-02
I11	= 6.01e-03
I22	= 1.08e-03

VERIFICA DI RESISTENZA  
Classe = Classe 3  
 $\sigma_{VM} = 103.08$   
 $F_R = 0.30$

VERIFICA DI STABILITÀ  
Classe = Classe 3  
 $F_{inst-N} = 0.00$   
 $F_{inst-PF,y} = 0.06$   
 $F_{inst-PF,z} = 0.09$



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	196

Altezza totale		D =	0.80	m
Base inferiore		B1 =	0.60	m
Spessore flangia inferiore		T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore		T2 =	0.03	m
Spessore anima		T3 =	0.02	m
Base superiore		B2 =	0.60	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.30	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.40	m
Posizione del baricentro plastico		X <sub>1G,pl</sub> =	0.30	m
		X <sub>2G,pl</sub> =	0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio		X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
		X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione		A =	5.08e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	6.01e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.08e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.28e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	7.09e-03	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	1.60e-04	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.34	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.15	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	1.50e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	1.50e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	3.60e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	3.60e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	0.02	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	5.47e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	3.60e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	1.48e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			9.15	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	-0.82	0.94	0.65	0.68
Piano 2	Tipo 2	0.01	0.75	0.60	0.60

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	3.83e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.75e+01	kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	197

Momento flettente	direzione 2	V2 =	3.13e+01	kN
	direzione 1	M1 =	3.42e+01	kNm
Momento torcente	direzione 2	M2 =	-2.75e+02	kNm
		MT =	6.88e-02	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 m  
z = 0.00 m

Tensione da pressoflessione

$\sigma_{pf} = 103.08$  MPa

Tensione tangenziale massima

$\tau_{max} = 2.27$  MPa

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$\sigma_{VM} = 103.08$  MPa  
 $F_R = 0.30$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale

$N_{ED} = 3.83e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 3.42e+01$  kNm

$M_{y,ED} = -2.75e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	3.04e+05	6.41	0.24	0.98
z	54539.03	6.41	0.58	0.80
$\theta$	35758.69	9.15	0.71	0.72
min	35758.69		0.71	0.72
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	20067.96	9.15	0.52	0.83

Resistenza assiale

minimo  $N_{b,Rd} = 1.18e+04$  kN  
asse y  $N_{b,y,Rd} = 1.61e+04$  kN  
asse z  $N_{b,z,Rd} = 1.31e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y  $M_{b,y,Rd} = 4047.61$  kNm  
asse z  $M_{z,Rd} = 1162.35$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.60$   
 $k_{yz} = 0.60$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 0.68$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.06 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.09 \quad (\text{Verificato})$$



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	199

	asse 2	$I_{22} =$	1.08e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	$J =$	1.28e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio		$I_p =$	7.09e-03	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento		$I_{\omega} =$	1.60e-04	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.34	m
	asse 2	$i_{22} =$	0.15	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	1.50e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	1.50e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	3.60e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	3.60e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl} =$	0.02	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl} =$	5.47e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl} =$	3.60e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl} =$	1.48e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			9.44	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	0.70	
	asse 2	$\beta_2 =$	0.70	
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	-0.61	0.95	0.68	0.72
Piano 2	Tipo 2	0.28	0.81	0.71	0.71

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		$E =$	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		$AF =$	-1.22e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	$V1 =$	1.19e+00	kN
	direzione 2	$V2 =$	1.75e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	$M1 =$	5.63e+01	kNm
	direzione 2	$M2 =$	-2.09e+02	kNm
Momento torcente		$MT =$	-6.05e-02	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$Cl =$  Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

$y =$  0.00 m  
 $z =$  0.00 m

Tensione da pressoflessione

$\sigma_{pf} =$  -53.52 MPa

Tensione tangenziale massima

$\tau_{max} =$  1.30 MPa

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	200

Tensione ideale  $\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pl}^2 + 3\tau_{max}^2)}$   $\sigma_{VM} = 53.52$  MPa  
 $\sigma_{VM}/f_d$   $F_R = 0.16$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = -1.22e+03$  kN  
 $M_{z,ED} = 5.67e+01$  kNm  
 $M_{y,ED} = -2.09e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	2.85e+05	6.61	0.25	0.98
z	51237.56	6.61	0.59	0.79
θ	34042.52	9.44	0.73	0.71
min	34042.52		0.73	0.71
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	16120.17	9.44	0.58	0.80

Resistenza assiale minimo  $N_{b,Rd} = 1.16e+04$  kN  
 asse y  $N_{b,y,Rd} = 1.61e+04$  kN  
 asse z  $N_{b,z,Rd} = 1.29e+04$  kN

Resistenza flessionale asse y  $M_{b,y,Rd} = 3881.17$  kNm  
 asse z  $M_{z,Rd} = 1162.35$  kNm

Coefficiente di interazione  $k_{yy} = 0.72$   
 $k_{yz} = 0.72$   
 $k_{zy} = 0.99$   
 $k_{zz} = 0.74$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{I-N} = 0.10$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.15$  (Verificato)

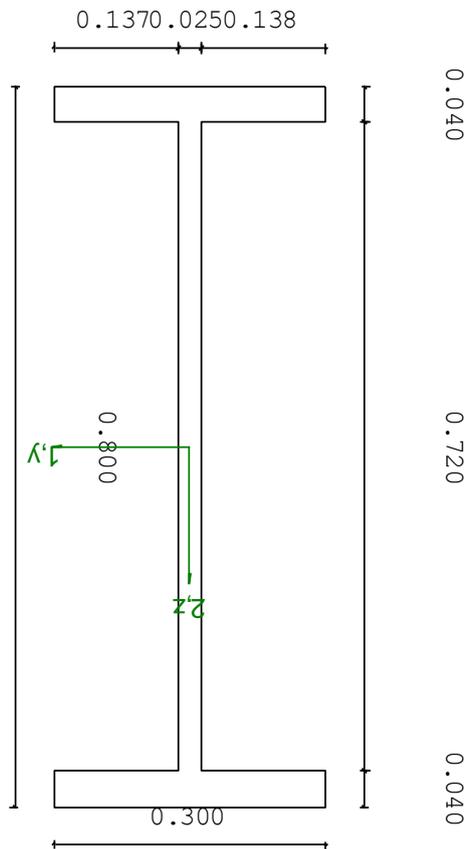
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.18$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

### 13.3.1.13 Verifica proprietà 14

PROP. 14 - BEAM n. 230 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 230 Prop.: 14 Sez.in: 0.00		
Imb 761	M1 = 35.79	M2 = -738.17
	N = 2263.71	V1 = -11.36
	V2 = 110.84	MT = -0.08
Sezione a I		
D = 0.8000	B1 = 0.3000	T1 = 0.0400 T2 = 0.0400 T3 = 0.0250
B2 = 0.3000		
Area	= 4.20e-02	
I11	= 4.25e-03	
I22	= 1.81e-04	



#### VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1  
 $F_{R-PF} = 0.32$   
 $F_{R-V} = 0.03$   
 $F_{R-T} = 1.05e-03$   
 $F_{R-\tau} = 0.03$

#### VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1  
 $F_{I-N} = 0.00$   
 $F_{PF,y} = 0.20$   
 $F_{PF,z} = 0.33$

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.80	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.04	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.04	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.15	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	202

Posizione del baricentro plastico		$X_{2G,el}$	= 0.40	m
		$X_{1G,pl}$	= 0.15	m
		$X_{2G,pl}$	= 0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	4.20e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	4.25e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	1.81e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.65e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	4.43e-03	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	2.60e-05	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.32	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.07	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	1.06e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	1.06e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	1.21e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	1.21e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	0.01	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	1.91e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	2.40e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	1.80e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.75	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	0.70	
	asse 2	$\beta_2$ =	0.70	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 2	-0.88	0.62	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 2	-3.85e-03	0.75	0.60	0.60

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	2.26e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.14e+01	kN
	direzione 2	V2 =	1.11e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	3.58e+01	kNm
	direzione 2	M2 =	-7.38e+02	kNm
Momento torcente		MT =	-8.46e-02	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale		$N_{Rd} =$	14200.00	kN
Resistenza tagliante	asse y	$V_{pl,y,Rd} =$	3513.59	kN
riduzione per la torsione		coeff =	1.00	
		$V_{pl,y,T,Rd} =$	3512.12	kN
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} =$	4684.79	kN
riduzione per la torsione		coeff =	1.00	
		$V_{pl,z,T,Rd} =$	4682.82	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} =$	4178.86	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{y,V,Rd} =$	4178.86	kNm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} =$	646.61	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{z,V,Rd} =$	646.61	kNm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} =$	80.76	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.32 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.09$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 1.05e-03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.03 \text{ Verificato}$$

#### VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale

$N_{ED} = 2.26e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = -4.09e+01$  kNm

$M_{y,ED} = -7.38e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	3.94e+05	4.73	0.19	1.00
z	16797.47	4.73	0.94	0.50
$\theta$	23933.66	6.75	0.79	0.59
min	16797.47		0.94	0.50
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	7993.04	6.75	0.74	0.62

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	6.74e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	1.36e+04	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	6.74e+03	kN



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	205

**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale	D	=	0.80	m
Base inferiore	B1	=	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1	=	0.04	m
Spessore flangia superiore	T2	=	0.04	m
Spessore anima	T3	=	0.03	m
Base superiore	B2	=	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	=	0.15	m
	$X_{2G,el}$	=	0.40	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$	=	0.15	m
	$X_{2G,pl}$	=	0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio	$X_{1CT}-X_{1G}$	=	0.00	m
	$X_{2CT}-X_{2G}$	=	0.00	m
Area della sezione	A	=	4.20e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$	= 4.25e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$	= 1.81e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J	= 1.65e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$	=	4.43e-03	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento	$I_{\omega}$	=	2.60e-05	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$	= 0.32	m
	asse 2	$i_{22}$	= 0.07	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$	= 1.06e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$	= 1.06e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$	= 1.21e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$	= 1.21e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$	= 0.01	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$	= 1.91e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$	= 2.40e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$	= 1.80e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			6.75	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$	= 0.70	
	asse 2	$\beta_2$	= 0.70	
	asse 3	$\beta_3$	= 1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	-0.94	1.00	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 2	-0.02	0.75	0.59	0.59

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$	= 355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$	= 510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$	= 335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$	= 470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$	=	1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$	=	1.10	

**SOLLECITAZIONI:**

MANDATARIA  HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI  HYpro	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>206</b>

Sforzo normale		AF =	3.63e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-7.08e+00	kN
	direzione 2	V2 =	1.17e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	2.47e+01	kNm
	direzione 2	M2 =	-7.79e+02	kNm
Momento torcente		MT =	2.59e+00	kNm

#### VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale		N <sub>Rd</sub> =	14200.00	kN
Resistenza tagliante	asse y	V <sub>pl,y,Rd</sub> =	3513.59	kN
riduzione per la torsione		coeff =	0.99	
		V <sub>pl,y,T,Rd</sub> =	3468.30	kN
Resistenza tagliante	asse z	V <sub>pl,z,Rd</sub> =	4684.79	kN
riduzione per la torsione		coeff =	0.99	
		V <sub>pl,z,T,Rd</sub> =	4624.40	kN
Resistenza flessionale	asse y	M <sub>y,Rd</sub> =	4178.86	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		M <sub>y,V,Rd</sub> =	4178.86	kNm
Resistenza flessionale	asse z	M <sub>z,Rd</sub> =	646.61	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		M <sub>z,V,Rd</sub> =	646.61	kNm
Resistenza torsionale elastica		T <sub>Rd</sub> =	80.76	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1$$

$$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$$

F<sub>R,PF</sub> = 0.21 Verificato  
F<sub>R-exp</sub> = 0.07

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

F<sub>R-V</sub> = 0.04 Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

F<sub>R-T</sub> = 0.03 Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1$$

F<sub>R-τ</sub> = 0.05 Verificato

#### VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale	N <sub>ED</sub> =	3.63e+02	kN
Momento flettente	M <sub>z,ED</sub> =	2.47e+01	kNm
	M <sub>y,ED</sub> =	-7.79e+02	kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P <sub>cr</sub> [kN]	Lunghezza libera l <sub>0</sub> [m]	Snellezza adimensionale λ*	Coefficiente riduttivo χ
y	3.94e+05	4.73	0.19	1.00

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	207

z	16797.47	4.73	0.94	0.50
θ	23933.66	6.75	0.79	0.59
min	16797.47		0.94	0.50

	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	8075.72	6.75	0.74	0.62

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	6.74e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	1.36e+04	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	6.74e+03	kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	2469.70	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	617.22	kNm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} =$	0.59
	$k_{yz} =$	0.24
	$k_{zy} =$	1.00
	$k_{zz} =$	0.40

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.20 \quad (\text{Verificato})$$

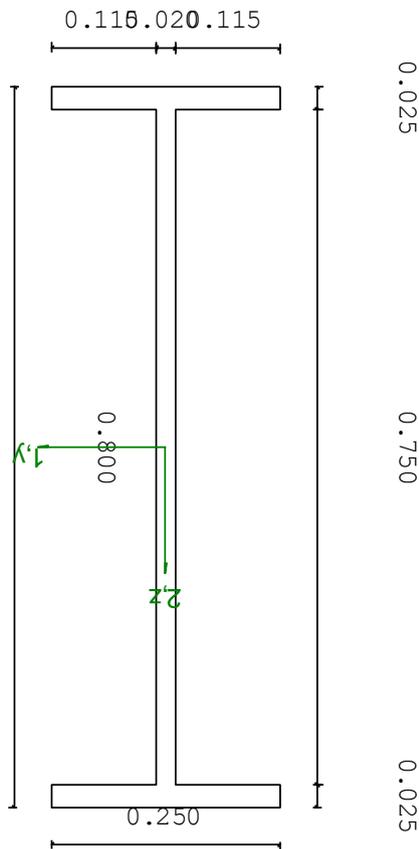
$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.33 \quad (\text{Verificato})$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	208

### 13.3.1.14 Verifica proprietà 15

PROP. 15 - BEAM n. 241 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 241 Prop.: 15 Sez.in: 0.00		
Cmb 30	M1 = 7.49	M2 = -96.46
	N = 1312.92	V1 = -1.85
	V2 = 6.56	MT = -3.57e-03
Sezione a I		
D = 0.8000	B1 = 0.2500	T1 = 0.0250 T2 = 0.0250 T3 = 0.0200
B2 = 0.2500		
Area	= 2.75e-02	
I11	= 2.58e-03	
I22	= 6.56e-05	



#### VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1  
 $F_{R-PF} = 0.18$   
 $F_{R-V} = 3.00e-03$   
 $F_{R-T} = 0.00$   
 $F_{R-\tau} = 2.57e-03$

#### VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1  
 $F_{I-N} = 0.00$   
 $F_{PF,y} = 0.10$   
 $F_{PF,z} = 0.13$

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.80	m
Base inferiore	B1 =	0.25	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m
Spessore anima	T3 =	0.02	m
Base superiore	B2 =	0.25	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.13	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	209

Posizione del baricentro plastico		$X_{2G,el}$	= 0.40	m
		$X_{1G,pl}$	= 0.13	m
		$X_{2G,pl}$	= 0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	2.75e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	2.58e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	6.56e-05	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	4.60e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	2.65e-03	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	9.78e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.31	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.05	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	6.45e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	6.45e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	5.25e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	5.25e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	7.66e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	8.56e-04	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	1.25e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	1.50e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			8.25	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	0.70	
	asse 2	$\beta_2$ =	0.70	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 2	-0.96	0.61	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 2	0.49	0.86	0.80	0.80

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	1.31e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.85e+00	kN
	direzione 2	V2 =	6.56e+00	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	7.49e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	-9.65e+01	kNm
Momento torcente		MT =	-3.57e-03	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

MANDATARIA  HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI  HYpro <small>S.P.A.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>210</b>

Asse con inerzia maggiore		y-y =	1-1	
Asse con inerzia minore		z-z =	2-2	
Resistenza assiale		$N_{Rd} =$	9297.62	kN
Resistenza tagliante	asse y	$V_{pl,y,Rd} =$	2927.99	kN
riduzione per la torsione		coeff =	1.00	
		$V_{pl,y,T,Rd} =$	2927.87	kN
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} =$	2439.99	kN
riduzione per la torsione		coeff =	1.00	
		$V_{pl,z,T,Rd} =$	2439.90	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} =$	2588.54	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{y,V,Rd} =$	2588.54	kNm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} =$	289.49	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{z,V,Rd} =$	289.49	kNm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} =$	35.95	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.18 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.03$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 3.00e-03 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.00 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}/f_y} \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 2.57e-03 \text{ Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C_I = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = 1.31e+03 \text{ kN}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = -7.80e+00 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ED} = -9.65e+01 \text{ kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	1.60e+05	5.78	0.25	0.98
z	4077.05	5.78	1.55	0.30
$\theta$	6968.98	8.25	1.18	0.44
min	4077.05		1.55	0.30
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	1512.74	8.25	1.34	0.32

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	2.66e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	8.73e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	2.66e+03	kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	211

Resistenza flessionale  
 asse y  $M_{b,y,Rd} = 802.21$  kNm  
 asse z  $M_{z,Rd} = 276.34$  kNm

Coefficiente di interazione  
 $k_{yy} = 0.80$   
 $k_{yz} = 0.24$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 0.40$

Verifica di Instabilità a Compressione

$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$   $F_{I-N} = 0.00$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,y} = 0.10$  (Verificato)

$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$   $F_{R-PF,z} = 0.13$  (Verificato)

PROP. 15 - BEAM n. 245 - SEZIONE IN X = 0.00

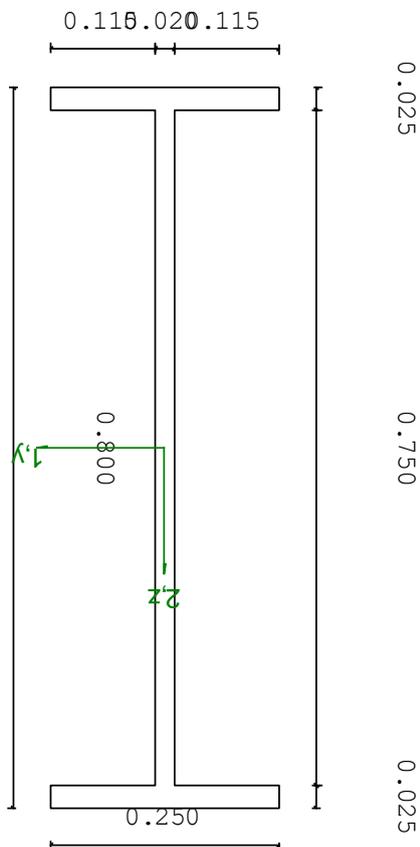
Grp.: TRAVI RETICOLARI Trave: 245 Prop.: 15 Sez.in: 0.00	
Imb 788	$M1 = -1.41$ $M2 = 196.44$
	$N = 431.42$ $V1 = 0.21$
	$V2 = -27.38$ $MT = 1.03$
Sezione a I	
$D = 0.8000$	$B1 = 0.2500$ $T1 = 0.0250$ $T2 = 0.0250$ $T3 = 0.0200$
	$B2 = 0.2500$
Area	= $2.75e-02$
I11	= $2.58e-03$
I22	= $6.56e-05$

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1  
 $F_{R-PF} = 0.12$   
 $F_{R-v} = 9.55e-03$   
 $F_{R-T} = 0.03$   
 $F_{R-\tau} = 0.03$

VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1  
 $F_{I-N} = 0.00$   
 $F_{PF,y} = 0.10$   
 $F_{PF,z} = 0.20$



MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>212</b>

#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.80	m
Base inferiore	B1 =	0.25	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m
Spessore anima	T3 =	0.02	m
Base superiore	B2 =	0.25	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.13	m
	$X_{2G,el}$	= 0.40	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$	= 0.13	m
	$X_{2G,pl}$	= 0.40	m
Distanza baricentro - centro di taglio	$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
	$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione	A =	2.75e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11} =$	2.58e-03 m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22} =$	6.56e-05 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	4.60e-06 m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p =$	2.65e-03	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento	$I_{\omega} =$	9.78e-06	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	0.31 m
	asse 2	$i_{22} =$	0.05 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el} =$	6.45e-03 m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el} =$	6.45e-03 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el} =$	5.25e-04 m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el} =$	5.25e-04 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl} =$	7.66e-03 m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl} =$	8.56e-04 m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl} =$	1.25e-02 m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl} =$	1.50e-02 m <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza		9.25	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	0.70
	asse 2	$\beta_2 =$	0.70
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00

#### Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	-0.40	0.95	0.50	0.47
Piano 2	Tipo 2	-0.29	0.70	0.48	0.48

#### CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio	S355
Lavorazione	Saldata
Modulo di elasticità	E = 210.00 GPa
Tensione di snervamento (t < 40mm)	$f_y =$ 355.00 MPa
Tensione di rottura (t < 40mm)	$f_u =$ 510.00 MPa
Tensione di snervamento (t > 40mm)	$f_y =$ 335.00 MPa
Tensione di rottura (t > 40mm)	$f_u =$ 470.00 MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0} =$ 1.05
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1} =$ 1.10

#### SOLLECITAZIONI:

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																		
<p><b>Relazione di calcolo impalcato –</b></p> <p><b>tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">COMMESSA</th> <th style="width: 10%;">LOTTO</th> <th style="width: 10%;">FASE</th> <th style="width: 10%;">ENTE</th> <th style="width: 10%;">TIPO DOC</th> <th style="width: 10%;">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th style="width: 10%;">PROGR</th> <th style="width: 10%;">REV</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI 00 00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>213</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>213</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>213</b>											

Sforzo normale		AF =	4.31e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	2.08e-01	kN
	direzione 2	V2 =	-2.74e+01	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.41e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	1.96e+02	kNm
Momento torcente		MT =	1.03e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale

$N_{Rd} = 9297.62$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse y

$V_{pl,y,Rd} = 2927.99$  kN  
coeff = 0.99  
 $V_{pl,y,T,Rd} = 2894.25$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse z

$V_{pl,z,Rd} = 2439.99$  kN  
coeff = 0.99  
 $V_{pl,z,T,Rd} = 2411.87$  kN

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse y

$M_{y,Rd} = 2588.54$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{y,V,Rd} = 2588.54$  kNm

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse z

$M_{z,Rd} = 289.49$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{z,V,Rd} = 289.49$  kNm

Resistenza torsionale elastica

$T_{Rd} = 35.95$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

$F_{R,PF} = 0.12$  Verificato  
 $F_{R-exp} = 0.01$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-V} = 9.55e-03$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

$F_{R-T} = 0.03$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1$$

$F_{R-\tau} = 0.03$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = 4.31e+02$  kN  
 $M_{z,ED} = -1.41e+00$  kNm  
 $M_{y,ED} = 1.96e+02$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
------	----------------	------------------	-------------------------	------------------------

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	1.28e+05	6.48	0.28	0.97
z	3243.18	6.48	1.73	0.25
$\theta$	6336.27	9.25	1.24	0.41
min	3243.18		1.73	0.25

	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	2052.13	9.25	1.15	0.40

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	2.21e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	8.63e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	2.21e+03	kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	979.76	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	276.34	kNm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} =$	0.48
	$k_{yz} =$	0.28
	$k_{zy} =$	1.00
	$k_{zz} =$	0.47

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.10 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.20 \quad (\text{Verificato})$$

### 13.3.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Fibre Stress		Trasv. Shear Stress		Torsional Stress	Fibre Stress		Trasv. Shear Stress		Torsional Stress
	Min	Max	Dir. 1	Dir. 2	(MPa)	Min	Max	Dir. 1	Dir. 2	(MPa)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Beam 416: End 1	45.46	45.46	0.31	1.25	0.14	61.86	61.86	0.25	0.98	0.15
Beam 258: End 1	41.38	41.38	0.21	0.83	0.08	64.21	64.21	0.48	1.93	0.14
Beam 504: End 1	15.77	15.77	0.31	1.08	0.04	31.17	31.17	0.43	1.51	0.08
Beam 230: End 1	28.20	28.20	0.11	1.32	0.01	40.74	40.74	0.16	1.87	0.03
Beam 504: End 1	21.00	21.00	0.04	0.32	0.03	38.01	38.01	0.06	0.95	0.01
Beam 256: End 1	43.49	43.49	0.36	1.42	0.16	61.28	61.28	0.26	1.04	0.15
Beam 498: End 1	16.15	16.15	0.29	1.16	0.03	50.03	50.03	0.51	2.05	0.12
Beam 504: End 2	7.74	7.74	0.02	1.08	0.04	22.34	22.34	0.08	1.51	0.08
Beam 230: End 1	28.20	28.20	0.11	1.32	0.01	40.74	40.74	0.16	1.87	0.03
Beam 483: End 2	6.11	6.11	0.02	0.68	0.04	19.5	19.5	0.06	1.06	0.02

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	215

NOME: <b>MONTANTI DIAGONALI</b>		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)					Rev. 00
$L_{\phi}$ (m)	68.25	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)		
$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	1.00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)		
$Y_{Mf}$	1.35	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	1.00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)		
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari		
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	1.40	limite fattore $\lambda$		
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	33.3%	% dei treni che si incrociano sul ponte		
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore					
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)					
$\Delta\sigma_1, \Delta T_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)					
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta T_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)					

**DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)**

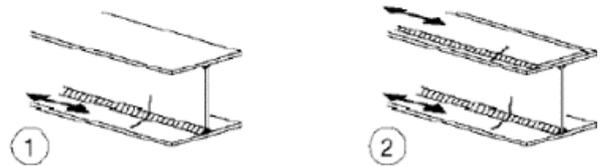
DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati

2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a



Piattabande	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
MONTANTE_1	100.0	45.46	61.86	0.73	0.86	0.53	50	0.84	105.1	24.2	77.9	31.1%	OK
MONTANTE_2	100.0	41.38	64.21	0.64	0.84	0.52	45	0.86	107.9	21.4	79.9	26.8%	OK
MONTANTE_3	100.0	15.77	31.17	0.51	0.82	0.51	30	0.96	119.4	8.0	88.5	9.1%	OK
MONTANTE_4	100.0	28.20	40.74	0.69	0.85	0.52	40	0.89	111.1	14.8	82.3	18.0%	OK
MONTANTE_5	100.0	21.00	38.01	0.55	0.82	0.51	25	1.00	125.0	10.7	92.6	11.5%	OK

Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta T_1$ (MPa)	$\Delta T_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta T_{C,red}$ (MPa)	$\Delta T_{E,d}$ (MPa)	$\Delta T_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
MONTANTE_1	100.0	1.94	1.45	0.75	0.87	0.54	35	0.92	114.9	1.0	85.1	1.2%	OK
MONTANTE_2	100.0	1.48	2.68	0.55	0.82	0.51	25	1.00	125.0	0.8	92.6	0.8%	OK
MONTANTE_3	100.0	1.14	1.67	0.68	0.85	0.52	20	1.00	125.0	0.6	92.6	0.6%	OK
MONTANTE_4	100.0	1.44	2.06	0.70	0.85	0.53	25	1.00	125.0	0.8	92.6	0.8%	OK
MONTANTE_5	100.0	0.74	1.14	0.65	0.84	0.52	20	1.00	125.0	0.4	92.6	0.4%	OK

**DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)**

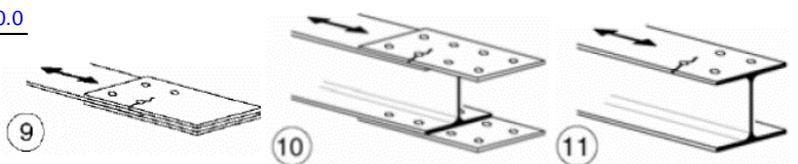
DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **90.0**

9) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati

10) Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni

AR precaricati

11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta T_1$ (MPa)	$\Delta T_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta T_{C,red}$ (MPa)	$\Delta T_{E,d}$ (MPa)	$\Delta T_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
MONTANTE_1	80.0	1.94	1.45	0.75	0.87	0.54	35	0.92	82.7	1.3	61.3	2.1%	OK
MONTANTE_2	80.0	1.48	2.68	0.55	0.82	0.51	25	1.00	90.0	0.9	66.7	1.4%	OK
MONTANTE_3	80.0	1.14	1.67	0.68	0.85	0.52	20	1.00	90.0	0.7	66.7	1.1%	OK
MONTANTE_4	80.0	1.44	2.06	0.70	0.85	0.53	25	1.00	90.0	0.9	66.7	1.4%	OK
MONTANTE_5	80.0	0.74	1.14	0.65	0.84	0.52	20	1.00	90.0	0.5	66.7	0.7%	OK

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	216

**13.4 CONTROVENTI INFERIORI**

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-616	1798
	[Bm:80]	[Bm:65]

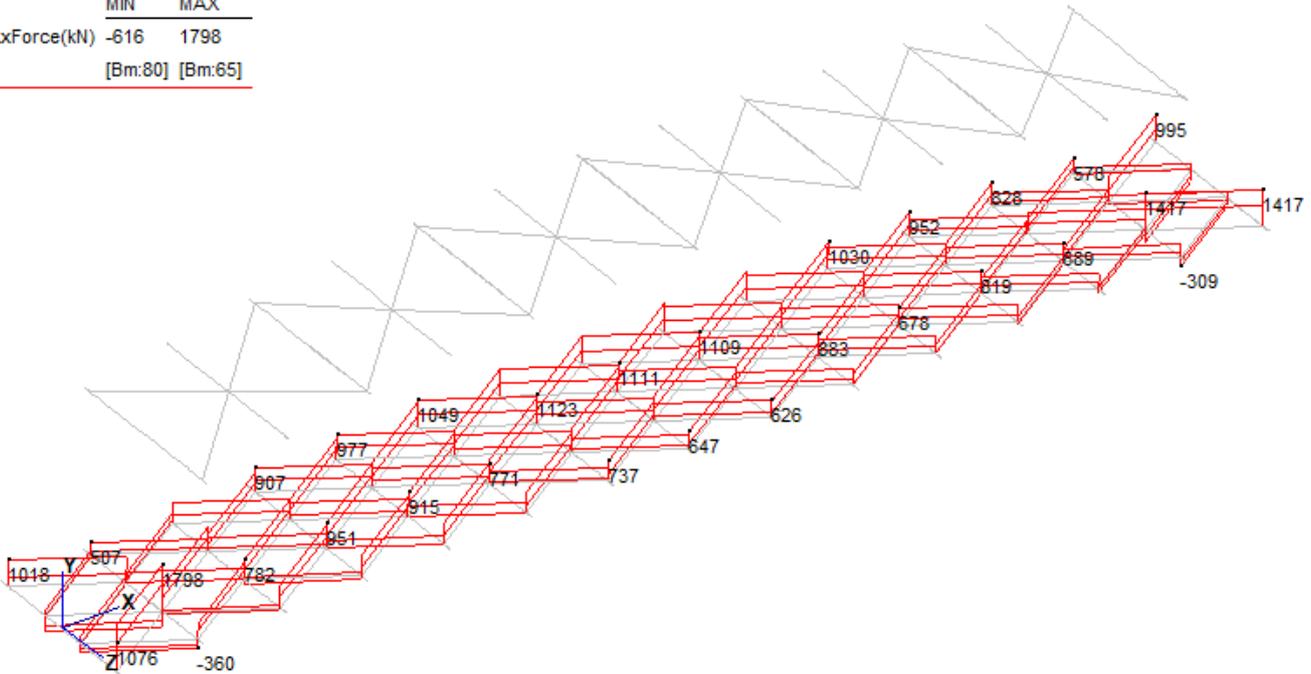


Figura 98 – Modello FEM – Env.SLU\_travi – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1422	2533
	[Bm:65]	[Bm:65]

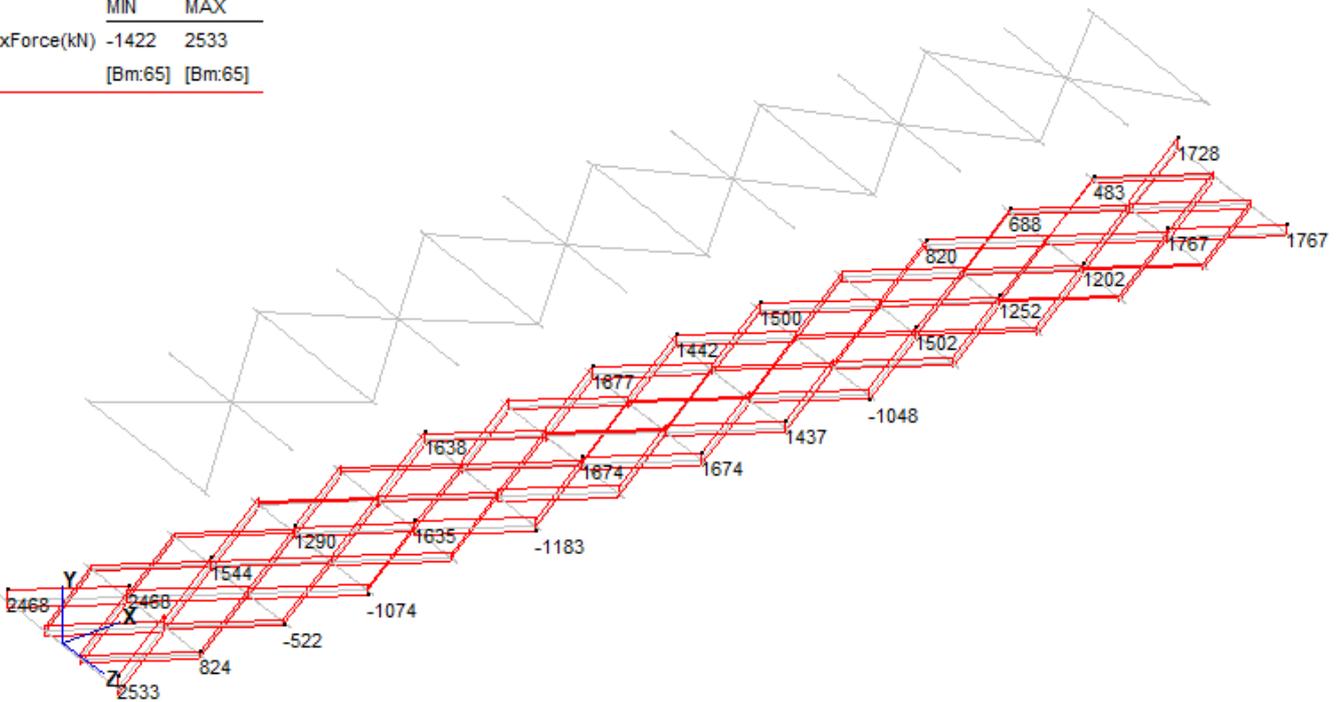


Figura 99 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	217

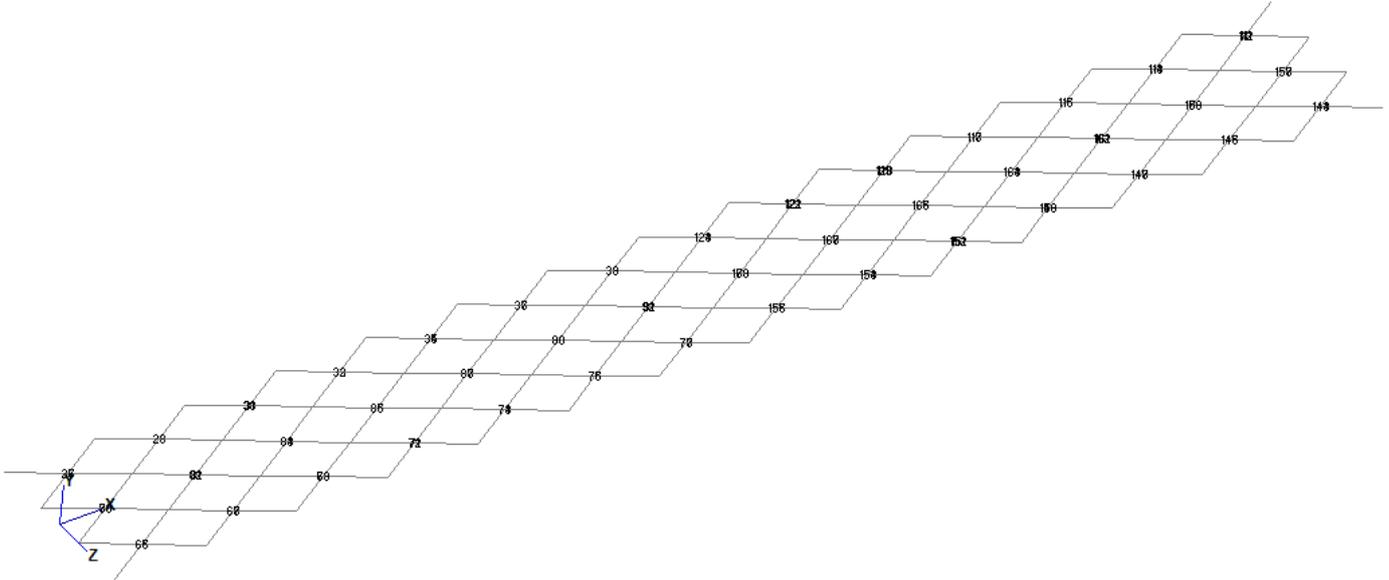


Figura 100 – Modello FEM - Numerazione elementi finiti

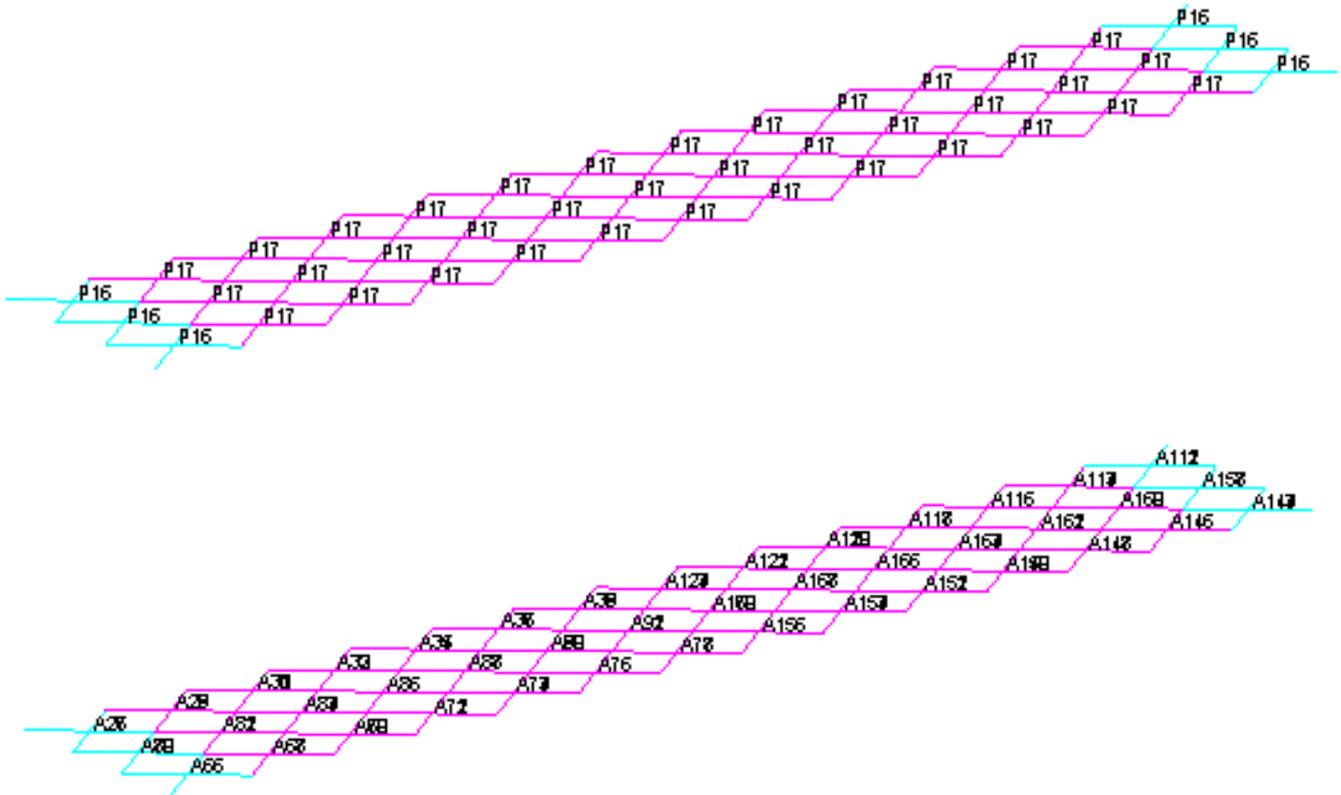


Figura 101 – Postprocessore - Numerazione elementi e proprietà

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

### 13.4.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.4.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
16	0.36	65	Cmb 788	T.	0.70	65	Cmb 795	1
17	0.39	38	Cmb 788	T.	0.97	34	Cmb 795	3

#### 13.4.1.10 Verifica proprietà 16

PROP. 16 - BEAM n. 65 - SEZIONE IN X = 0.00

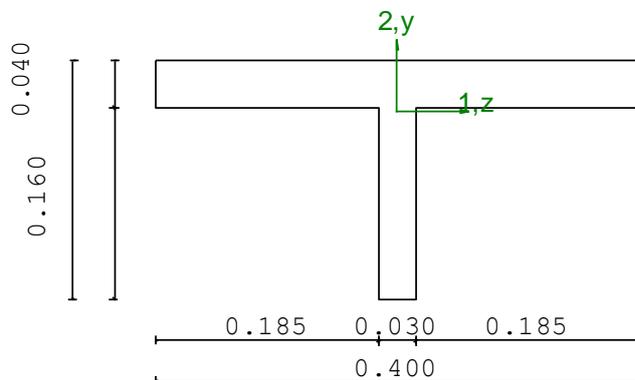
Grp.: CNV INFERIORI Trave: 65 Prop.: 16 Sez.in: 0.00		
Cmb 788	M1 = 0.00	M2 = 0.00
	N = 2532.81	V1 = 0.00
	V2 = 0.00	MT = 0.00
Sezione a T		
D = 0.2000	B = 0.4000 T1 = 0.0400 T2 = 0.0300	
Area	= 2.08e-02	
I11	= 4.93e-05	
I22	= 2.14e-04	

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Classe	= Tesa
$F_{R-PF}$	= 0.36
$F_{R-V}$	= 0.00
$F_{R-T}$	= 0.00
$F_{R-\tau}$	= 0.00

#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe	= Tesa
$F_{I-N}$	= 0.00
$F_{PF,y}$	= 0.00
$F_{PF,z}$	= 0.00



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.20	m
Larghezza ali	B =	0.40	m
Spessore ali	T1 =	0.04	m
Spessore anima	T2 =	0.03	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>219</b>

Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el}$	= 0.20	m
		$X_{2G,el}$	= 0.16	m
Posizione del baricentro plastico		$X_{1G,pl}$	= 0.20	m
		$X_{2G,pl}$	= 0.17	m
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.02	m
Area della sezione		A =	2.08e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	4.93e-05	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	2.14e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	9.73e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	2.74e-04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	3.28e-08	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.05	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.10	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	1.14e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	3.14e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	1.07e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	1.07e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	6.38e-04	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	1.64e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	1.60e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	4.32e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			5.72	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	1.00	
	asse 2	$\beta_2$ =	1.00	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	2.53e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kN
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kNm
Momento torcente		MT =	0.00e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																		
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 10%;">FASE</td> <td style="width: 10%;">ENTE</td> <td style="width: 10%;">TIPO DOC</td> <td style="width: 15%;">OPERA 7 DISCIPLINA</td> <td style="width: 10%;">PROGR</td> <td style="width: 10%;">REV</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI 00 00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>220</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>220</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI 00 00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>220</b>											

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Tesa

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 2-2  
z-z = 1-1

Resistenza assiale

$N_{Rd} = 7032.38$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse y

$V_{pl,y,Rd} = 3123.19$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,y,T,Rd} = 3123.19$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse z

$V_{pl,z,Rd} = 843.26$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,z,T,Rd} = 843.26$  kN

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse y

$M_{y,Rd} = 553.12$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{y,V,Rd} = 553.12$  kNm

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse z

$M_{z,Rd} = 215.59$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{z,V,Rd} = 215.59$  kNm

Resistenza torsionale elastica

$T_{Rd} = 47.49$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.36 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-V} = 0.00$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

$F_{R-T} = 0.00$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / f_y \leq 1$$

$F_{R-\tau} = 0.00$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Tesa

Sforzo normale

$N_{ED} = 2.53e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 0.00e+00$  kNm

$M_{y,ED} = 0.00e+00$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	13542.11	5.72	0.74	0.70
z	3124.00	5.72	1.54	0.30
$\theta$	59980.50	5.72	0.35	0.92
min	3124.00		1.54	0.30
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	896.36	5.72	0.80	0.58

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 2.03e+03$  kN

asse y

$N_{b,y,Rd} = 4.70e+03$  kN

asse z

$N_{b,z,Rd} = 2.03e+03$  kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	221

Resistenza flessionale  
 asse y  $M_{b,y,Rd} = 304.48$  kNm  
 asse z  $M_{z,Rd} = 205.79$  kNm

Coefficiente di interazione  
 $k_{yy} = 1.00$   
 $k_{yz} = 0.60$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 1.00$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

PROP. 16 - BEAM n. 65 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: CNV INFERIORI Trave: 65 Prop.: 16 Sez.in: 0.00	
Imb 795	M1 = 0.00 M2 = 0.00
	N = -1421.69 V1 = 0.00
	V2 = 0.00 MT = 0.00
Sezione a T	
D = 0.2000 B = 0.4000 T1 = 0.0400 T2 = 0.0300	
Area = 2.08e-02	
I11 = 4.93e-05	
I22 = 2.14e-04	

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1

$$F_{R-PF} = 0.20$$

$$F_{R-V} = 0.00$$

$$F_{R-T} = 0.00$$

$$F_{R-\tau} = 0.00$$

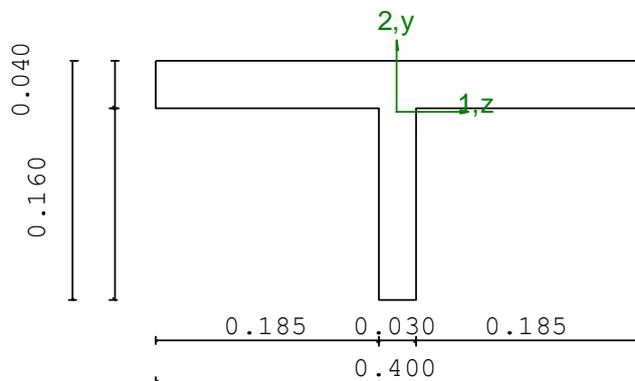
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1

$$F_{I-N} = 0.70$$

$$F_{PF,y} = 0.30$$

$$F_{PF,z} = 0.70$$



**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale D = 0.20 m  
 Larghezza ali B = 0.40 m  
 Spessore ali T1 = 0.04 m  
 Spessore anima T2 = 0.03 m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>222</b>

Posizione del baricentro elastico		$X_{1G,el}$	= 0.20	m
		$X_{2G,el}$	= 0.16	m
Posizione del baricentro plastico		$X_{1G,pl}$	= 0.20	m
		$X_{2G,pl}$	= 0.17	m
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.02	m
Area della sezione		A =	2.08e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	4.93e-05	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	2.14e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	9.73e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	2.74e-04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	3.28e-08	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.05	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.10	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	1.14e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	3.14e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	1.07e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	1.07e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	6.38e-04	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	1.64e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	1.60e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	4.32e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			5.72	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	1.00	
	asse 2	$\beta_2$ =	1.00	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-1.42e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kN
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kNm
Momento torcente		MT =	0.00e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI  G.T.F.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>223</b>

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 2-2  
z-z = 1-1

Resistenza assiale

$N_{Rd} = 7032.38$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse y

$V_{pl,y,Rd} = 3123.19$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,y,T,Rd} = 3123.19$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione

asse z

$V_{pl,z,Rd} = 843.26$  kN  
coeff = 1.00  
 $V_{pl,z,T,Rd} = 843.26$  kN

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse y

$M_{y,Rd} = 553.12$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{y,V,Rd} = 553.12$  kNm

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio

asse z

$M_{z,Rd} = 215.59$  kNm  
coeff = 1.00  
 $M_{z,V,Rd} = 215.59$  kNm

Resistenza torsionale elastica

$T_{Rd} = 47.49$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.20 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-V} = 0.00$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

$F_{R-T} = 0.00$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} / f_y \leq 1$$

$F_{R-\tau} = 0.00$  Verificato

#### VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale

$N_{ED} = -1.42e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 0.00e+00$  kNm

$M_{y,ED} = 0.00e+00$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	13542.11	5.72	0.74	0.70
z	3124.00	5.72	1.54	0.30
$\theta$	59980.50	5.72	0.35	0.92
min	3124.00		1.54	0.30
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	896.36	5.72	0.80	0.58

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 2.03e+03$  kN

asse y

$N_{b,y,Rd} = 4.70e+03$  kN

asse z

$N_{b,z,Rd} = 2.03e+03$  kN

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	304.48	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	205.79	kNm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} =$	1.16	
		$k_{yz} =$	1.19	
		$k_{zy} =$	0.91	
		$k_{zz} =$	1.98	
Verifica di Instabilità a Compressione				
$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$		$F_{I-N} =$	0.70	(Verificato)
Verifica di Instabilità a Pressoflessione				
$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$		$F_{R-PF,y} =$	0.30	(Verificato)
$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$		$F_{R-PF,z} =$	0.70	(Verificato)

### 13.4.1.11 Verifica proprietà 17

PROP. 17 - BEAM n. 38 - SEZIONE IN X = 0.00

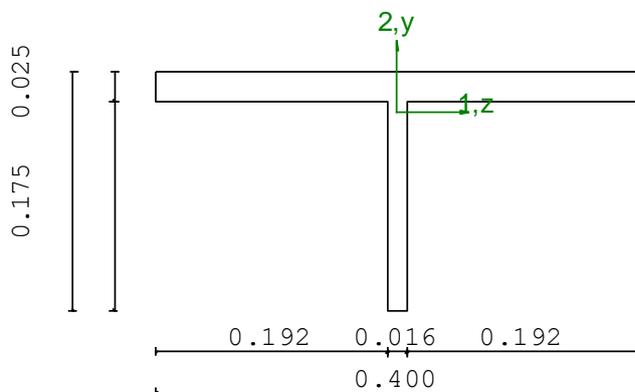
Grp.: CNV INFERIORI Trave: 38 Prop.: 17 Sez.in: 0.00			
Imb 788	$M1 = 0.00$	$M2 = 0.00$	
	$N = 1677.25$	$V1 = 0.00$	
	$V2 = 0.00$	$MT = 0.00$	
Sezione a T			
$D = 0.2000$	$B = 0.4000$	$T1 = 0.0250$	$T2 = 0.0160$
Area	= 1.28e-02		
I11	= 2.95e-05		
I22	= 1.33e-04		

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Classe	= Tesa
$F_{R-PF}$	= 0.39
$F_{R-v}$	= 0.00
$F_{R-T}$	= 0.00
$F_{R-\tau}$	= 0.00

#### VERIFICA DI STABILITÀ

Classe	= Tesa
$F_{I-N}$	= 0.00
$F_{PF,y}$	= 0.00
$F_{PF,z}$	= 0.00



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	0.20	m
Larghezza ali	B =	0.40	m

<p>MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</p> <p>MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.</p>	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																						
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>225</b></td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>225</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>225</b>													

Spessore ali		T1 =	0.03	m
Spessore anima		T2 =	0.02	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.20	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.17	m
Posizione del baricentro plastico		X <sub>1G,pl</sub> =	0.20	m
		X <sub>2G,pl</sub> =	0.18	m
Distanza baricentro - centro di taglio		X <sub>1CT</sub> -X <sub>1G</sub> =	0.00	m
		X <sub>2CT</sub> -X <sub>2G</sub> =	0.02	m
Area della sezione		A =	1.28e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	2.95e-05	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.33e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.27e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	1.69e-04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	7.69e-09	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.05	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.10	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	8.59e-04	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	1.78e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destra	W <sub>2 dx,el</sub> =	6.67e-04	m <sup>3</sup>
	sinistra	W <sub>2 sx,el</sub> =	6.67e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	3.38e-04	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	1.01e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	1.00e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	2.52e-03	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			5.72	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	1.00	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	1.00	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldatura		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	1.68e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kN
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kNm
Momento torcente		MT =	0.00e+00	kNm

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Tesa

Asse con inerzia maggiore

y-y = 2-2

Asse con inerzia minore

z-z = 1-1

Resistenza assiale

 $N_{Rd} = 4327.62$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione asse y

 $V_{pl,y,Rd} = 1951.99$  kN

coeff = 1.00

 $V_{pl,y,T,Rd} = 1951.99$  kN

Resistenza tagliante  
riduzione per la torsione asse z

 $V_{pl,z,Rd} = 491.90$  kN

coeff = 1.00

 $V_{pl,z,T,Rd} = 491.90$  kN

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio asse y

 $M_{y,Rd} = 341.88$  kNm

coeff = 1.00

 $M_{y,V,Rd} = 341.88$  kNm

Resistenza flessionale  
riduzione per il taglio asse z

 $M_{z,Rd} = 114.14$  kNm

coeff = 1.00

 $M_{z,V,Rd} = 114.14$  kNm

Resistenza torsionale elastica

 $T_{Rd} = 17.75$  kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.39 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$$

 $F_{R-V} = 0.00$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$$

 $F_{R-T} = 0.00$  Verificato

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1$$

 $F_{R-\tau} = 0.00$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Tesa

Sforzo normale

 $N_{ED} = 1.68e+03$  kN

Momento flettente

 $M_{z,ED} = 0.00e+00$  kNm

 $M_{y,ED} = 0.00e+00$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	8453.34	5.72	0.73	0.70
z	1872.11	5.72	1.56	0.30
$\theta$	13980.60	5.72	0.57	0.80
min	1872.11		1.56	0.30
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	258.81	5.72	1.18	0.39

Resistenza assiale

minimo

 $N_{b,Rd} = 1.22e+03$  kN

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>227</b>

	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	2.91e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	1.22e+03	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	125.72	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	108.95	kNm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} =$	1.00	
		$k_{yz} =$	0.60	
		$k_{zy} =$	1.00	
		$k_{zz} =$	1.00	

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.00 \quad (\text{Verificato})$$

PROP. 17 - BEAM n. 34 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: CNV INFERIORI Trave: 34 Prop.: 17 Sez.in: 0.00	
Imb 795	M1 = 0.00 M2 = 0.00
	N = -1183.49 V1 = 0.00
	V2 = 0.00 MT = 0.00
Sezione a T	
D = 0.2000 B = 0.4000 T1 = 0.0250 T2 = 0.0160	
Area	= 1.28e-02
I11	= 2.95e-05
I22	= 1.33e-04

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 3

$$\sigma_{VM} = 92.46$$

$$F_R = 0.27$$

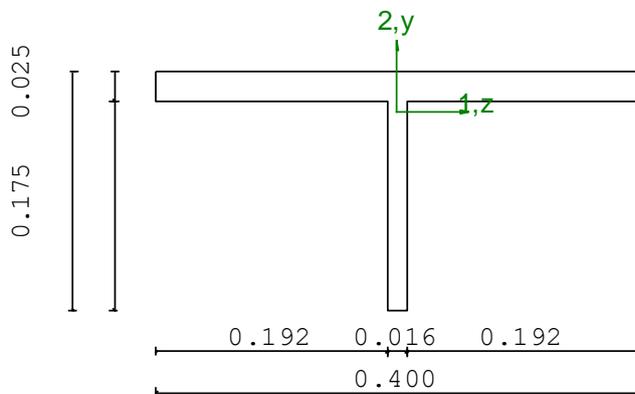
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 3

$$F_{inst-N} = 0.97$$

$$F_{inst-PF,y} = 0.41$$

$$F_{inst-PF,z} = 0.97$$



**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale D = 0.20 m

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>228</b>

Larghezza ali	B =	0.40	m
Spessore ali	T1 =	0.03	m
Spessore anima	T2 =	0.02	m
Posizione del baricentro elastico	X <sub>1G,el</sub> =	0.20	m
	X <sub>2G,el</sub> =	0.17	m
Posizione del baricentro plastico	X <sub>1G,pl</sub> =	0.20	m
	X <sub>2G,pl</sub> =	0.18	m
Distanza baricentro - centro di taglio	X <sub>1CT</sub> -X <sub>1G</sub> =	0.00	m
	X <sub>2CT</sub> -X <sub>2G</sub> =	0.02	m
Area della sezione	A =	1.28e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	2.95e-05 m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.33e-04 m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	2.27e-06 m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	1.69e-04	m <sup>4</sup>
Costante di ingobbamento	I <sub>ω</sub> =	7.69e-09	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.05 m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.10 m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	8.59e-04 m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	1.78e-04 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	6.67e-04 m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	6.67e-04 m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	3.38e-04 m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	1.01e-03 m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	1.00e-02 m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	2.52e-03 m <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			5.72	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	1.00	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	1.00	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

#### Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

#### CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

#### SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-1.18e+03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e+00	kN
	direzione 2	V2 =	0.00e+00	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	0.00e+00	kNm

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>229</b>

Momento torcente MT = 0.00e+00 kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 m  
z = 0.00 m

Tensione da pressoflessione

$\sigma_{pf} = -92.46$  MPa

Tensione tangenziale massima

$\tau_{max} = 0.00$  MPa

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$\sigma_{VM} = 92.46$  MPa  
 $F_R = 0.27$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale

$N_{ED} = -1.18e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 0.00e+00$  kNm

$M_{y,ED} = 0.00e+00$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	8453.34	5.72	0.73	0.70
z	1872.11	5.72	1.56	0.30
$\theta$	13980.60	5.72	0.57	0.80
min	1872.11		1.56	0.30
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	258.81	5.72	0.96	0.49

Resistenza assiale

minimo  $N_{b,Rd} = 1.22e+03$  kN  
asse y  $N_{b,y,Rd} = 2.91e+03$  kN  
asse z  $N_{b,z,Rd} = 1.22e+03$  kN

Resistenza flessionale

asse y  $M_{b,y,Rd} = 105.43$  kNm  
asse z  $M_{z,Rd} = 57.56$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 1.18$   
 $k_{yz} = 1.18$   
 $k_{zy} = 0.94$   
 $k_{zz} = 1.58$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.97 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.41 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.97 \quad (\text{Verificato})$$

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.4.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Trasv.					Trasv.				
	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)
Beam 111: End 2	10.92	10.92				14.56	14.56			
Beam 91: End 1	12.79	12.79				24.04	24.04			

NOME: <b>CONTROVENTI INFERIORI</b>			VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. <b>00</b>
$L_{\Phi}$ (m)	<b>68.25</b>	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)		
$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	<b>1.00</b>	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)		
$\gamma_{Mf}$	<b>1.35</b>	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	<b>1.00</b>	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)		
$\Delta\sigma_c$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari		
$\Delta\sigma_{c,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	<b>1.40</b>	limite fattore $\lambda$		
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	<b>33.3%</b>	% dei treni che si incrociano sul ponte		
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore					
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)					
$\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_{T1}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)					
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta\sigma_{T1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)					

#### DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)

DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_c$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati

2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a



Attacco	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{c,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{c,red}/\gamma_{Mf}$ (MPa)		
CNV_INF_1	100.0	10.92	14.56	0.75	0.87	0.54	15	1.00	125.0	5.9	92.6	6.3%	OK
CNV_INF_2	100.0	12.79	24.04	0.53	0.82	0.51	15	1.00	125.0	6.5	92.6	7.0%	OK

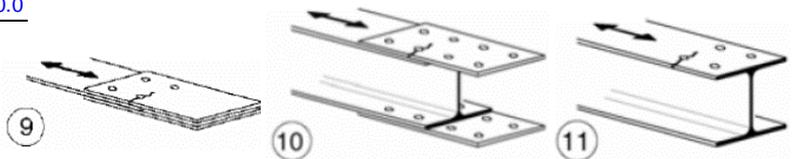
#### DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)

DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_c$  (MPa) **90.0**

9) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati

10) Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni AR precaricati

11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



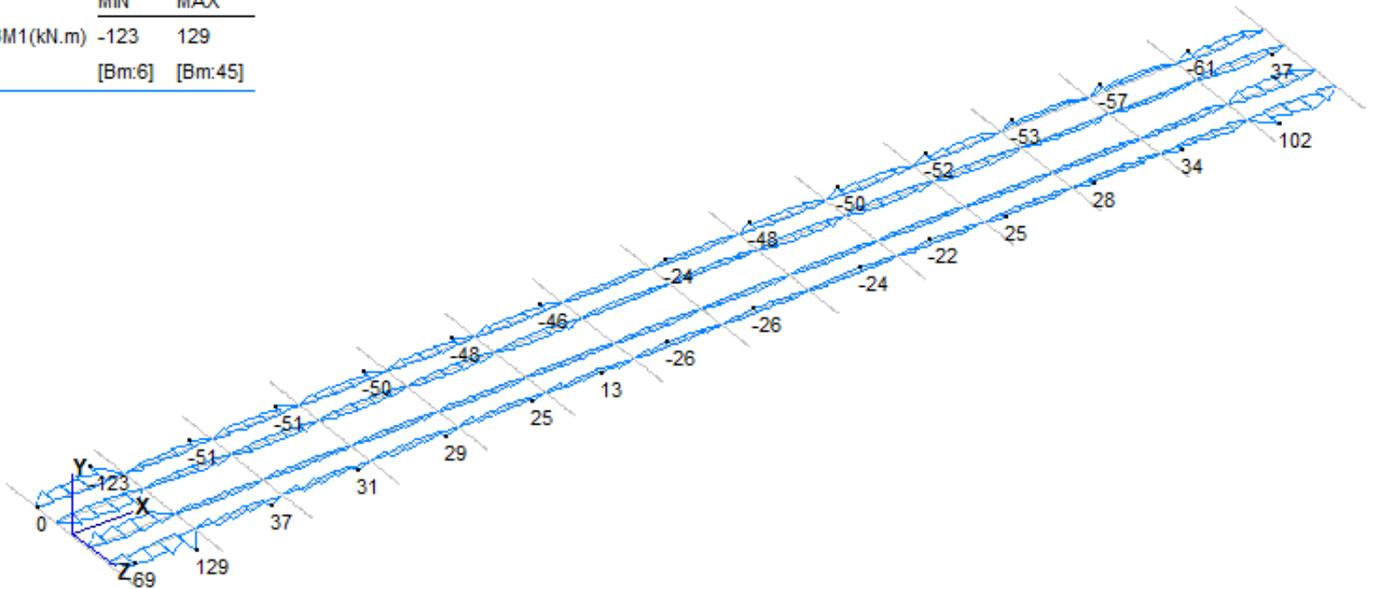
Attacco	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{c,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{c,red}/\gamma_{Mf}$ (MPa)		
CNV_INF_1	80.0	10.92	14.56	0.75	0.87	0.54	15	1.00	90.0	7.3	66.7	11.0%	OK
CNV_INF_2	80.0	12.79	24.04	0.53	0.82	0.51	15	1.00	90.0	8.1	66.7	12.2%	OK

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	231

**13.5 LONGHERINE**

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-123	129
	[Bm:6]	[Bm:45]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1268	646
	[Bm:868]	[Bm:781]

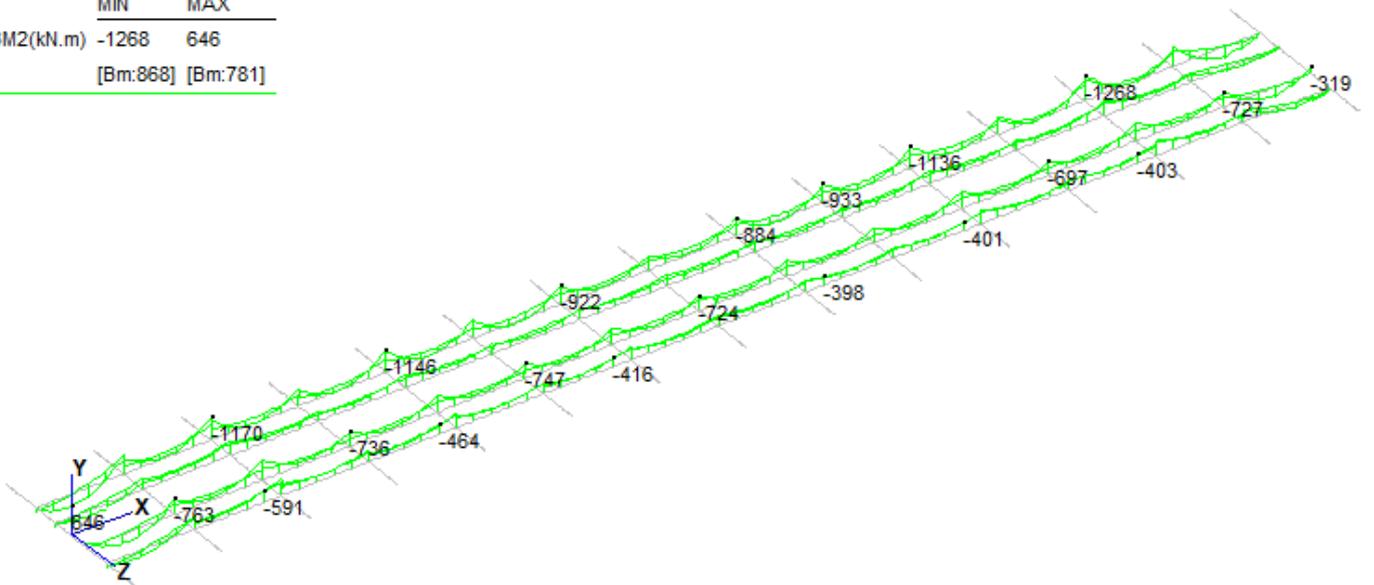
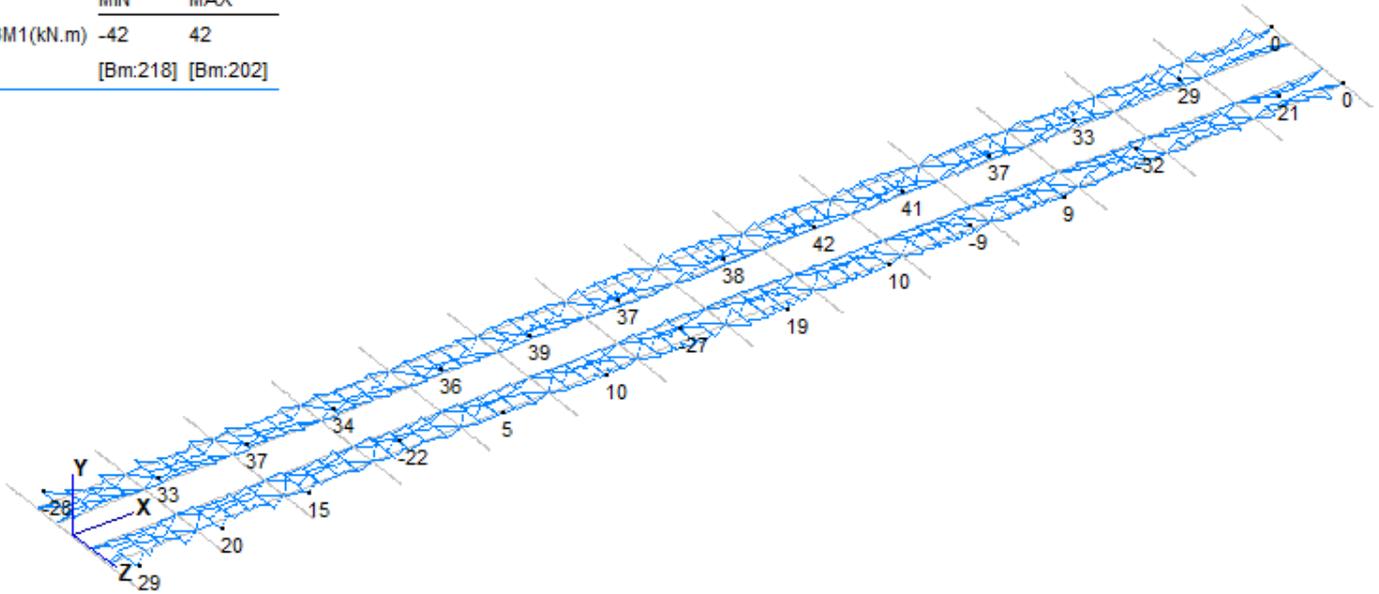


Figura 102 – Modello FEM – Env.SLU\_longherine – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	232

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-42	42
	[Bm:218]	[Bm:202]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-562	316
	[Bm:773]	[Bm:776]

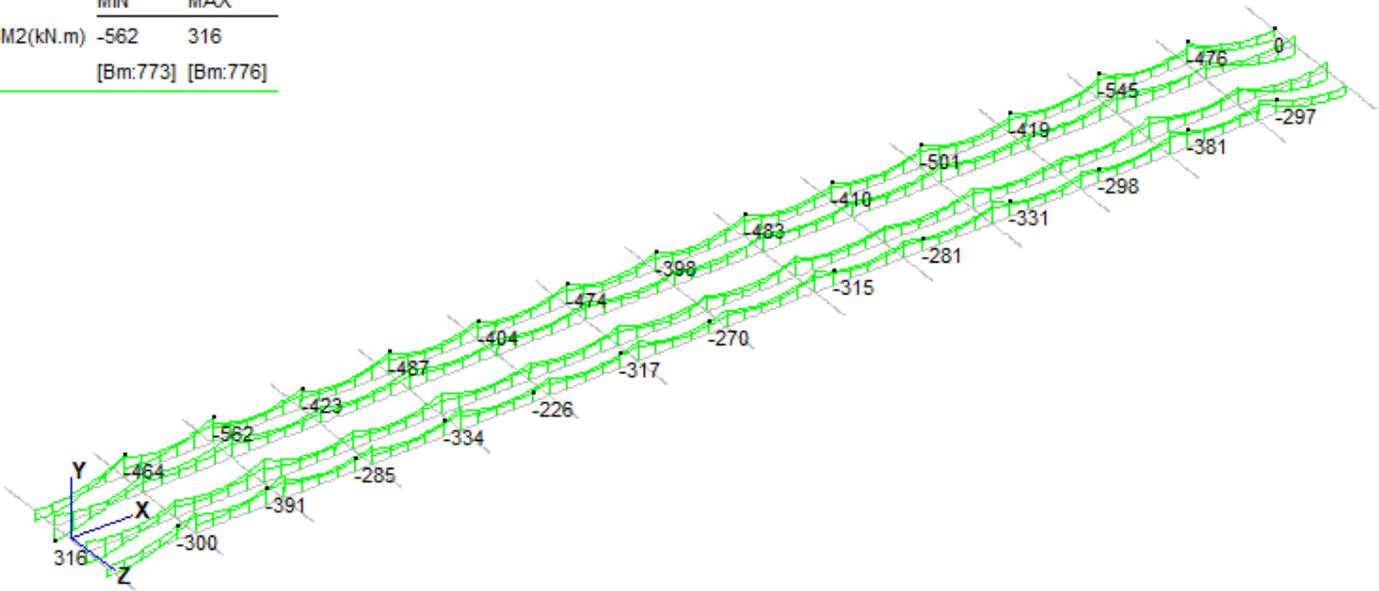
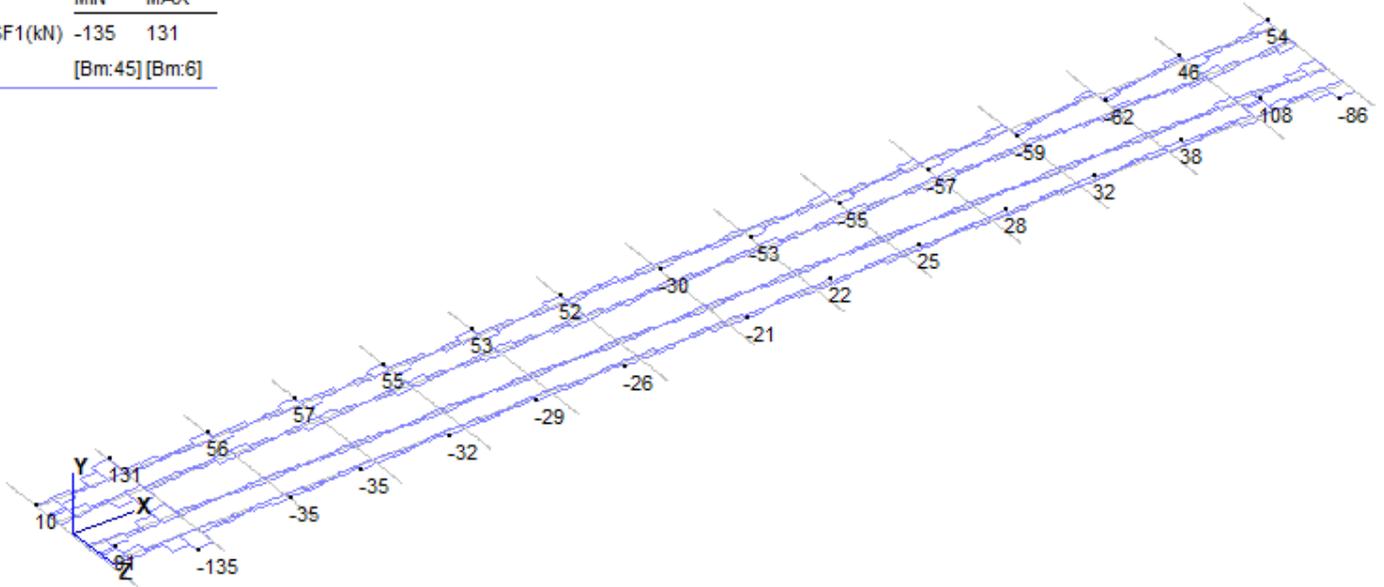


Figura 103 – Modello FEM – Env.SLV – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>233</b>

MIN    MAX  
SF1(kN) -135    131  
[Bm:45] [Bm:6]



MIN    MAX  
SF2(kN) -1006    881  
[Bm:6]    [Bm:860]

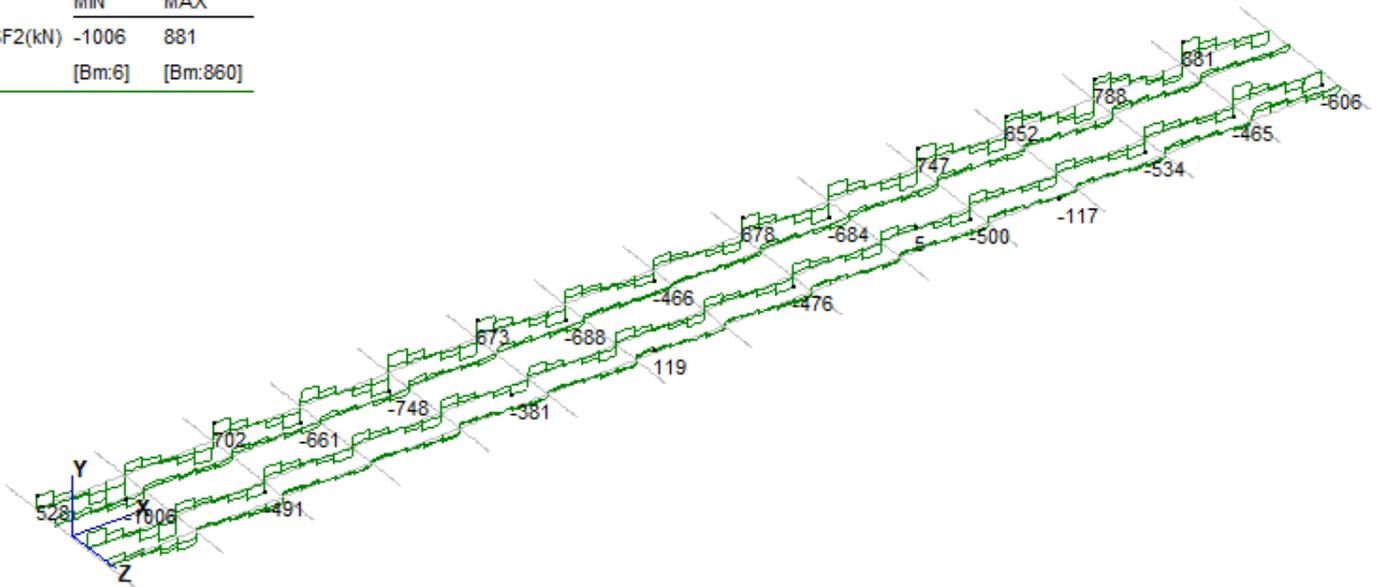
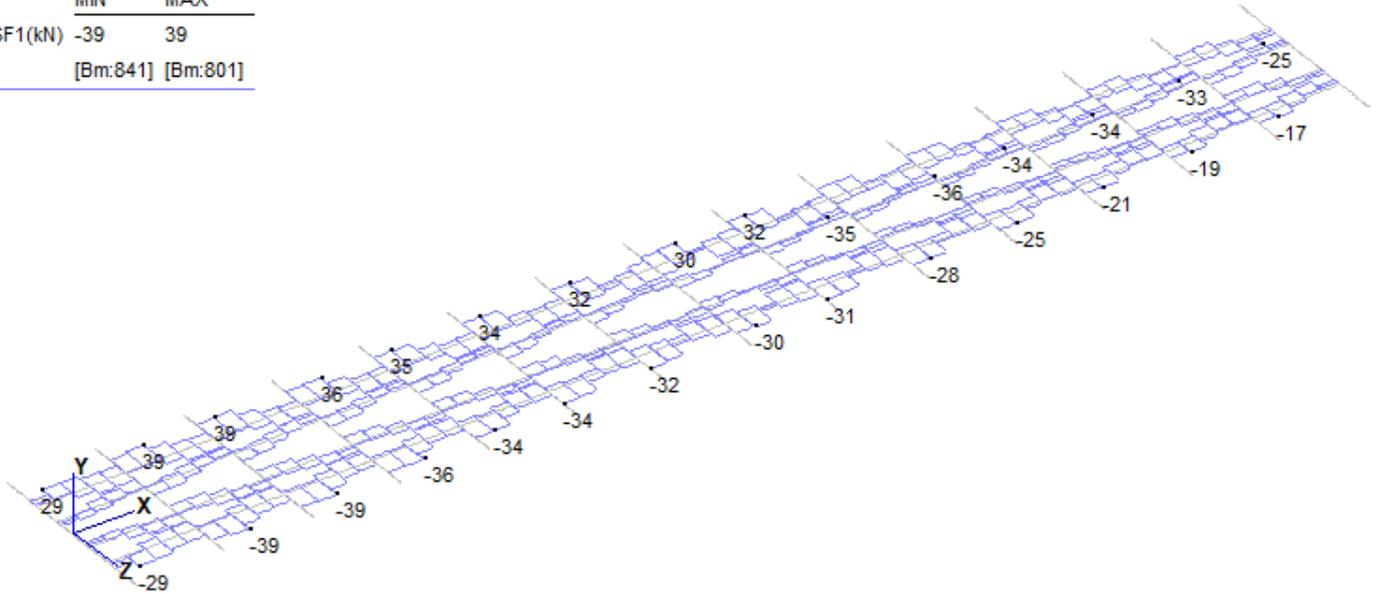


Figura 104 – Modello FEM – Env.SLU\_longherine – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	234

	MIN	MAX
SF1(kN)	-39	39
	[Bm:841]	[Bm:801]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-263	258
	[Bm:6]	[Bm:860]

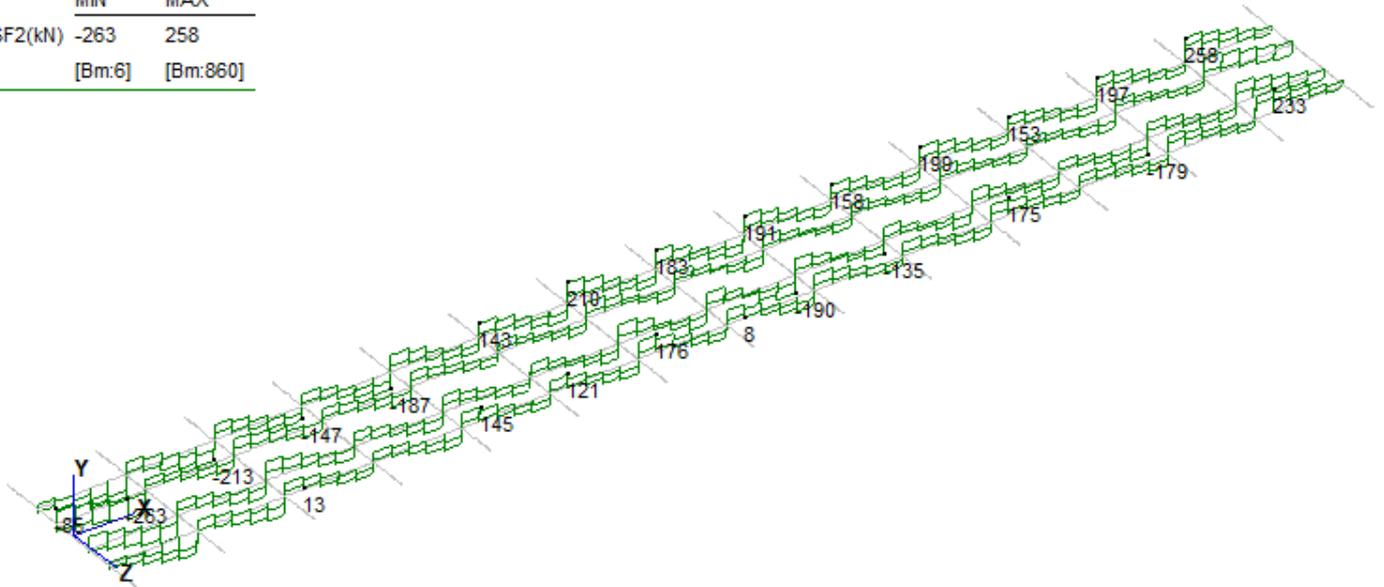


Figura 105 – Modello FEM – Env.SLV – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	235

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-143	2312
	[Bm:128]	[Bm:204]

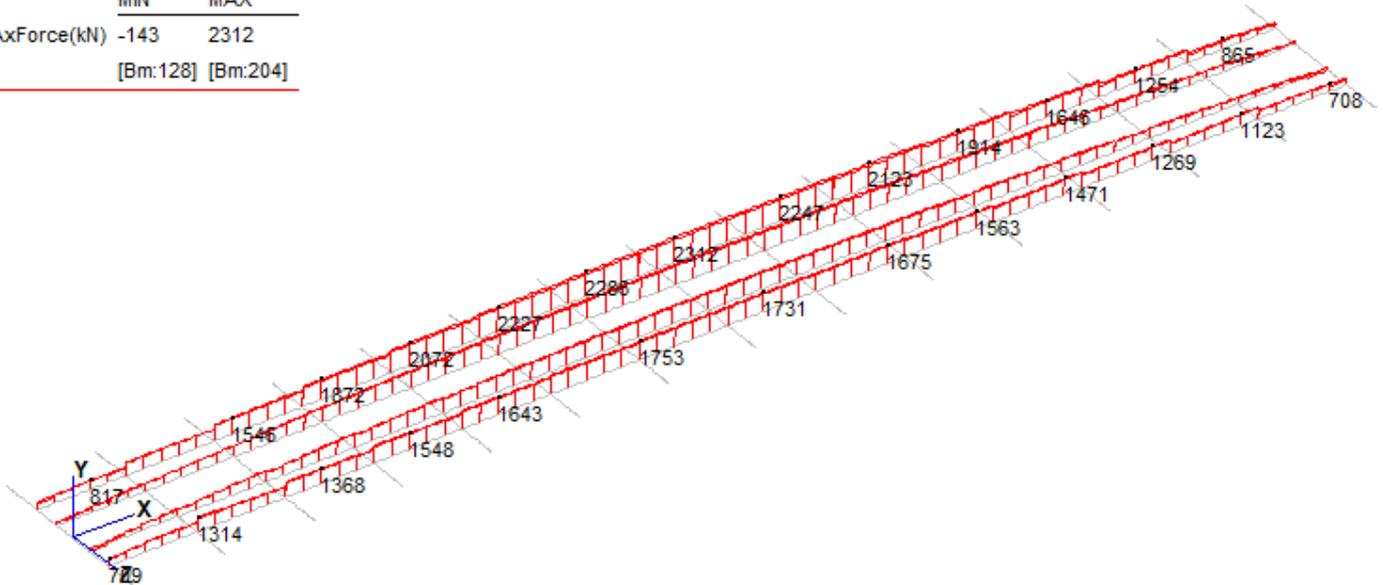


Figura 106 – Modello FEM – Env.SLU\_longherine – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-81	2185
	[Bm:776]	[Bm:203]

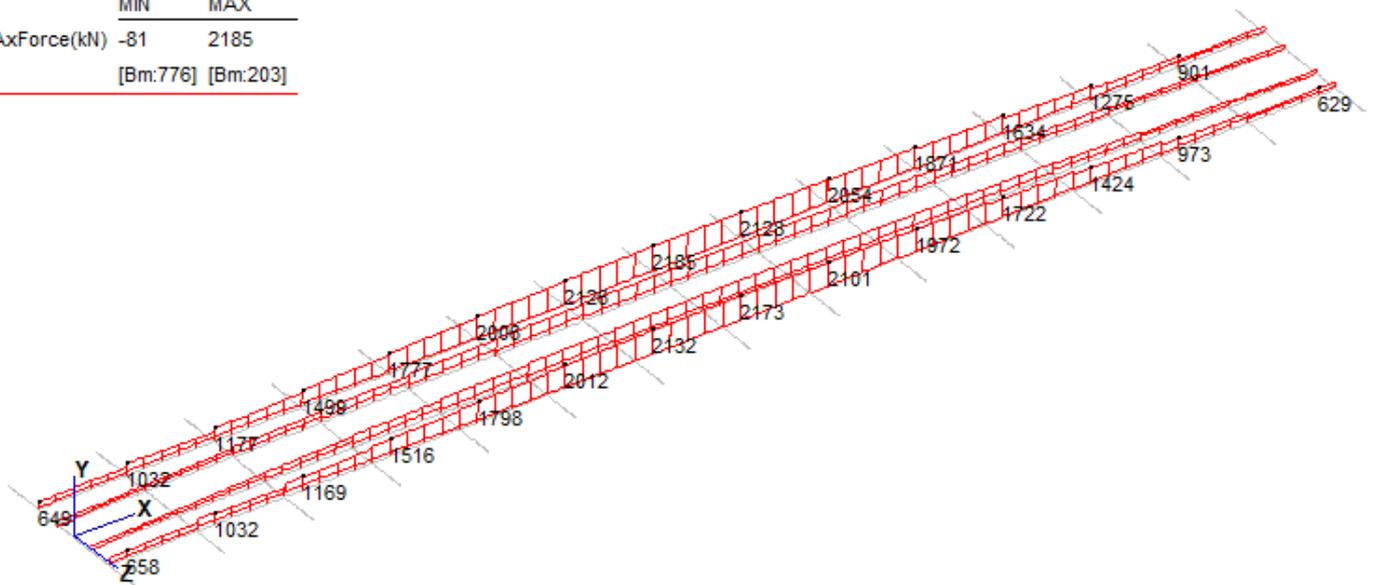


Figura 107 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>237</b>

### 13.5.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.5.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.		
10	0.85	106	Cmb	764	1	0.82	6	Cmb	762	1

#### 13.5.1.10 Verifica proprietà 10

PROP. 10 - BEAM n. 106 - SEZIONE IN X = 0.00

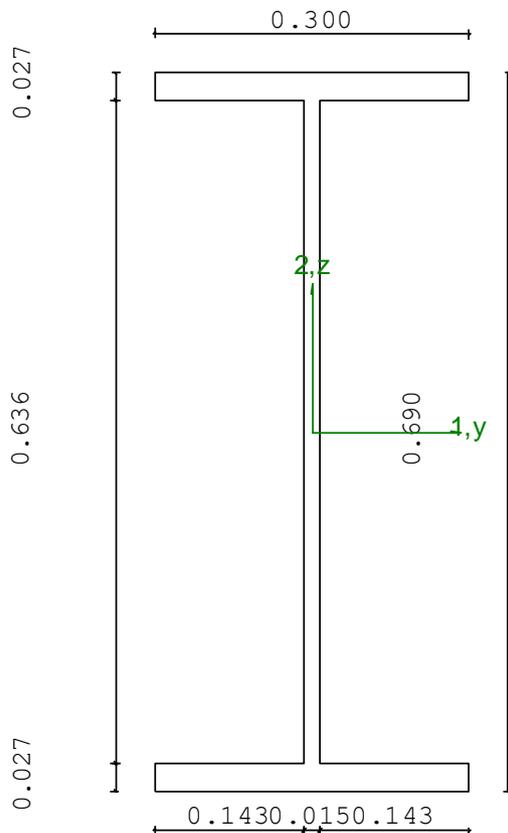
Grp.: IMPALCATO Trave: 106 Prop.: 10 Sez.in: 0.00		
Cmb 764	M1 = 0.00	M2 = -1136.31
	N = 1745.37	V1 = -57.10
	V2 = 747.12	MT = 2.35
Sezione a I		
D = 0.6900	B1 = 0.3000	T1 = 0.0270 T2 = 0.0270 T3 = 0.0145
B2 = 0.3000		
Area	= 1.53e-02	
I11	= 2.09e-03	
I22	= 1.22e-04	

#### VERIFICA DI RESISTENZ

Classe	= Classe 1
$F_{R-PF}$	= 0.85
$F_{R-V}$	= 0.37
$F_{R-T}$	= 0.07
$F_{R-\tau}$	= 0.47

#### VERIFICA DI STABILITA

Classe	= Classe 1
$F_{I-N}$	= 0.00
$F_{PF,y}$	= 0.30
$F_{PF,z}$	= 0.70



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	238

Altezza totale		D =	0.69	m
Base inferiore		B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore		T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore		T2 =	0.03	m
Spessore anima		T3 =	0.01	m
Base superiore		B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.15	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.34	m
Posizione del baricentro plastico		X <sub>1G,pl</sub> =	0.15	m
		X <sub>2G,pl</sub> =	0.34	m
Distanza baricentro - centro di taglio		X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
		X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione		A =	1.53e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	2.09e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.22e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	4.58e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	2.21e-03	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	1.34e-05	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.37	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.09	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	6.06e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	6.06e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	8.11e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	8.11e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	6.84e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	1.25e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	1.62e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	1.11e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			4.88	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	0.70	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 3	0.00	0.94	0.93	0.95
Piano 2	Tipo 9	0.73	0.95	0.44	0.40

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale	AF =	1.75e+03	kN
----------------	------	----------	----

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>																						
<p><b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>LI0B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>02</b></td> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>ZZ</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VI</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>00</b></td> <td style="text-align: center;"><b>001</b></td> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"><b>239</b></td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>239</b>
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>239</b>													

Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-5.71e+01	kN
	direzione 2	V2 =	7.47e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	-1.14e+03	kNm
Momento torcente		MT =	2.35e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore  
Asse con inerzia minore

y-y = 1-1  
z-z = 2-2

Resistenza assiale		N <sub>Rd</sub> =	5157.03	kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse y	V <sub>pl,y,Rd</sub> =	2160.15	kN
		coeff =	0.97	
		V <sub>pl,y,T,Rd</sub> =	2097.95	kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	V <sub>pl,z,Rd</sub> =	3162.23	kN
		coeff =	0.97	
		V <sub>pl,z,T,Rd</sub> =	3071.17	kN
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse y	M <sub>y,Rd</sub> =	1483.10	kNm
		coeff =	1.00	
		M <sub>y,V,Rd</sub> =	1483.10	kNm
Resistenza flessionale riduzione per il taglio	asse z	M <sub>z,Rd</sub> =	362.06	kNm
		coeff =	1.00	
		M <sub>z,V,Rd</sub> =	362.06	kNm
Resistenza torsionale elastica		T <sub>Rd</sub> =	33.13	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.85 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.59$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.69$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.37 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.07 \quad \text{Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0}} / f_y \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.47 \quad \text{Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale		N <sub>ED</sub> =	1.74e+03	kN
Momento flettente		M <sub>z,ED</sub> =	-5.18e+01	kNm
		M <sub>y,ED</sub> =	-1.14e+03	kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico P <sub>cr</sub> [kN]	Lunghezza libera l <sub>0</sub> [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	3.72e+05	3.41	0.12	1.00
z	21653.45	3.41	0.50	0.88

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	240

$\theta$	10580.89	4.88	0.72	0.77
min	10580.89		0.72	0.77
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	10525.49	4.88	0.48	0.89
Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	3.81e+03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	4.92e+03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	4.35e+03	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	1970.03	kNm
	asse z	$M_{z,Rd} =$	402.90	kNm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} =$	0.40	
		$k_{yz} =$	0.57	
		$k_{zy} =$	1.00	
		$k_{zz} =$	0.95	
Verifica di Instabilità a Compressione	$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$	$F_{I-N} =$	0.00	(Verificato)
Verifica di Instabilità a Pressoflessione	$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,y} =$	0.30	(Verificato)
	$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$	$F_{R-PF,z} =$	0.70	(Verificato)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	241

PROP. 10 - BEAM n. 6 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: IMPALCATO Trave: 6 Prop.: 10 Sez.in: 0.00					
Imb 762	M1 = 0.00	M2 = 39.90			
	N = 516.36	V1 = -99.48			
	V2 = 528.01	MT = 4.70			
Sezione a I					
D = 0.6900	B1 = 0.3000	T1 = 0.0270	T2 = 0.0270	T3 = 0.0145	
		B2 = 0.3000			
Area		= 1.53e-02			
I11		= 2.09e-03			
I22		= 1.22e-04			

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 1

$F_{R-PF}$  = 0.12

$F_{R-V}$  = 0.29

$F_{R-T}$  = 0.14

$F_{R-\tau}$  = 0.38

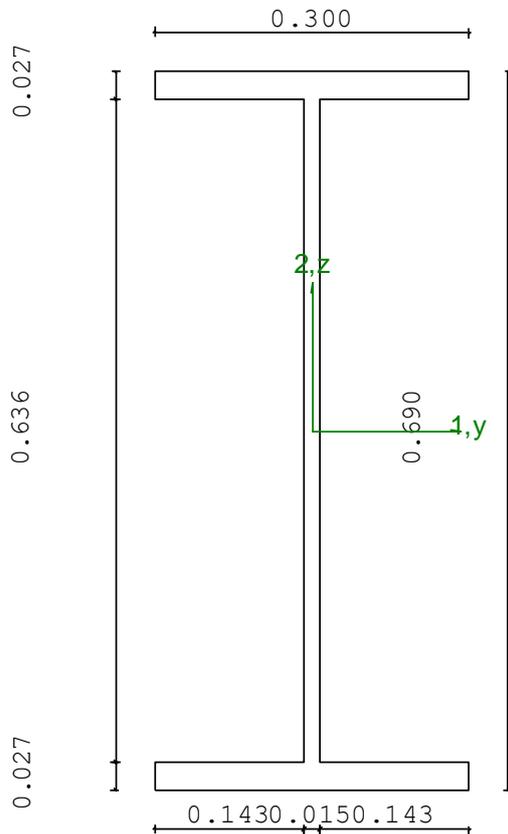
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 1

$F_{I-N}$  = 0.00

$F_{PF,y}$  = 0.44

$F_{PF,z}$  = 0.82



**PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE**

Altezza totale	D =	0.69	m
Base inferiore	B1 =	0.30	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.03	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.03	m
Spessore anima	T3 =	0.01	m
Base superiore	B2 =	0.30	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.15	m
	$X_{2G,el}$	= 0.34	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	242

Posizione del baricentro plastico		$X_{1G,pl}$	= 0.15	m
		$X_{2G,pl}$	= 0.34	m
Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	1.53e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	2.09e-03	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	1.22e-04	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	4.58e-06	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	2.21e-03	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	1.34e-05	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.37	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.09	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	6.06e-03	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	6.06e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	8.11e-04	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	8.11e-04	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	6.84e-03	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	1.25e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	1.62e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	1.11e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			4.88	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	0.70	
	asse 2	$\beta_2$ =	0.70	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 6	0.00	0.86	0.85	0.90
Piano 2	Tipo 9	-0.04	0.91	0.53	0.51

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	5.16e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-9.95e+01	kN
	direzione 2	V2 =	5.28e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e+00	kNm
	direzione 2	M2 =	3.99e+01	kNm
Momento torcente		MT =	4.70e+00	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

MANDATARIA  HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI  HYpro <small>S.P.A.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>243</b>

Asse con inerzia maggiore		y-y =	1-1	
Asse con inerzia minore		z-z =	2-2	
Resistenza assiale		N <sub>Rd</sub> =	5157.03	kN
Resistenza tagliante	asse y	V <sub>pl,y,Rd</sub> =	2160.15	kN
riduzione per la torsione		coeff =	0.94	
		V <sub>pl,y,T,Rd</sub> =	2033.87	kN
Resistenza tagliante	asse z	V <sub>pl,z,Rd</sub> =	3162.23	kN
riduzione per la torsione		coeff =	0.94	
		V <sub>pl,z,T,Rd</sub> =	2977.36	kN
Resistenza flessionale	asse y	M <sub>y,Rd</sub> =	2017.37	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		M <sub>y,V,Rd</sub> =	2017.37	kNm
Resistenza flessionale	asse z	M <sub>z,Rd</sub> =	412.24	kNm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		M <sub>z,V,Rd</sub> =	412.24	kNm
Resistenza torsionale elastica		T <sub>Rd</sub> =	33.13	kNm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R,PF} = 0.12 \text{ Verificato}$$

$$|M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd}|^{\alpha} + |M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd}|^{\beta} \leq 1 \quad F_{R-exp} = 0.00$$

$\alpha = 2.00, \beta = 1.00$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.29 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.14 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0} / f_y} \leq 1 \quad F_{R-\tau} = 0.38 \text{ Verificato}$$

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C_l = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = 5.11e+02 \text{ kN}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = -1.23e+02 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ED} = -1.02e+03 \text{ kNm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	P <sub>cr</sub> [kN]	l <sub>0</sub> [m]	λ*	χ
y	3.72e+05	3.41	0.12	1.00
z	21653.45	3.41	0.50	0.88
θ	10580.89	4.88	0.72	0.77
min	10580.89		0.72	0.77
	M <sub>cr</sub> [kNm]	l <sub>0</sub> [m]	λ* <sub>LT</sub>	χ <sub>LT</sub>
fless.tors.	7449.15	4.88	0.57	0.85

Resistenza assiale	minimo	N <sub>b,Rd</sub> =	3.81e+03	kN
	asse y	N <sub>b,y,Rd</sub> =	4.92e+03	kN
	asse z	N <sub>b,z,Rd</sub> =	4.35e+03	kN

Resistenza flessionale	asse y	M <sub>b,y,Rd</sub> =	1878.60	kNm
------------------------	--------	-----------------------	---------	-----

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	244

asse z  $M_{z,Rd} = 402.90$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.51$   
 $k_{yz} = 0.54$   
 $k_{zy} = 1.00$   
 $k_{zz} = 0.90$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{t-N} = 0.00$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.44$  (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.82$  (Verificato)

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.5.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
			Trasv.		Torsional Stress (MPa)			Trasv.		Torsional Stress (MPa)
	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)		Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	
Beam 783: End 1	96.60	96.60	11.19	19.23	9.24	103.64	103.64	10.91	18.76	9.14
Beam 6: End 1	84.61	84.61	18.26	31.38	17.89	91.69	91.69	17.93	30.81	18.11

NOME: <b>LONGHERINE</b>		VERIFICA A FATICA (M <sub>dP</sub> ITF)				Rev. <b>00</b>
L <sub>0</sub> (m)	<b>68.50</b>	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	λ <sub>1</sub>	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
Φ <sub>2</sub>	<b>1.00</b>	coeff. dinamico sovraccarico	λ <sub>2</sub>	<b>1.00</b>	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
Y <sub>Mf</sub>	<b>1.35</b>	coeff. sicurezza fatica	λ <sub>3</sub>	<b>1.00</b>	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
Δσ <sub>C</sub> (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	λ <sub>4</sub>	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
Δσ <sub>C,red</sub> (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	λ <sub>max</sub>	<b>1.40</b>	limite fattore λ	
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	<b>33.3%</b>	% dei treni che si incrociano sul ponte	
k <sub>s</sub>	"	coeff. riduzione spessore				
A <sub>net</sub> /A <sub>tot</sub> (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)				
Δσ <sub>1</sub> , Δτ <sub>1</sub> (MPa)	"	differenza tensione σ <sub>max</sub> - σ <sub>min</sub> per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)				
Δσ <sub>1+2</sub> , Δτ <sub>1+2</sub> (MPa)	"	differenza tensione σ <sub>max</sub> - σ <sub>min</sub> per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)				

#### DETTAGLI PER PRODOTTI LAMINATI E ESTRUSI (Δσ) (Tab. 2-1.a)

DETTAGLIO N°1-2-3 Δσ<sub>C</sub> (MPa) **125.0**

Prodotti laminati ed estrusi

- 1) lamiere e piatti laminati;
- 2) lamiere e piatti;
- 3) Profili cavi senza saldatura, rettangolari e circolari



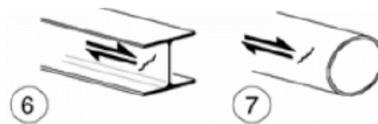
Piattabanda superiore	A <sub>net</sub> /A <sub>tot</sub> (%)	Δσ <sub>1</sub> (MPa)	Δσ <sub>1+2</sub> (MPa)	a (-)	λ <sub>4</sub> (-)	λ (-)	t (mm)	k <sub>s</sub> (-)	Δσ <sub>C,red</sub> (MPa)	Δσ <sub>E,d</sub> (MPa)	Δσ <sub>C,red</sub> /Y <sub>Mf</sub> (MPa)		
<b>LONGHERINA_1</b>	<b>100.0</b>	96.60	103.64	0.93	0.96	0.59	<b>27</b>	0.98	122.6	57.1	90.8	<b>62.9%</b>	<b>OK</b>

#### DETTAGLI PER PRODOTTI LAMINATI E ESTRUSI (Δτ) (Tab. 2-1.b)

DETTAGLIO N°6-7 Δτ<sub>C</sub> (MPa) **100.0**

6) e 7) Prodotti laminati ed estrusi

(come quelli di tabella 2-1.a) soggetti a tensioni tangenziali



Anima	A <sub>net</sub> /A <sub>tot</sub> (%)	Δτ <sub>1</sub> (MPa)	Δτ <sub>1+2</sub> (MPa)	a (-)	λ <sub>4</sub> (-)	λ (-)	t (mm)	k <sub>s</sub> (-)	Δτ <sub>C,red</sub> (MPa)	Δτ <sub>E,d</sub> (MPa)	Δτ <sub>C,red</sub> /Y <sub>Mf</sub> (MPa)		
<b>LONGHERINA_1</b>	<b>100.0</b>	67.53	66.85	0.99	0.99	0.61	<b>14.5</b>	1.00	100.0	41.4	74.1	<b>56.0%</b>	<b>OK</b>

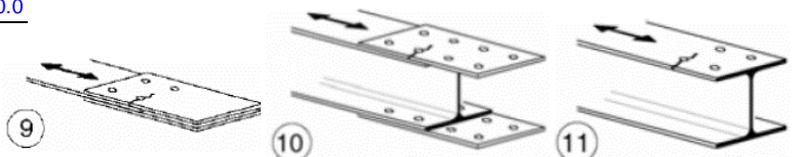
#### DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)

DETTAGLIO N°9-10-11 Δσ<sub>C</sub> (MPa) **90.0**

9) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati

10) Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni AR precaricati

11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



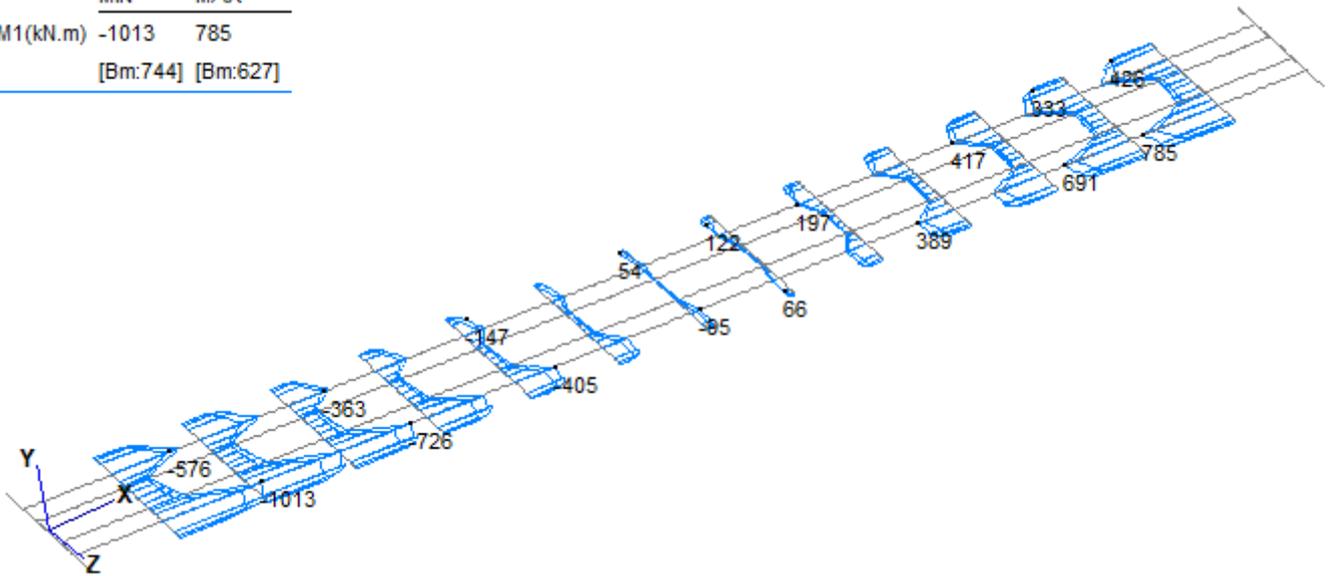
Anima	A <sub>net</sub> /A <sub>tot</sub> (%)	Δτ <sub>1</sub> (MPa)	Δτ <sub>1+2</sub> (MPa)	a (-)	λ <sub>4</sub> (-)	λ (-)	t (mm)	k <sub>s</sub> (-)	Δτ <sub>C,red</sub> (MPa)	Δτ <sub>E,d</sub> (MPa)	Δτ <sub>C,red</sub> /Y <sub>Mf</sub> (MPa)		
<b>LONGHERINA_1</b>	<b>80.0</b>	67.53	66.85	0.99	0.99	0.61	<b>14.5</b>	1.00	90.0	51.8	66.7	<b>77.7%</b>	<b>OK</b>

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	246

**13.6 TRAVERSI DI CAMPATA**

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-1013	785
	[Bm:744]	[Bm:627]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-951	5826
	[Bm:540]	[Bm:745]

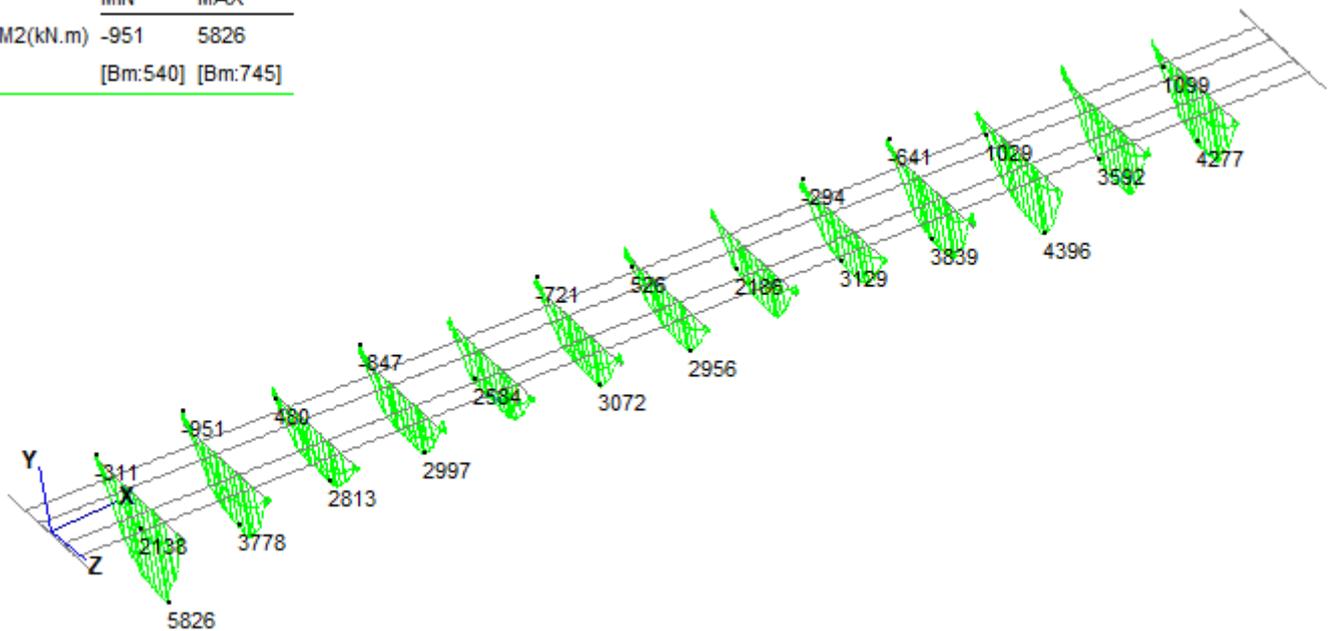
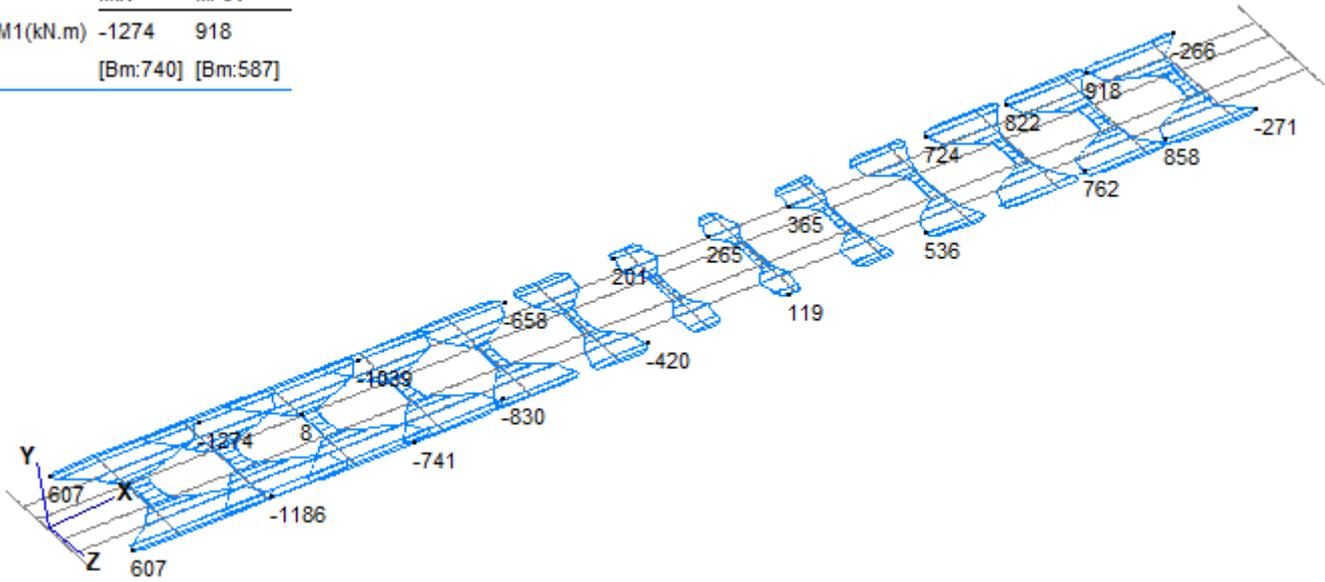


Figura 110 – Modello FEM – Env.SLU\_traversi\_campata – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	247

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-1274	918
	[Bm:740]	[Bm:587]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1253	1970
	[Bm:47]	[Bm:745]

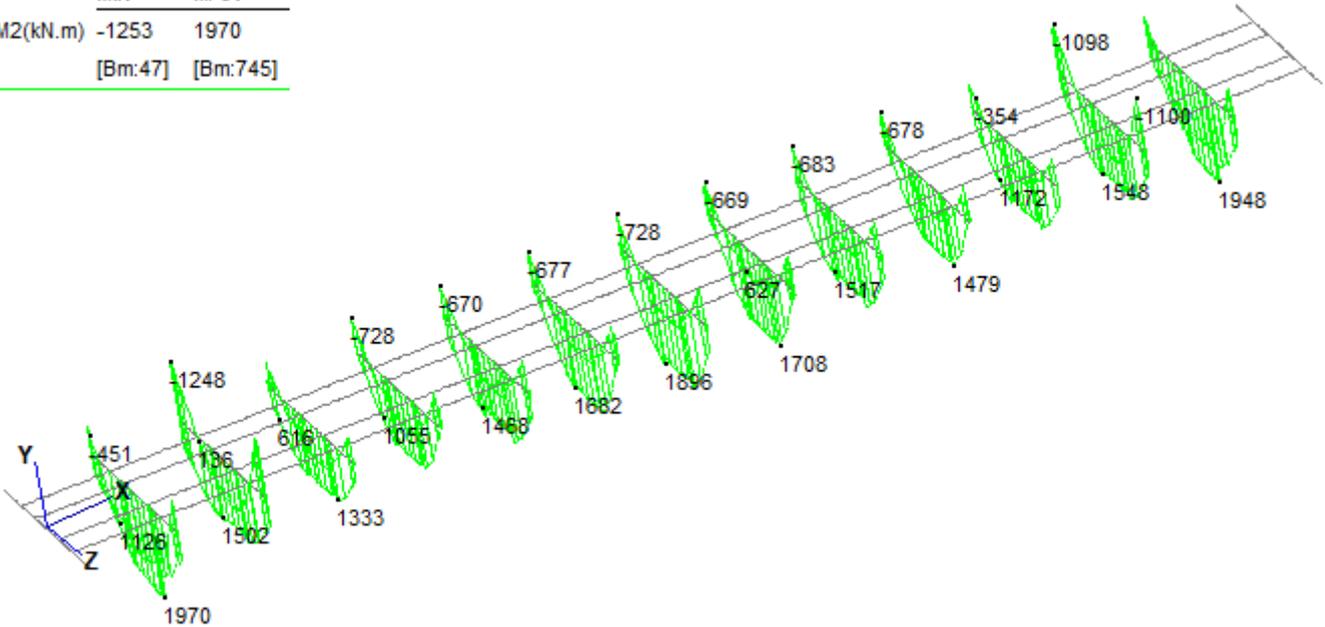
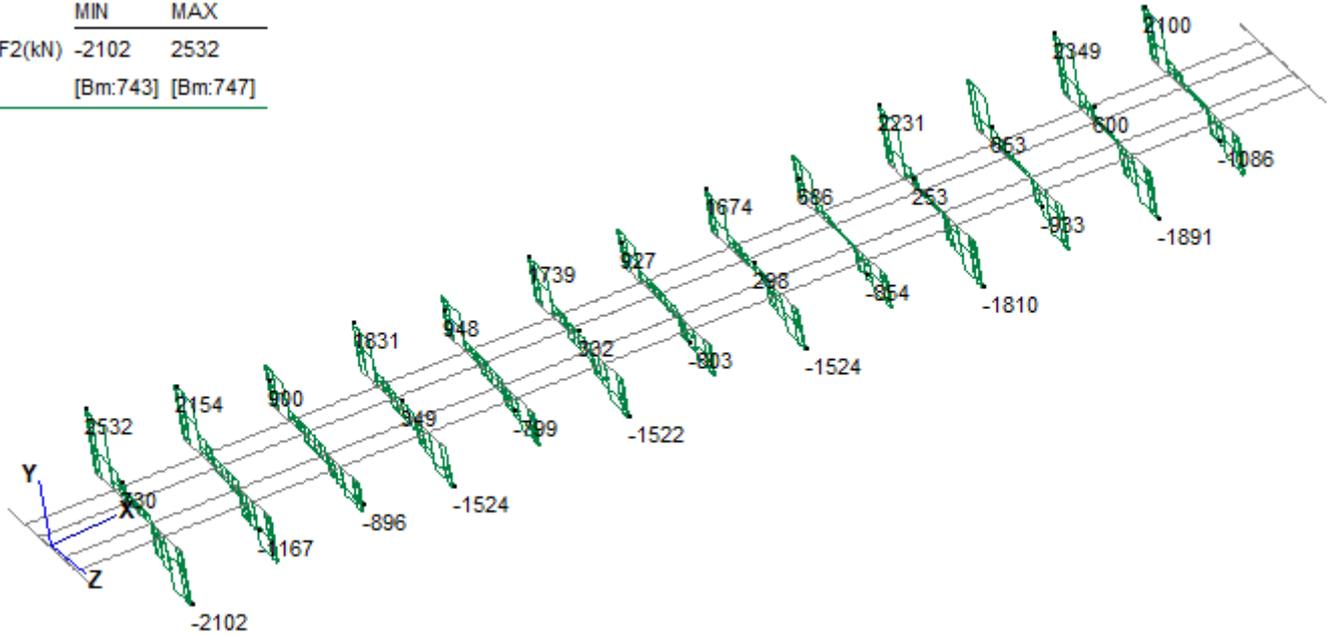


Figura 111 – Modello FEM – Env.SLV – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	248

	MIN	MAX
SF2(kN)	-2102	2532
	[Bm:743]	[Bm:747]



	MIN	MAX
SF1(kN)	-847	1097
	[Bm:617]	[Bm:743]

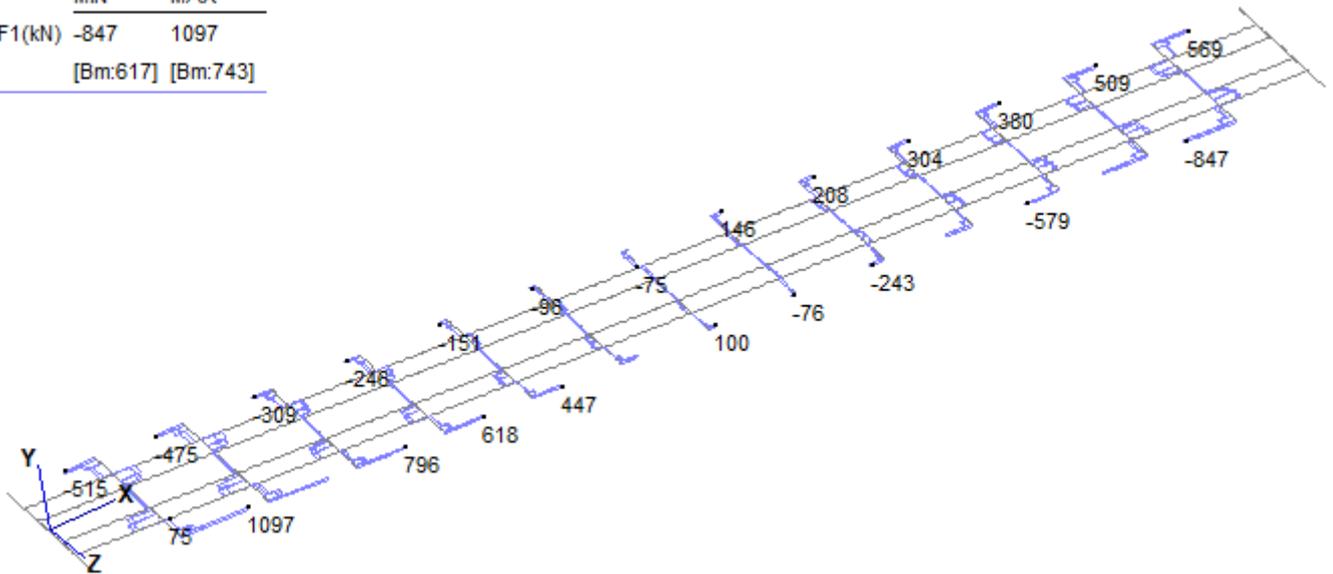
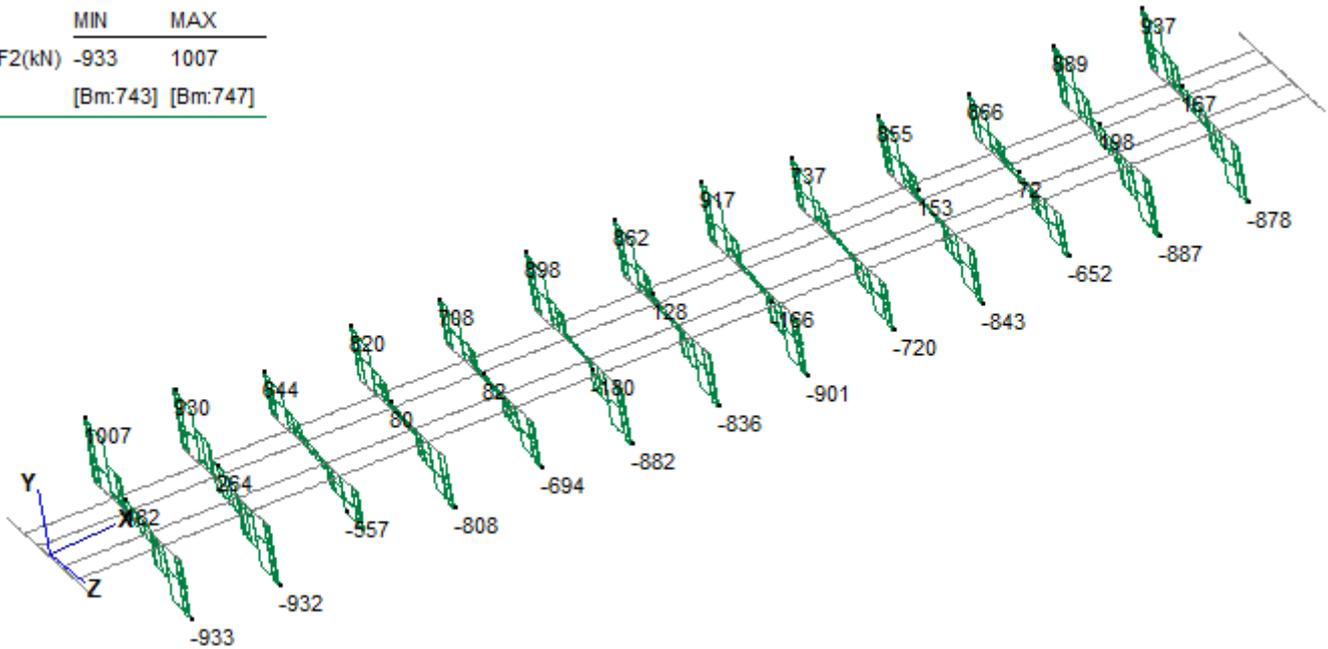


Figura 112 – Modello FEM – Env.SLU\_traversi\_campata – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	249

	MIN	MAX
SF2(kN)	-933	1007
	[Bm:743]	[Bm:747]



	MIN	MAX
SF1(kN)	-1486	1487
	[Bm:747]	[Bm:743]

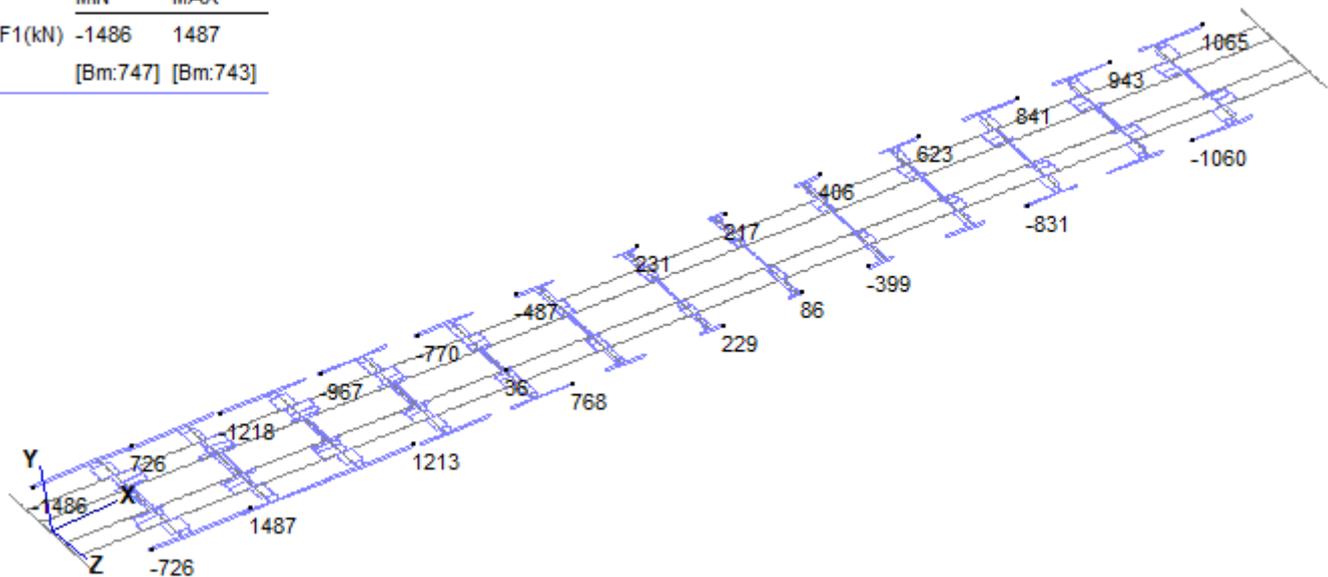


Figura 113 – Modello FEM – Env.SLV – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	250

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1088	943
	[Bm:581]	[Bm:745]

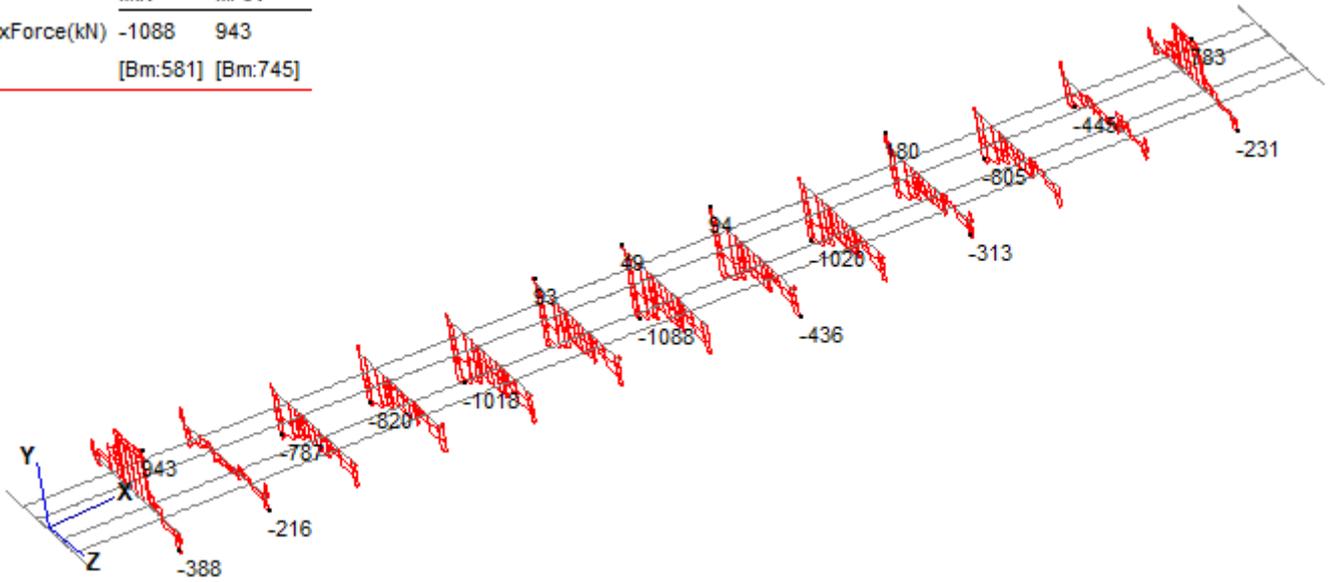


Figura 114 – Modello FEM – Env.SLU\_traversi\_campata – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1548	966
	[Bm:581]	[Bm:711]

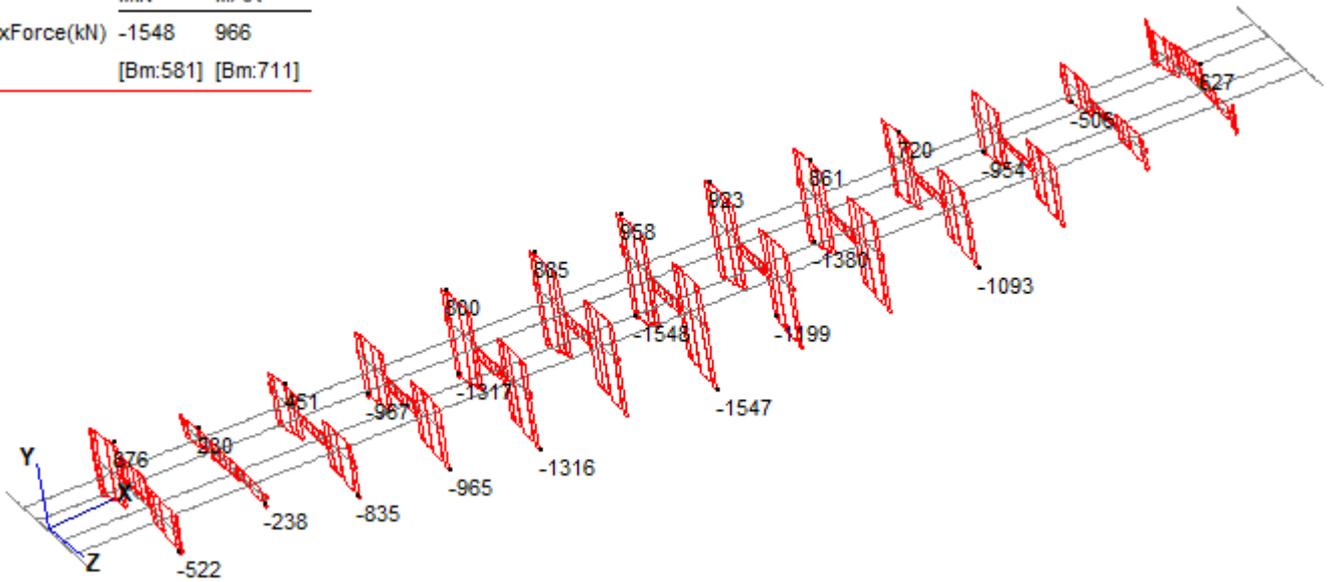


Figura 115 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	251



Figura 116 – Modello FEM - Numerazione elementi finiti

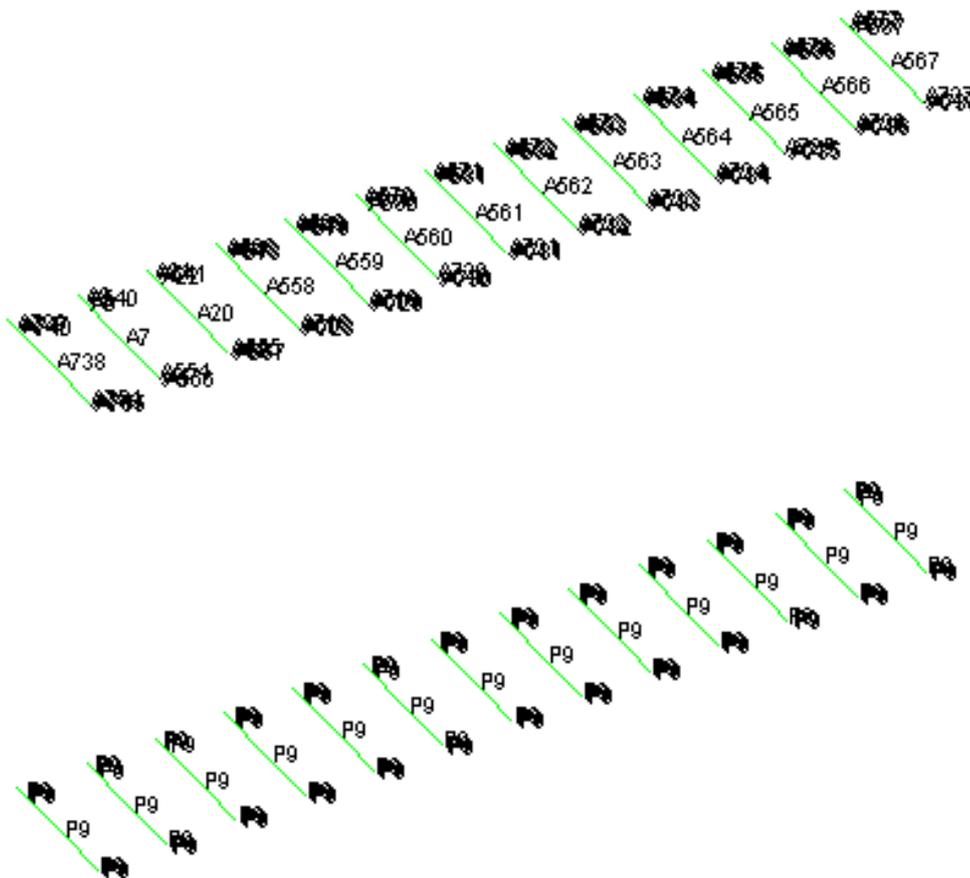


Figura 117 – Postprocessore - Numerazione elementi e proprietà

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.6.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.6.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
9	0.86	738	Cmb	766 3	0.99	738	Cmb	766 3

#### 13.6.1.10 Verifica proprietà 9

PROP. 9 - BEAM n. 738 - SEZIONE IN X = 5.24

Grp.: IMPALCATO Trave: 738 Prop.: 9 Sez.in: 5.24	
Cmb 766	M1 = -355.32                      M2 = 5825.89
	N = 943.08                        V1 = -157.27
	V2 = -1153.39                    MT = -94.21
Sezione a I	
D = 1.5500    B1 = 0.6500    T1 = 0.0400    T2 = 0.0400    T3 = 0.0200	
B2 = 0.6500	
Area	= 8.14e-02
I11	= 3.49e-02
I22	= 1.83e-03

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 3

$\sigma_{VM}$  = 289.94

$F_R$  = 0.86

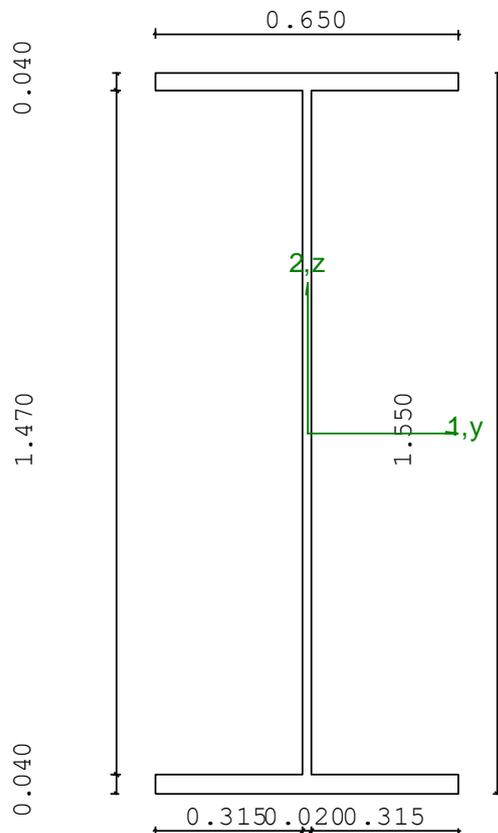
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 3

$F_{inst-N}$  = 7.86e-03

$F_{inst-PF,y}$  = 0.99

$F_{inst-PF,z}$  = 0.73



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	253

Altezza totale		D =	1.55	m
Base inferiore		B1 =	0.65	m
Spessore flangia inferiore		T1 =	0.04	m
Spessore flangia superiore		T2 =	0.04	m
Spessore anima		T3 =	0.02	m
Base superiore		B2 =	0.65	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.33	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.77	m
Posizione del baricentro plastico		X <sub>1G,pl</sub> =	0.33	m
		X <sub>2G,pl</sub> =	0.77	m
Distanza baricentro - centro di taglio		X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
		X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione		A =	8.14e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	3.49e-02	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	1.83e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	3.17e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	0.04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	1.04e-03	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.66	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.15	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	4.51e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	4.51e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	5.64e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	5.64e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	0.05	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	8.60e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	5.20e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	3.53e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			8.00	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	1.00	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	0.51	0.97	0.50	0.45
Piano 2	Tipo 9	0.94	0.95	0.92	0.96

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale	AF =	9.43e+02	kN
----------------	------	----------	----

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	254

Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.57e+02	kN
	direzione 2	V2 =	-1.15e+03	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-3.55e+02	kNm
	direzione 2	M2 =	5.83e+03	kNm
Momento torcente		MT =	-9.42e+01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 m  
z = 0.00 m

Tensione da pressoflessione

$\sigma_{pf} = 203.84$  MPa

Tensione tangenziale massima

$\tau_{max} = 131.43$  MPa

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$\sigma_{VM} = 289.94$  MPa  
 $F_R = 0.86$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale

$N_{ED} = -1.50e+02$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = -1.01e+03$  kNm

$M_{y,ED} = 5.83e+03$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	2.31e+06	5.60	0.11	1.00
z	59248.53	8.00	0.70	0.73
$\theta$	80392.29	8.00	0.60	0.79
min	59248.53		0.70	0.73
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	52338.66	8.00	0.55	0.86

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 1.91e+04$  kN

asse y

$N_{b,y,Rd} = 2.63e+04$  kN

asse z

$N_{b,z,Rd} = 1.91e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 12513.07$  kNm

asse z

$M_{z,Rd} = 1819.00$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.96$

$k_{yz} = 0.96$

$k_{zy} = 1.00$

$k_{zz} = 0.46$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 7.86e-03$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.99$  (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.73$  (Verificato)



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	256

Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{2G,pl}$	= 0.77	m
		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	8.14e-02	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	3.49e-02	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	1.83e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	3.17e-05	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	0.04	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	1.04e-03	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.66	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.15	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	4.51e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	4.51e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	5.64e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	5.64e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	0.05	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	8.60e-03	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	5.20e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	3.53e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			8.00	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	1.00	
	asse 2	$\beta_2$ =	0.70	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	0.51	0.97	0.50	0.45
Piano 2	Tipo 9	0.94	0.95	0.92	0.96

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-1.50e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	7.53e+01	kN
	direzione 2	V2 =	-2.03e+03	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.01e+03	kNm
	direzione 2	M2 =	3.72e+03	kNm
Momento torcente		MT =	-1.21e+01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>257</b>

Punto maggiormente sollecitato	y = 0.00	m	
	z = 0.00	m	
Tensione da pressoflessione	$\sigma_{pf} = -264.09$	MPa	
Tensione tangenziale massima	$\tau_{max} = 80.53$	MPa	
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$	$\sigma_{VM} = 265.42$	MPa
	$\sigma_{VM}/f_d$	$F_R = 0.79$	Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 3

Sforzo normale  
Momento flettente

$N_{ED} = -1.50e+02$  kN  
 $M_{z,ED} = -1.01e+03$  kNm  
 $M_{y,ED} = 5.83e+03$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	2.31e+06	5.60	0.11	1.00
z	59248.53	8.00	0.70	0.73
$\theta$	80392.29	8.00	0.60	0.79
min	59248.53		0.70	0.73
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	52338.66	8.00	0.55	0.86

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 1.91e+04$ kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 2.63e+04$ kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 1.91e+04$ kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 12513.07$ kNm
	asse z	$M_{z,Rd} = 1819.00$ kNm
Coefficiente di interazione		$k_{yy} = 0.96$
		$k_{yz} = 0.96$
		$k_{zy} = 1.00$
		$k_{zz} = 0.46$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 7.86e-03 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.99 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.73 \quad (\text{Verificato})$$

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.6.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Trasv.					Trasv.				
	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)
Beam 745: End 1	-16.50	17.17	2.49	7.24	-4.51	-52.77	56.34	5.28	15.40	-5.83
Beam 657: End 1	-11.03	11.60	3.82	11.13	-46.17	-14.97	15.60	5.33	15.54	-59.62

NOME: <b>TRAVERSI INTERMEDI</b>		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. <b>00</b>
$L_{\Phi}$ (m)	<b>68.50</b>	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	1.00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
$Y_{Mf}$	<b>1.35</b>	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	1.00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	1.40	limite fattore $\lambda$	
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	<b>33.3%</b>	% dei treni che si incrociano sul ponte	
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore				
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)				
$\Delta\sigma_1, \Delta\tau_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)				
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)				

#### DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)

DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati

2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piattini di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a



Plattabande	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_INF_2	100.0	17.17	56.34	0.30	0.85	0.53	40	0.89	111.1	9.0	82.3	11.0%	OK
Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_INF_2	100.0	5.22	14.84	0.35	0.84	0.52	20	1.00	125.0	2.7	92.6	2.9%	OK

#### DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)

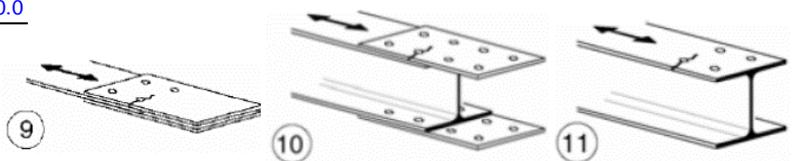
DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_C$  (MPa) **90.0**

9) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati

10) Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni

AR precaricati

11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



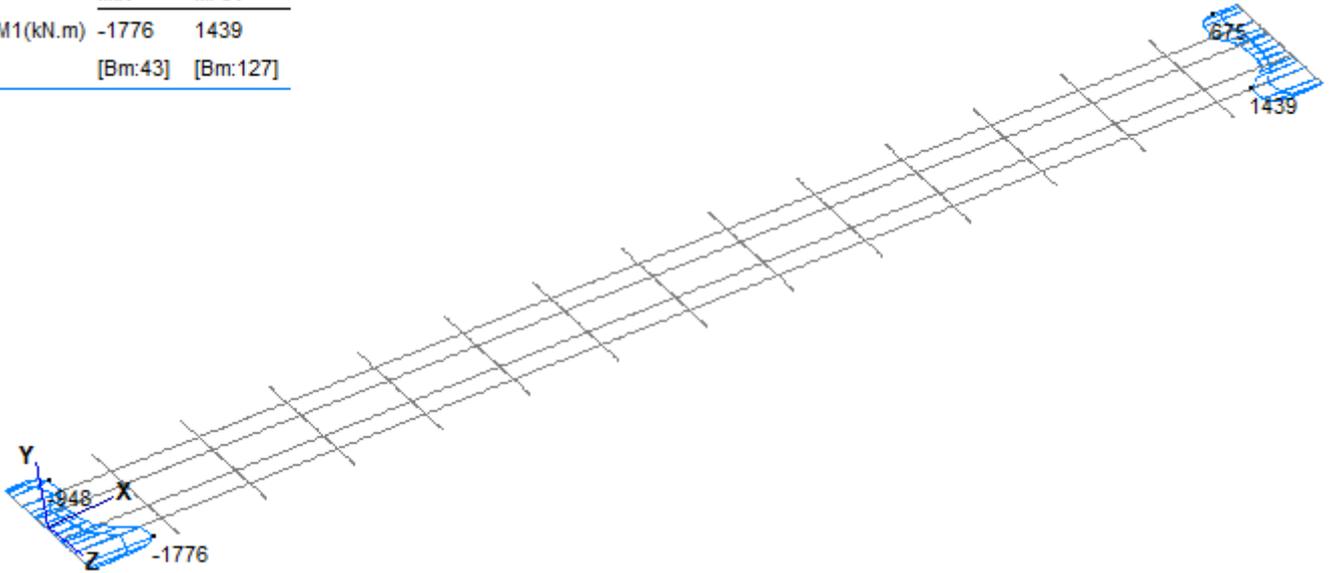
Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_INF_2	80.0	5.22	14.84	0.35	0.84	0.52	20	1.00	90.0	3.4	66.7	5.1%	OK

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	259

**13.7 TRAVERSI DI TESTATA**

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-1776	1439
	[Bm:43]	[Bm:127]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-803	5659
	[Bm:95]	[Bm:762]

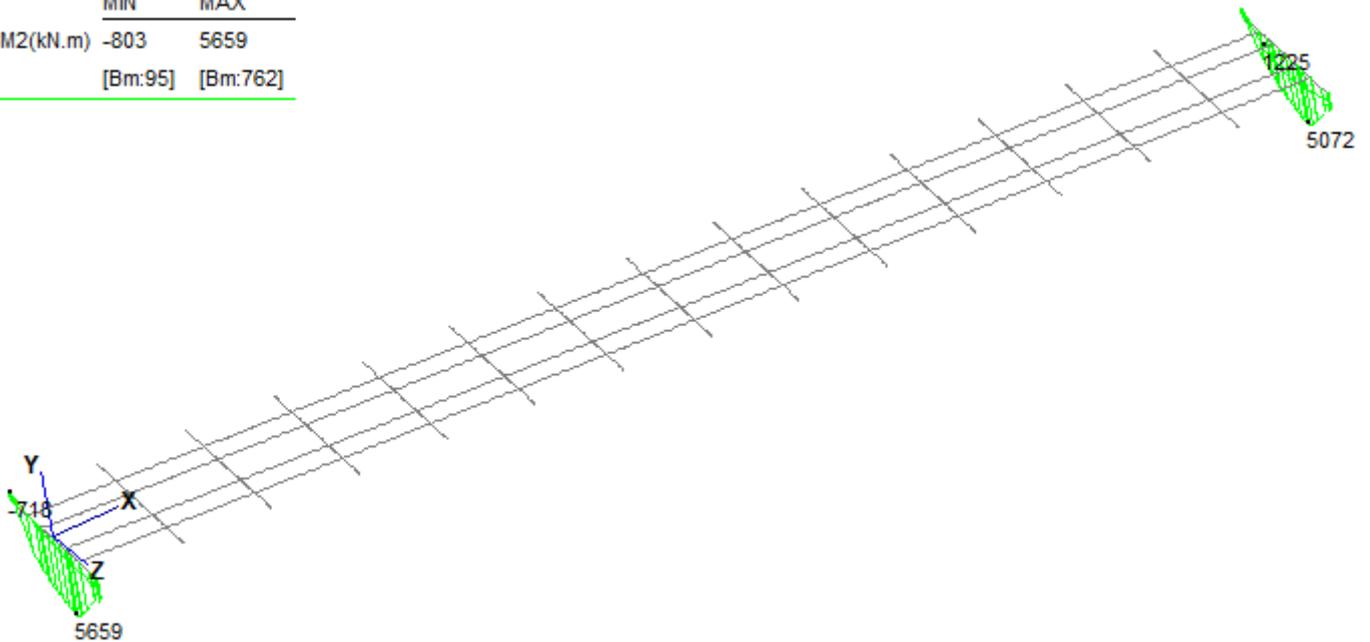
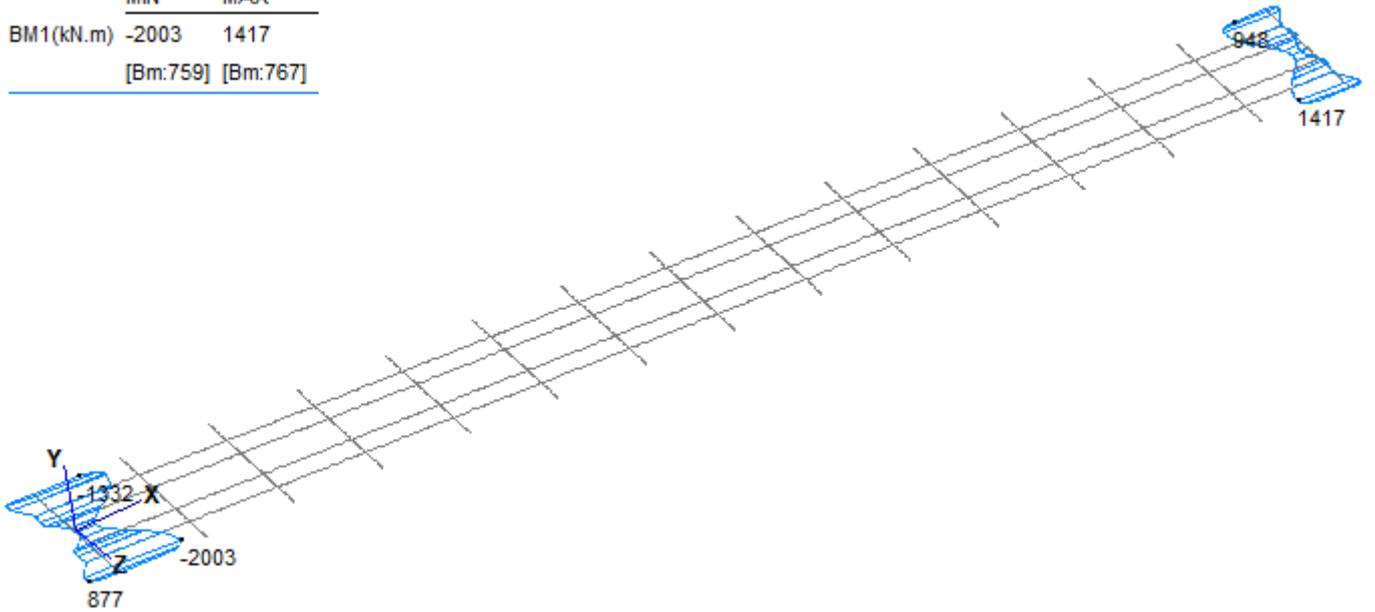


Figura 118 – Modello FEM – Env.SLU\_traversi\_testata – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	260

	MIN	MAX
BM1(kN.m)	-2003	1417
	[Bm:759]	[Bm:767]



	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-5529	5399
	[Bm:42]	[Bm:42]

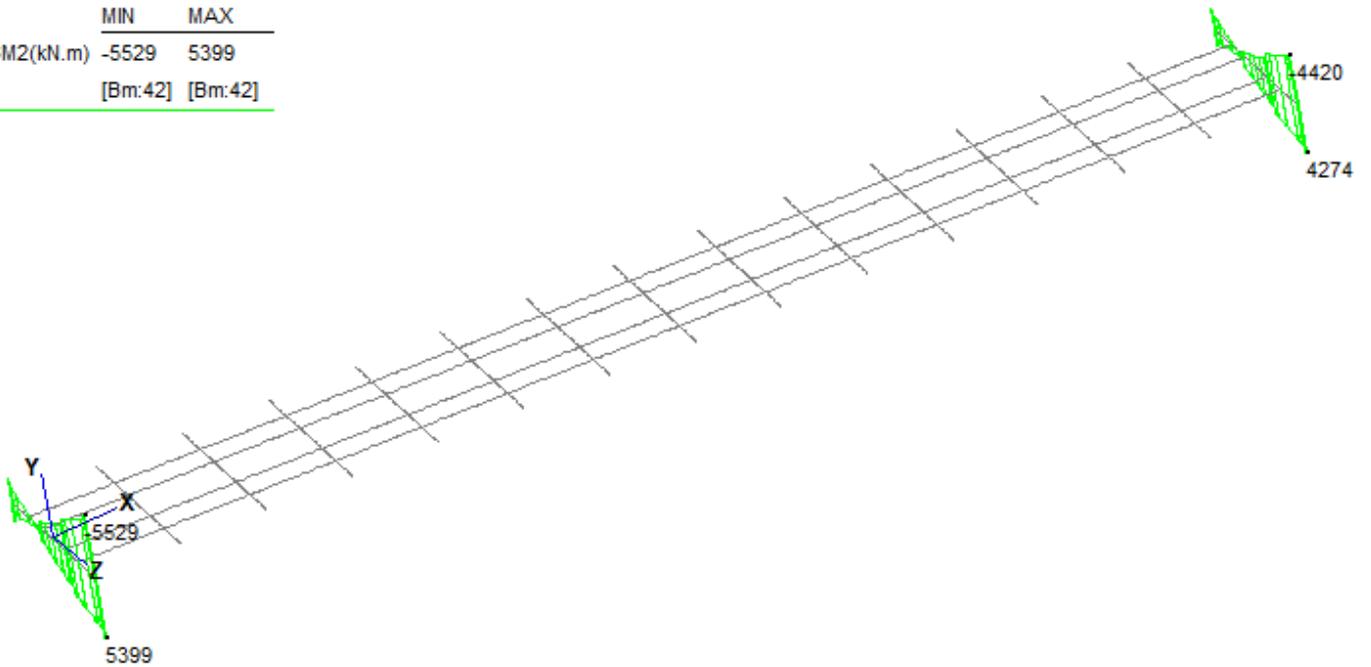
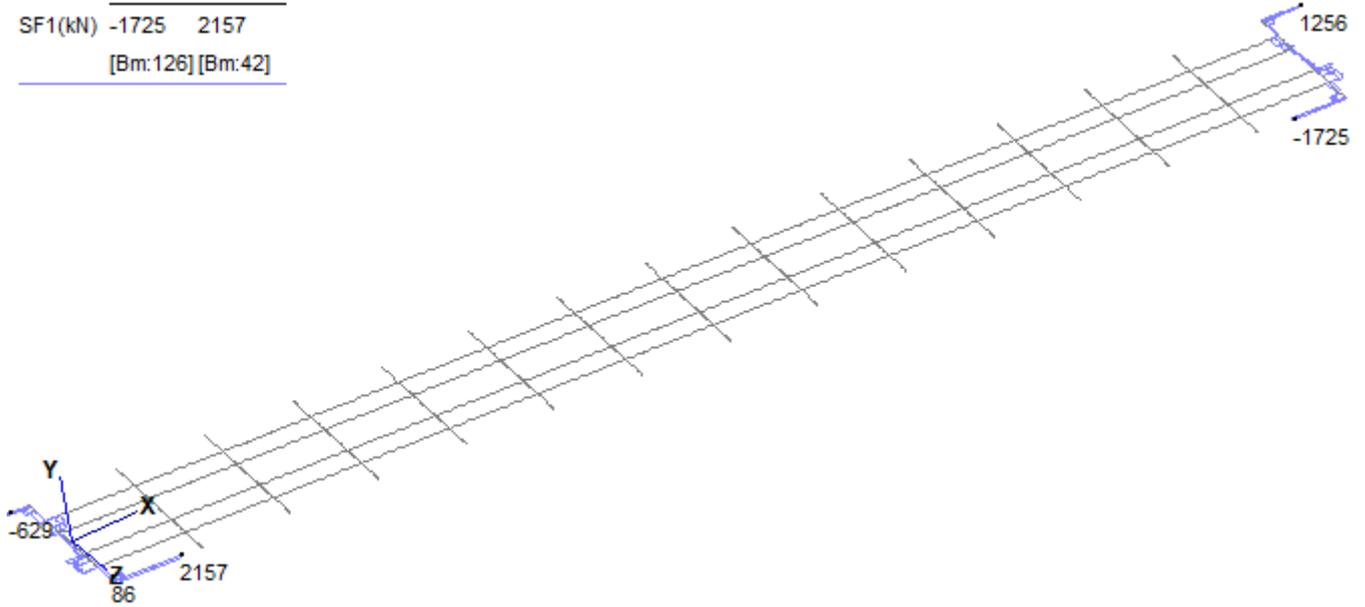


Figura 119 – Modello FEM – Env.SLV – Momento flettente M1, M2 (kNm)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	261

	MIN	MAX
SF1(kN)	-1725	2157
	[Bm:126]	[Bm:42]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-1451	2103
	[Bm:126]	[Bm:223]

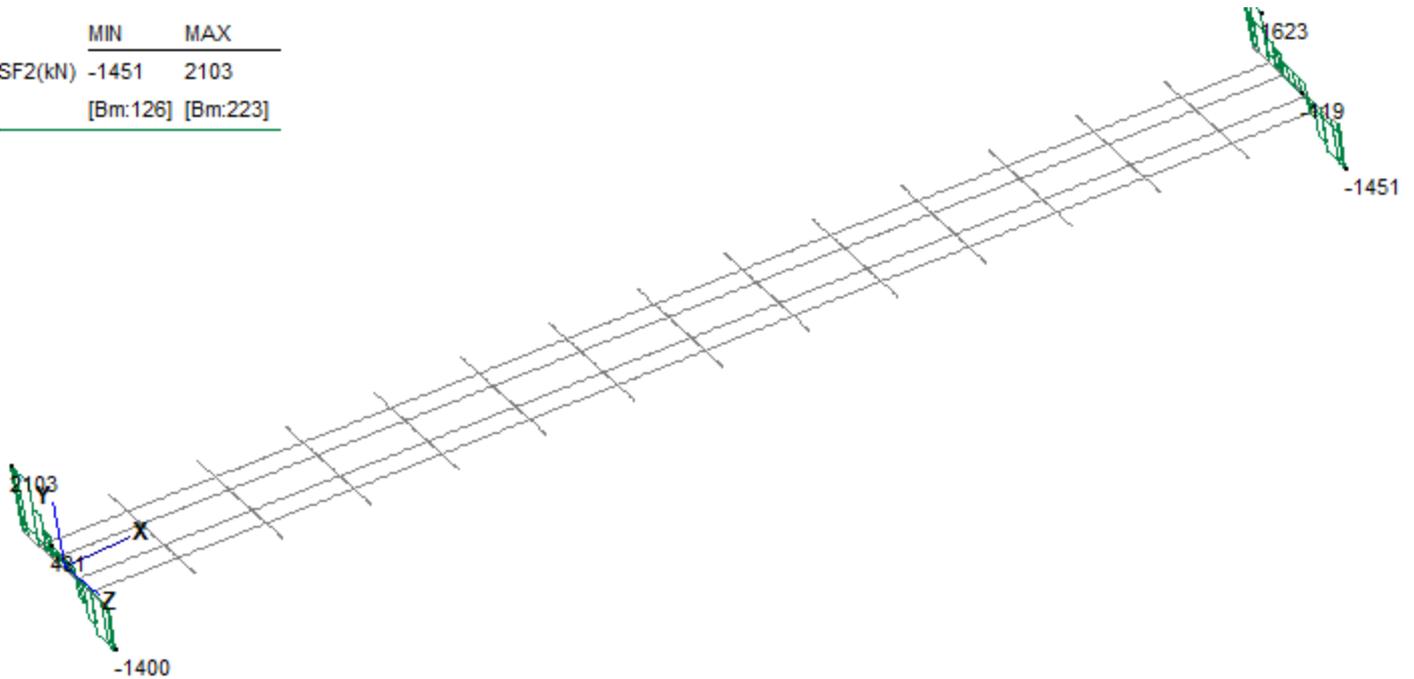


Figura 120 – Modello FEM – Env.SLU\_traversi\_testata – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	262

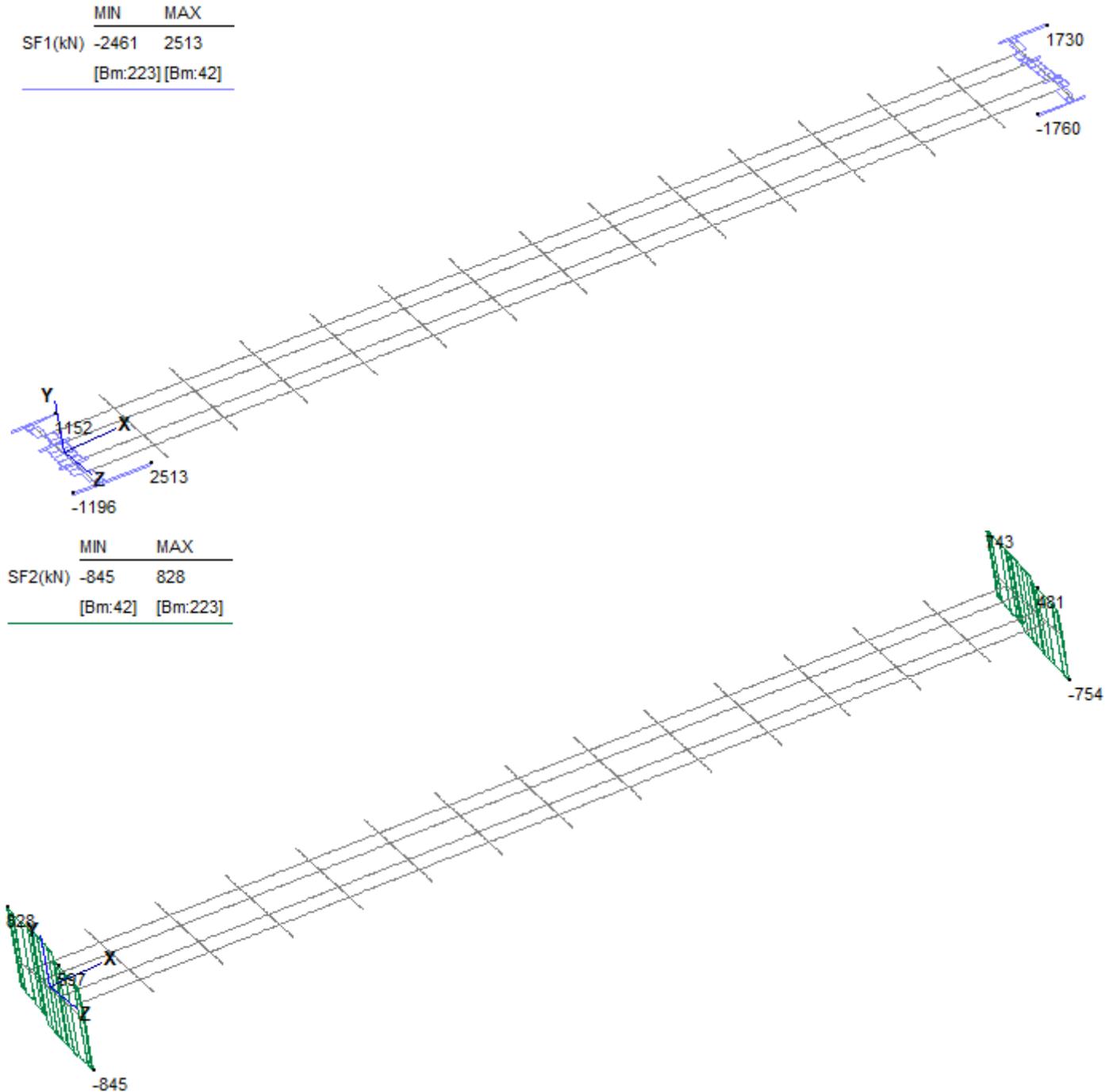


Figura 121 – Modello FEM – Env.SLV – Taglio SF1, SF2 (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	263

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-923	1710
	[Bm:765]	[Bm:42]

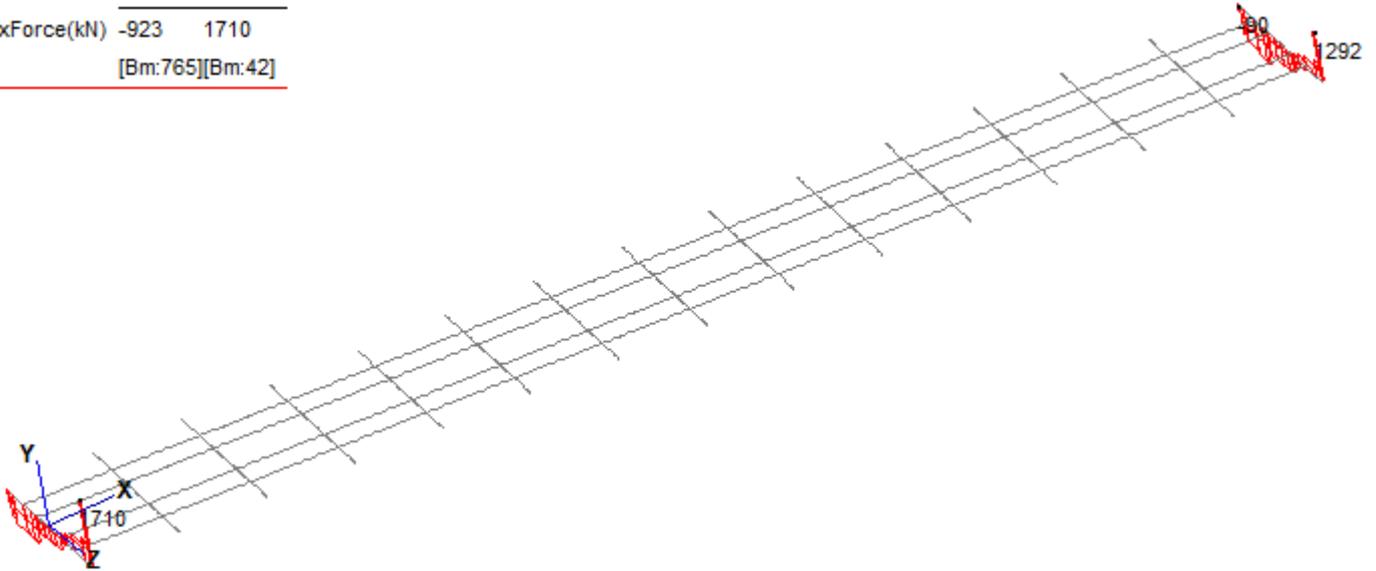


Figura 122 – Modello FEM – Env.SLU\_traversi\_testata – Azione assiale AF (kN)

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-5542	5431
	[Bm:42]	[Bm:42]

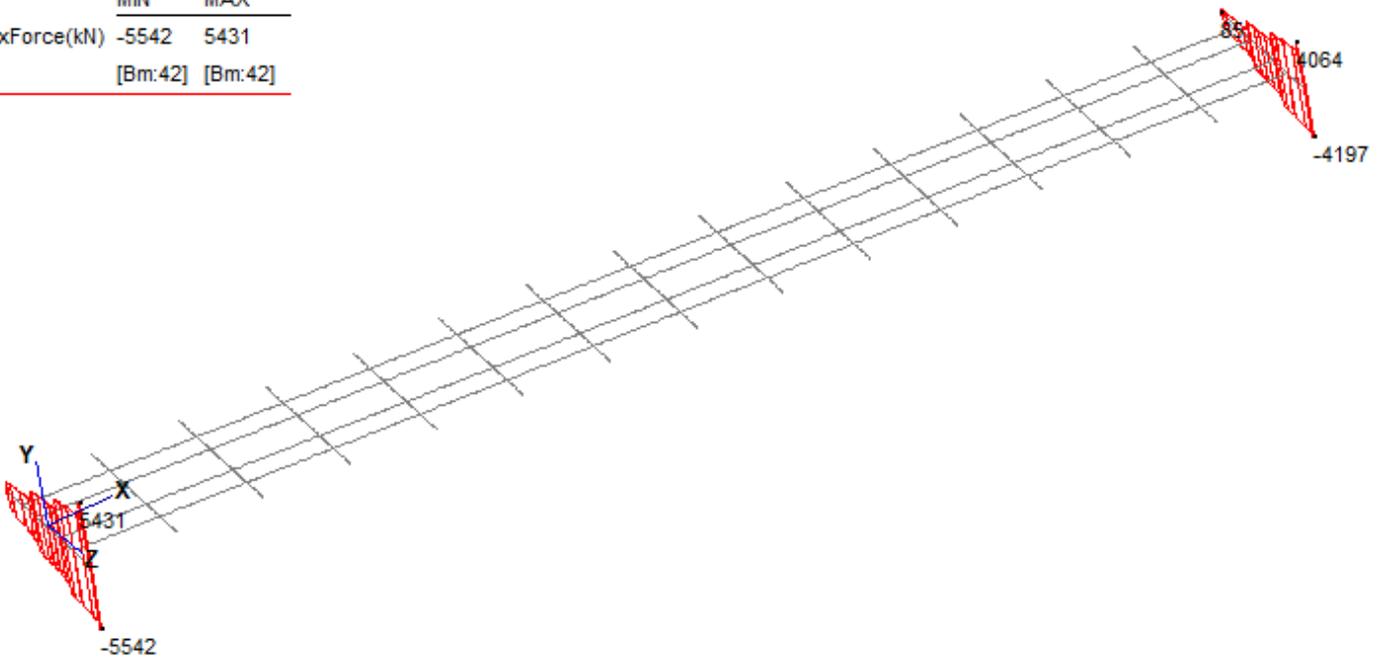
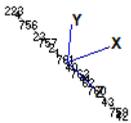


Figura 123 – Modello FEM – Env.SLV – Azione assiale AF (kN)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	264

758  
764  
106  
310  
326  
342  
358  
374  
390  
406  
422  
438  
454  
470  
486  
502  
518  
534  
550  
566  
582  
598  
614  
630  
646  
662  
678  
694  
710  
726  
742  
758



*Figura 124 – Modello FEM - Numerazione elementi finiti*



*Figura 125 – Postprocessore - Numerazione elementi e proprietà*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 13.7.1 Verifiche di resistenza e instabilità

#### 13.7.1.9 Riassunto per proprietà

Prop.	Fatt.Res.	Trave	L.C.	Cl.	Fatt.Inst.	Trave	L.C.	Cl.
8	0.91	1	Cmb 795	4	0.70 93	Cmb 771		4

#### 13.7.1.10 Verifica proprietà 8

PROP. 8 - BEAM n. 1 - SEZIONE IN X = 2.51

Grp.: IMPALCATO Trave: 1 Prop.: 8 Sez.in: 2.51	
Cmb 795	M1 = -1055.48                      M2 = -488.26
	N = -2899.20                      V1 = 677.34
	V2 = -597.94                      MT = 280.78
Sezione a I	
D = 1.5500    B1 = 0.7000    T1 = 0.0600    T2 = 0.0600    T3 = 0.0300	
B2 = 0.7000	
Area	= 1.27e-01
I11	= 5.40e-02
I22	= 3.43e-03

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 4

$\sigma_{VM}$  = 291.19

$F_R$  = 0.91

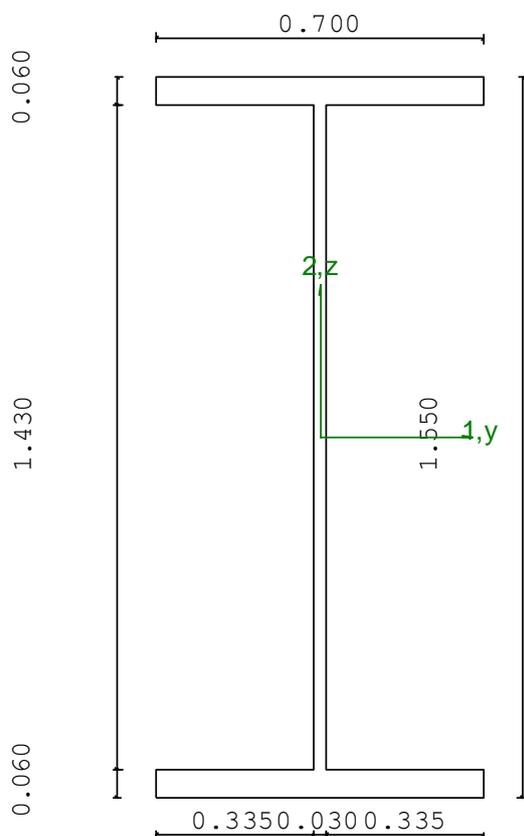
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 4

$F_{inst-N}$  = 0.15

$F_{inst-PF,y}$  = 0.46

$F_{inst-PF,z}$  = 0.62



PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	266

Altezza totale		D =	1.55	m
Base inferiore		B1 =	0.70	m
Spessore flangia inferiore		T1 =	0.06	m
Spessore flangia superiore		T2 =	0.06	m
Spessore anima		T3 =	0.03	m
Base superiore		B2 =	0.70	m
Posizione del baricentro elastico		X <sub>1G,el</sub> =	0.35	m
		X <sub>2G,el</sub> =	0.77	m
Posizione del baricentro plastico		X <sub>1G,pl</sub> =	0.35	m
		X <sub>2G,pl</sub> =	0.77	m
Distanza baricentro - centro di taglio		X <sub>1CT-X1G</sub> =	0.00	m
		X <sub>2CT-X2G</sub> =	0.00	m
Area della sezione		A =	1.27e-01	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	I <sub>11</sub> =	5.40e-02	m <sup>4</sup>
	asse 2	I <sub>22</sub> =	3.43e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.14e-04	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	I <sub>p</sub> =	0.06	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		I <sub>ω</sub> =	1.90e-03	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	i <sub>11</sub> =	0.65	m
	asse 2	i <sub>22</sub> =	0.16	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	W <sub>1 sup,el</sub> =	6.96e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	W <sub>1 inf,el</sub> =	6.96e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	W <sub>2 dx,el</sub> =	9.81e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	W <sub>2 sx,el</sub> =	9.81e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W <sub>1,pl</sub> =	0.08	m <sup>3</sup>
	asse 2	W <sub>2,pl</sub> =	0.02	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	A <sub>V1,pl</sub> =	8.40e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	A <sub>V2,pl</sub> =	5.15e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			8.00	m
Molt. per inflessione	asse 1	β <sub>1</sub> =	1.00	
	asse 2	β <sub>2</sub> =	0.70	
	asse 3	β <sub>3</sub> =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k <sub>c</sub>	m <sub>LT</sub>	C <sub>m</sub>
Piano 1	Tipo 9	-0.51	0.99	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	-0.22	0.95	0.45	0.43

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	f <sub>y</sub> =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	f <sub>u</sub> =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	f <sub>y</sub> =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	f <sub>u</sub> =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ <sub>M0</sub> =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	γ <sub>M1</sub> =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale	AF =	-2.90e+03	kN
----------------	------	-----------	----

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	267

Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	6.77e+02	kN
	direzione 2	V2 =	-5.98e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	-1.06e+03	kNm
	direzione 2	M2 =	-4.88e+02	kNm
Momento torcente		MT =	2.81e+02	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Punto maggiormente sollecitato

y = 0.00 m  
z = 0.00 m

Tensione da pressoflessione

$\sigma_{pf} = -137.46$  MPa

Tensione tangenziale massima

$\tau_{max} = 163.03$  MPa

Tensione ideale

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$$

$$\sigma_{VM}/f_d$$

$\sigma_{VM} = 291.19$  MPa  
 $F_R = 0.91$  Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -4.58e+03$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = -1.68e+03$  kNm

$M_{y,ED} = -4.68e+03$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr}$ [kN]	$l_0$ [m]	$\lambda^*$	$\chi$
y	3.56e+06	5.60	0.11	1.00
z	1.11e+05	8.00	0.62	0.77
$\theta$	1.57e+05	8.00	0.52	0.83
min	1.11e+05		0.62	0.77
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda_{LT}^*$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	1.91e+05	8.00	0.36	0.94

Resistenza assiale

minimo

$N_{b,Rd} = 2.99e+04$  kN

asse y

$N_{b,y,Rd} = 3.86e+04$  kN

asse z

$N_{b,z,Rd} = 2.99e+04$  kN

Resistenza flessionale

asse y

$M_{b,y,Rd} = 19965.06$  kNm

asse z

$M_{z,Rd} = 2987.35$  kNm

Coefficiente di interazione

$k_{yy} = 0.43$

$k_{yz} = 0.43$

$k_{zy} = 0.97$

$k_{zz} = 0.42$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$F_{I-N} = 0.15$  (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,y} = 0.46$  (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$F_{R-PF,z} = 0.62$  (Verificato)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	268

PROP. 8 - BEAM n. 93 - SEZIONE IN X = 1.24

Grp.: IMPALCATO Trave: 93 Prop.: 8 Sez.in: 1.24			
Imb 771	M1 = 782.59	M2 = 2667.35	
	N = -600.69	V1 = -132.58	
	V2 = 883.54	MT = -19.20	
Sezione a I			
D = 1.5500	B1 = 0.7000	T1 = 0.0600	T2 = 0.0600 T3 = 0.0300
B2 = 0.7000			
Area		= 1.27e-01	
I11		= 5.40e-02	
I22		= 3.43e-03	

VERIFICA DI RESISTENZ

Classe = Classe 4

$\sigma_{VM}$  = 124.07

$F_R$  = 0.39

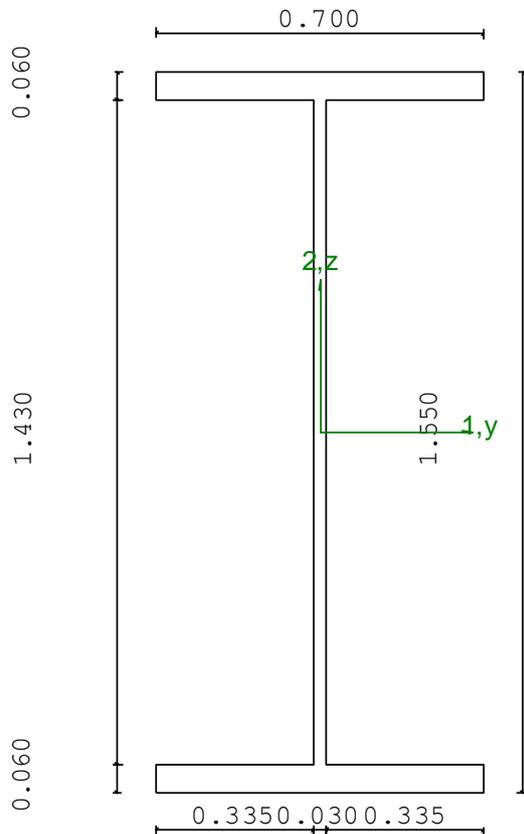
VERIFICA DI STABILITA

Classe = Classe 4

$F_{inst-N}$  = 0.02

$F_{inst-PF,y}$  = 0.70

$F_{inst-PF,z}$  = 0.54



#### PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	1.55	m
Base inferiore	B1 =	0.70	m
Spessore flangia inferiore	T1 =	0.06	m
Spessore flangia superiore	T2 =	0.06	m
Spessore anima	T3 =	0.03	m
Base superiore	B2 =	0.70	m
Posizione del baricentro elastico	$X_{1G,el}$	= 0.35	m
	$X_{2G,el}$	= 0.77	m
Posizione del baricentro plastico	$X_{1G,pl}$	= 0.35	m

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	269

Distanza baricentro - centro di taglio		$X_{2G,pl}$	= 0.77	m
		$X_{1CT}-X_{1G}$	= 0.00	m
		$X_{2CT}-X_{2G}$	= 0.00	m
Area della sezione		A =	1.27e-01	m <sup>2</sup>
Momento d'inerzia	asse 1	$I_{11}$ =	5.40e-02	m <sup>4</sup>
	asse 2	$I_{22}$ =	3.43e-03	m <sup>4</sup>
	asse 3	J =	1.14e-04	m <sup>4</sup>
Momento polare rispetto il centro di taglio	$I_p$ =	0.06	m <sup>4</sup>	
Costante di ingobbamento		$I_{\omega}$ =	1.90e-03	m <sup>6</sup>
Raggio giratore	asse 1	$i_{11}$ =	0.65	m
	asse 2	$i_{22}$ =	0.16	m
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1\ sup,el}$ =	6.96e-02	m <sup>3</sup>
	inferiore	$W_{1\ inf,el}$ =	6.96e-02	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2\ dx,el}$ =	9.81e-03	m <sup>3</sup>
	sinistro	$W_{2\ sx,el}$ =	9.81e-03	m <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1,pl}$ =	0.08	m <sup>3</sup>
	asse 2	$W_{2,pl}$ =	0.02	m <sup>3</sup>
Area di taglio	asse 1	$A_{V1,pl}$ =	8.40e-02	m <sup>2</sup>
	asse 2	$A_{V2,pl}$ =	5.15e-02	m <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DELL'ASTA:**

Lunghezza			8.00	m
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1$ =	1.00	
	asse 2	$\beta_2$ =	0.70	
	asse 3	$\beta_3$ =	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	$\psi$	$k_c$	$m_{LT}$	$C_m$
Piano 1	Tipo 9	0.58	0.98	0.63	0.58
Piano 2	Tipo 9	0.31	0.96	0.88	0.97

**CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:**

Tipo di acciaio		S355		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y$ =	355.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u$ =	510.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y$ =	335.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u$ =	470.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	$\gamma_{M0}$ =	1.05		
Coefficiente di sicurezza all'instabilità	$\gamma_{M1}$ =	1.10		

**SOLLECITAZIONI:**

Sforzo normale		AF =	-6.01e+02	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	-1.33e+02	kN
	direzione 2	V2 =	8.84e+02	kN
Momento flettente	direzione 1	M1 =	7.83e+02	kNm
	direzione 2	M2 =	2.67e+03	kNm
Momento torcente		MT =	-1.92e+01	kNm

**VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>270</b>

Punto maggiormente sollecitato	y = 0.00 z = 0.00	m m
Tensione da pressoflessione	$\sigma_{pf} = -122.83$	MPa
Tensione tangenziale massima	$\tau_{max} = 26.33$	MPa
Tensione ideale	$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_{pf}^2 + 3\tau_{max}^2)}$ $\sigma_{VM}/f_d$	$\sigma_{VM} = 124.07$ $F_R = 0.39$
		MPa Verificato

**VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):**

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 4

Classe in classe 4 verificata senza detrazioni

Sforzo normale

$N_{ED} = -6.01e+02$  kN

Momento flettente

$M_{z,ED} = 1.31e+03$  kNm

$M_{y,ED} = 5.07e+03$  kNm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico $P_{cr}$ [kN]	Lunghezza libera $l_0$ [m]	Snellezza adimensionale $\lambda^*$	Coefficiente riduttivo $\chi$
y	3.56e+06	5.60	0.11	1.00
z	1.11e+05	8.00	0.62	0.77
$\theta$	1.57e+05	8.00	0.52	0.83
min	1.11e+05		0.62	0.77
	$M_{cr}$ [kNm]	$l_0$ [m]	$\lambda^*_{LT}$	$\chi_{LT}$
fless.tors.	1.09e+05	8.00	0.48	0.89

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} = 2.99e+04$ kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} = 3.86e+04$ kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} = 2.99e+04$ kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} = 18967.92$ kNm
	asse z	$M_{z,Rd} = 2987.35$ kNm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} = 0.97$
	$k_{yz} = 0.97$
	$k_{zy} = 1.00$
	$k_{zz} = 0.59$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1 \quad F_{I-N} = 0.02 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,y} = 0.70 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-PF,z} = 0.54 \quad (\text{Verificato})$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.p.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	271

### 13.7.2 Verifiche a fatica

	ENV LM71					ENV LM71+LM71				
	Trasv.					Trasv.				
	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)	Fibre Stress Min (MPa)	Fibre Stress Max (MPa)	Shear Stress Dir. 1 (MPa)	Shear Stress Dir. 2 (MPa)	Torsional Stress (MPa)
Beam 2: End 1	-16.99	16.31	0.16	0.48	-15.16	-35.46	32.97	1.31	4.01	-20.99
Beam 223: End 1	-6.77	6.66	3.41	10.40	21.84	-12.29	11.97	4.62	14.11	41.66

NOME: <b>TRAVERSI TESTATA</b>		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. <b>00</b>
$L_{\Phi}$ (m)	<b>68.50</b>	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	$\lambda_1$	0.62	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
$\Phi_2$	1.00	coeff. dinamico sovraccarico	$\lambda_2$	<b>1.00</b>	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
$Y_{Mf}$	<b>1.35</b>	coeff. sicurezza fatica	$\lambda_3$	<b>1.00</b>	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
$\Delta\sigma_c$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	$\lambda_4$	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
$\Delta\sigma_{c,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	$\lambda_{max}$	<b>1.40</b>	limite fattore $\lambda$	
t (mm)	"	spessore dettaglio pertinente	n (%)	<b>33.3%</b>	% dei treni che si incrociano sul ponte	
$k_s$	"	coeff. riduzione spessore				
$A_{net}/A_{tot}$ (%)	"	% riduzione area lorda elemento di dettaglio per presenza di fori (ipotesi fori distribuiti omogeneamente su tutta la sezione)				
$\Delta\sigma_1, \Delta\tau_1$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su un binario (valutato su sezioni lorde)				
$\Delta\sigma_{1+2}, \Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	"	differenza tensione $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ per passaggio del treno teorico LM71 su più binari (valutato su sezioni lorde)				

#### DETTAGLI PER SEZIONI SALDATE (Tab. 2-2)

DETTAGLIO N°1-2  $\Delta\sigma_c$  (MPa) **125.0**

Saldatura longitudinale continue

- Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati
- Saldatura automatica a cordoni d'angolo.

Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a

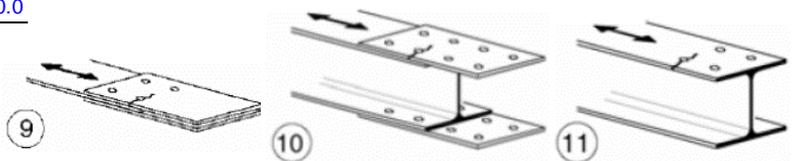


Piattabande	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\sigma_{c,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{c,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_INF_1	100.0	16.99	35.46	0.48	0.82	0.51	60	0.80	100.4	8.6	74.4	<b>11.6%</b>	<b>OK</b>
Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_INF_1	100.0	35.64	60.39	0.59	0.83	0.51	30	0.96	119.4	18.2	88.5	<b>20.6%</b>	<b>OK</b>

#### DETTAGLI PER GIUNTI CHIODATI E BULLONATI (Tab. 2-5)

DETTAGLIO N°9-10-11  $\Delta\sigma_c$  (MPa) **90.0**

- Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati
- Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni AR precaricati
- Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente



Anima	$A_{net}/A_{tot}$ (%)	$\Delta\tau_1$ (MPa)	$\Delta\tau_{1+2}$ (MPa)	a (-)	$\lambda_4$ (-)	$\lambda$ (-)	t (mm)	$k_s$ (-)	$\Delta\tau_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\tau_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
TRAVERSO_INF_1	80.0	35.64	60.39	0.59	0.83	0.51	30	0.96	86.0	22.8	63.7	<b>35.8%</b>	<b>OK</b>

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>272</b>

### 13.7.3 Verifica traverso di testata soggetto ad azione sismica

Si effettua la verifica del traverso di testata per il caso azione sismica trasversale agente sull'impalcato. In particolare, la forza trasversale  $F_E$  esplica un momento flettente sul traverso, valutato considerando la distanza tra la retta di applicazione della forza e la quota baricentrica del traverso. Posto che la forza trasversale  $F_E = 4450 * 1.1 = 4895$  kN e che la distanza tra la sua retta di applicazione e il baricentro del traverso è pari a  $e = 1.58$  mm, il momento sollecitante dovuto all'azione sismica è pari a:  $M_{Ed} = 4895 * 1.58 = 7709.63$  kNm, applicato nella sezione di mezzzeria.

Essendo lo schema statico del traverso del tipo trave semplicemente appoggiata, si determina conseguentemente il taglio agente sul traverso, pari a:  $V_{Ed} = M_{Ed} / l = 7709.63 / 9.3 = 828.99$  kN.

Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, i valori delle sollecitazioni dovute al sisma si sommano ai valori di momento e taglio ricavati in combinazione quasi permanente.

MIN	MAX
SF2(kN)	-324,717    324,717
[Bm:758]	[Bm:3]

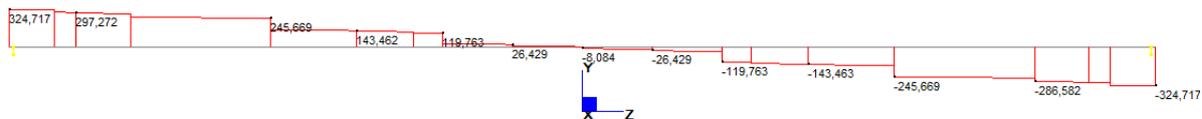


Figura 126 - QP -  $V_{Ed}$

MIN	MAX
BM2(kN.m)	0,000    786,966
[Bm:3]	[Bm:761]

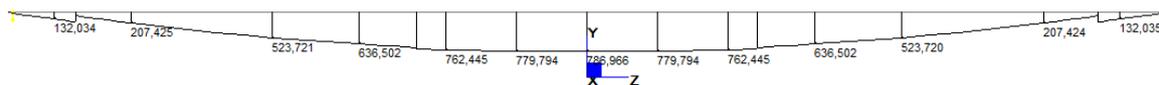


Figura 127 - QP -  $M_{Ed}$

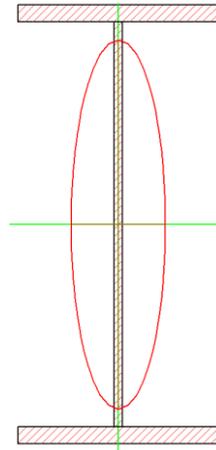
Dunque, le sollecitazioni massime di taglio e momento flettente che interessano il traverso sono:

$$M_{Ed, \max} = 7709.63/2 + 786.97 = 4641.78 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed, \max} = 828.99 + 324.72 = 1153.71 \text{ kN}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

La valutazione della resistenza dei profili costituenti il traverso di testata è stata condotta seguendo le prescrizioni riportate al §4.2.4.1.2 delle NTC08.



DIMENSIONI TRAVERSO TESTATA	
H (mm)	1550
B (mm)	700
tw (mm)	30
tf (mm)	60
H-2tf (mm)	1430
H/2 (mm)	775

Resistenza flessionale	
$y_g$ (cm)	77,50
$H-y_g$ (cm)	77,50
$I_{xx}$ (cm <sup>4</sup> )	5395782,00
$I_{yy}$ (cm <sup>4</sup> )	343322,00
$W_{sup,x}$ (cm <sup>3</sup> )	69622,99
$W_{inf,x}$ (cm <sup>3</sup> )	69622,99
$M_{rd(sup),x}$ (kNm)	23539,20
$M_{rd(inf),x}$ (kNm)	23539,20
Resistenza a taglio	
$A_v$ (cm <sup>2</sup> )	447
$f_{yk}$ (MPa)	355,00
$V_{cRd}$ (kN)	8725,41

Dalla tabella si evince che i valori di taglio e momento resistente sono sempre maggiori delle sollecitazioni che interessano il traverso, pertanto la verifica è soddisfatta.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	274

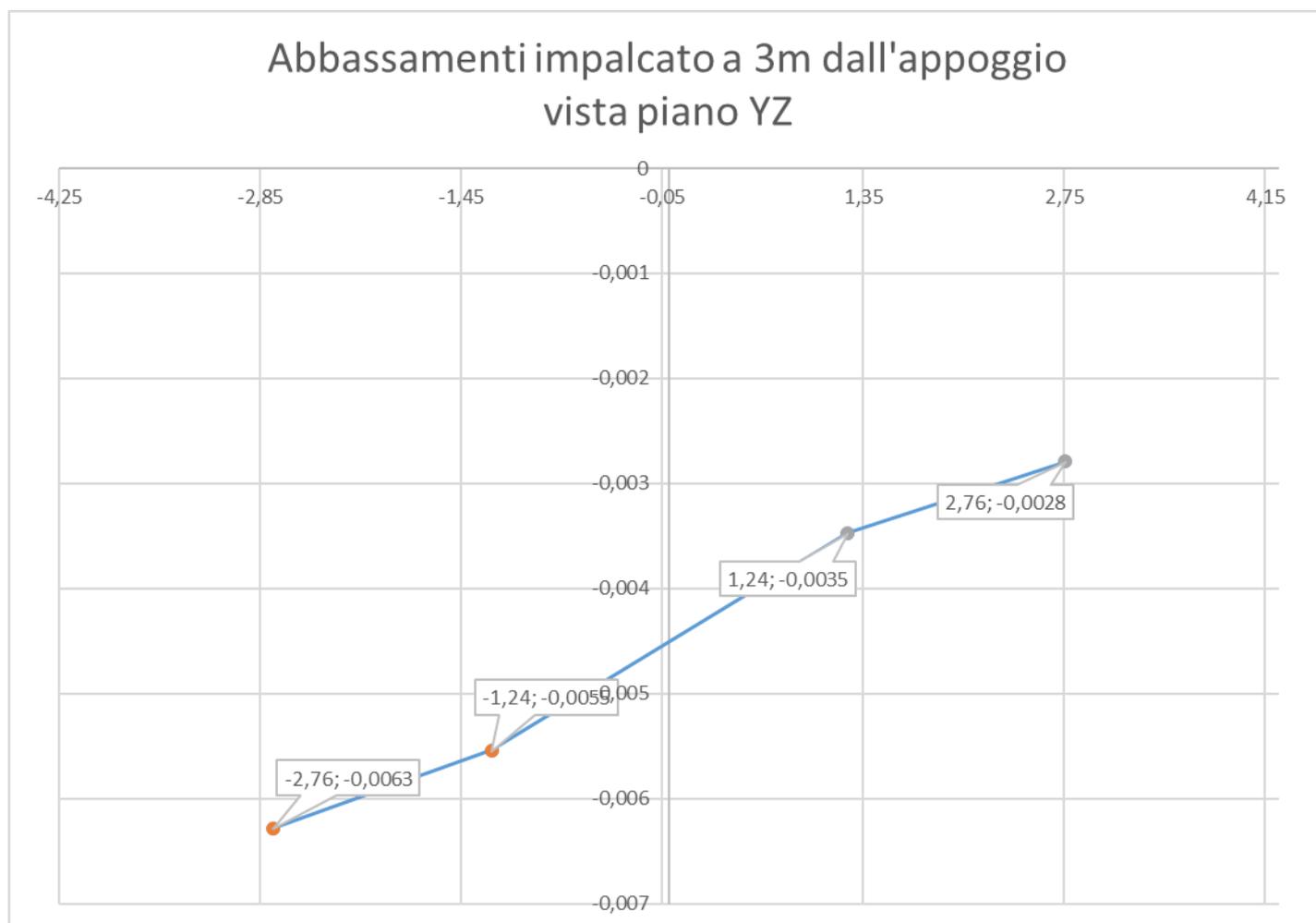
## 14. VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

La valutazione dei parametri di deformazione degli impalcato si conduce utilizzando la combinazione caratteristica (rara) degli SLE.

### 14.1 VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO)

La deformazione torsionale dell'impalcato è stata valutata in riferimento al passaggio del convoglio LM71 sul binario 2 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico  $\varphi_3$  e con il coefficiente  $\alpha$ , secondo quanto prescritto dal MdP al par. 2.5.1.8.3.2.2.

In particolare, sono stati misurati gli abbassamenti del modello agli FE dell'impalcato a partire da una distanza di 3m dalla sezione di appoggio.



Lo sghembo massimo  $t$  è pari a:  $t \approx 0,74 \text{ mm} / 3\text{m}$ . Tale limite è inferiore a quello previsto dalla normativa, pari a  $3.0 \text{ mm} / 3\text{m}$  per il caso  $120 < V_{\text{max}} < 200 \text{ km/h}$ .

La verifica è soddisfatta.

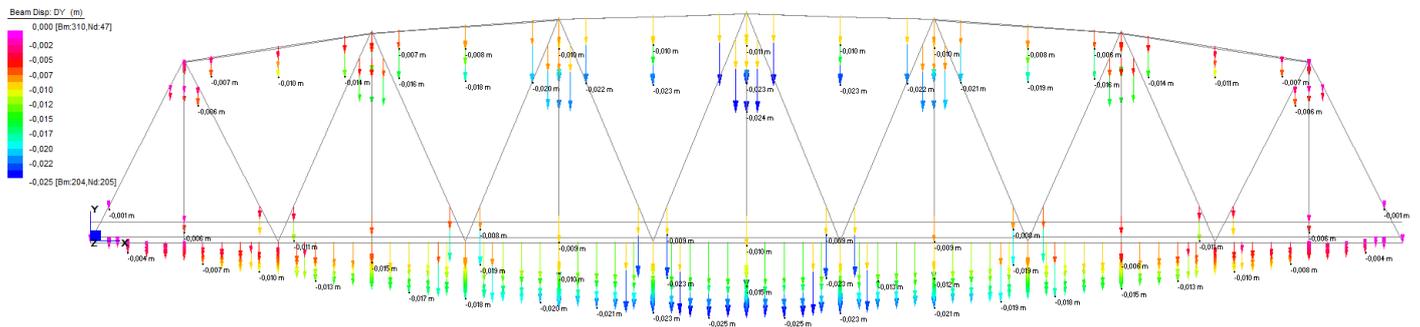
**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>275</b>

**14.2 INFLESSIONE NEL PIANO VERTICALE DELL'IMPALCATO**

Considerando la presenza del treno di carico LM71 sul primo binario incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico  $\phi_3$  e con il coefficiente  $\alpha$ , il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non deve eccedere il valore  $L/1000$ .

Lo spostamento massimo nella sezione di mezzeria sulle travi è pari a 25 mm. Si riporta il campo degli spostamenti nella seguente figura:



*Figura 128 - Spostamenti verticali - Carico LM71*

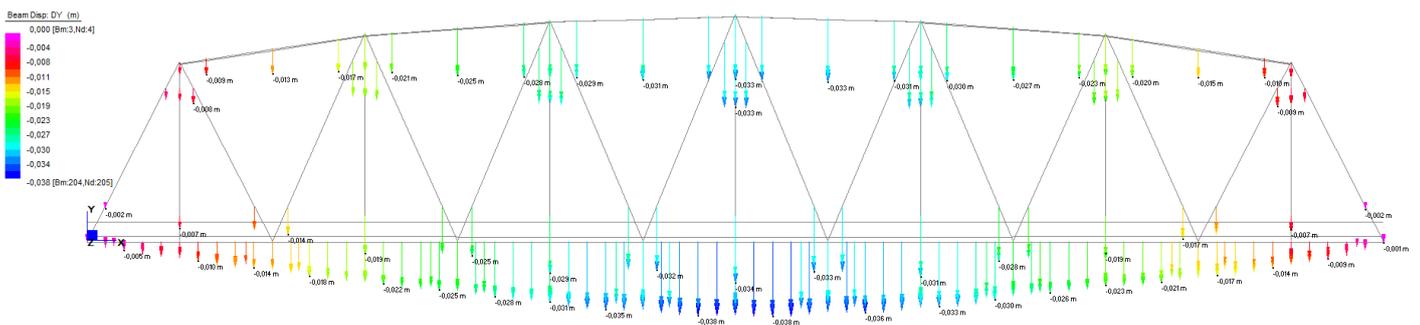
L'abbassamento massimo per inflessione nel piano verticale dovuto al transito del convoglio è stato valutato considerando l'effetto del treno LM71 (amplificato per  $\alpha=1.1$ ). L'abbassamento massimo si rileva in mezzeria ed è pari a:

$$\delta = 24.66 \text{ mm}$$

Il valore di  $\delta$  appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a  $L/1000 = 68250/1000 = 68.25 \text{ mm}$

Considerando la presenza contemporanea dei treni di carico LM71, SW/2 (rispettivamente sul secondo e sul primo binario) incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico  $\phi_3$  e con il coefficiente  $\alpha$ , il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non deve eccedere il valore  $L/600$ .

Lo spostamento massimo nella sezione di mezzeria sulle travi è pari a 38 mm. Si riporta il campo degli spostamenti nella seguente figura:



*Figura 129 - Spostamenti verticali - Carichi LM71+SW/2*

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	276

L'abbassamento massimo per inflessione nel piano verticale dovuto al transito dei convogli è stato valutato sommando l'effetto del treno SW/2 e LM71 (amplificato per  $\alpha=1.1$ ). L'abbassamento massimo si rileva in mezzeria ed è pari a:

$$\delta = 37.99 \text{ mm}$$

Il valore di  $\delta$  appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a

$$L/600 = 68250/600 = 113.75 \text{ mm}$$

Pertanto le verifiche sono soddisfatte.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>277</b>

### 14.3 INFLESSIONE NEL PIANO ORIZZONTALE DELL'IMPALCATO

In accordo con le prescrizioni al par. 5.2.3.2.2.1 del DM 14/01/2008, considerando la presenza del treno di carico LM71 (incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente di adattamento), l'azione del vento, il serpeggio, la forza centrifuga e gli effetti della variazione lineare di temperatura tra i due lati dell'impalcato, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 5.2.VIII;
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Tab. 5.2.VIII - Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
V ≤ 120	0,0035 rd	1700 m	3500 m
120 < V ≤ 200	0,0020 rd	6000 m	9500 m
200 < V	0,0015 rd	14000 m	17500 m

Il raggio di curvatura, nel caso di impalcato a semplice appoggio, è dato dalla seguente espressione:

$$R = \frac{L^2}{8 * \delta_h}$$

Dove  $\delta_h$  rappresenta la freccia orizzontale.

La freccia orizzontale deve includere anche l'effetto della deformazione della sottostruttura del ponte (pile, spalle e fondazioni), qualora esso sia sfavorevole alla verifica.

Per il caso in esame risulta:

$$\Delta\theta = 0.00176 \text{ rad} < 0.002 \text{ rad}$$

$$R = \frac{68.25^2}{8 * 0.047} = 12388 \text{ m} > 6000 \text{ m}$$

Le verifiche sono pertanto soddisfatte.

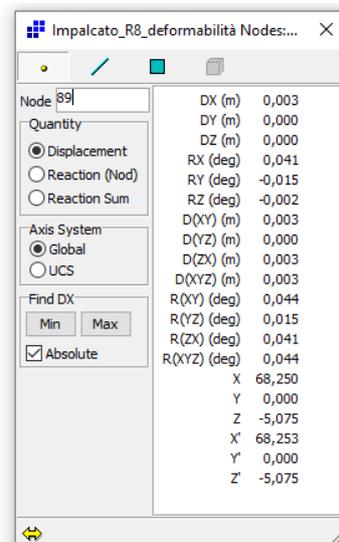
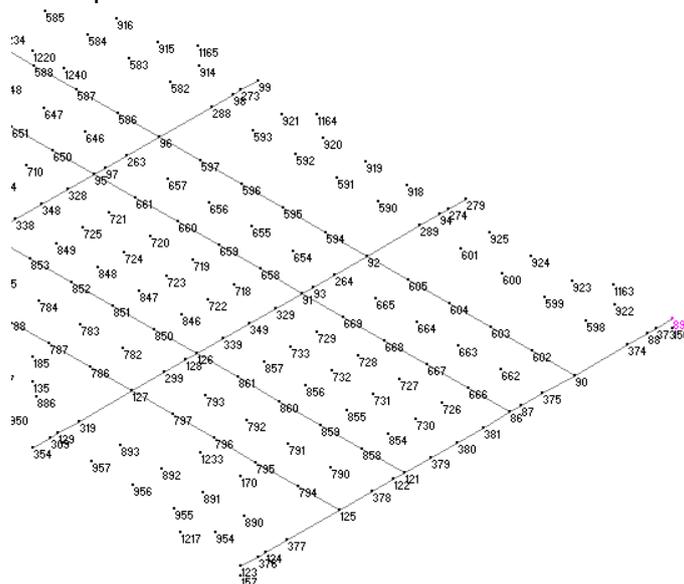


Figura 130 - Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato



**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>279</b>

**14.4 VERIFICA STATO LIMITE DI COMFORT**

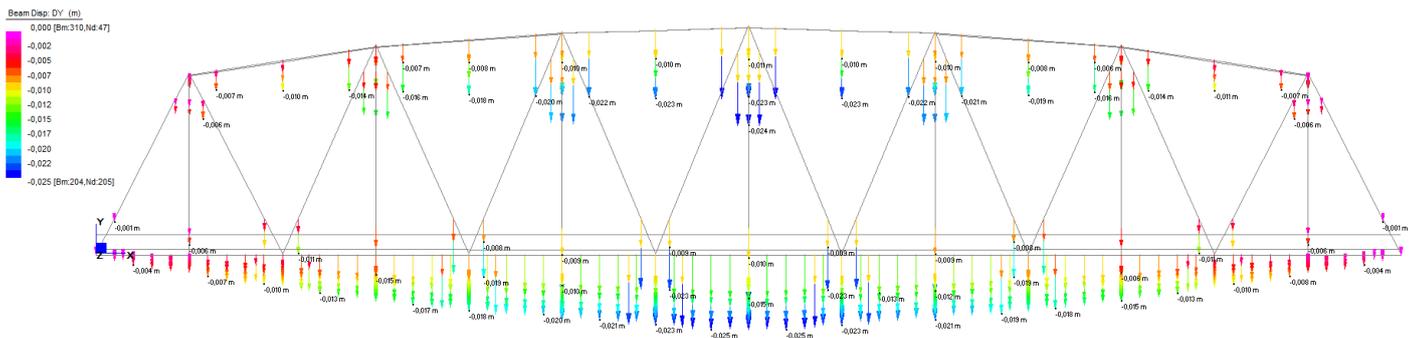
In accordo con le vigenti prescrizioni di normativa, par. 5.2.3.2.2.1. delle NTC08 per quanto concerne gli stati limite per il comfort dei passeggeri, si verificano i valori di freccia verticale in funzione della luce dell'impalcato. In particolare, la norma impone che l'inflessione verticale debba calcolarsi, per impalcato a doppio binario, considerando carico un solo binario, in asse al binario carico applicando un solo modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente di adattamento.

Si registra un abbassamento  $\delta = 25$  mm in corrispondenza della trave più prossima all'asse del binario caricato.

La verifica si conduce confrontando il valore di L con  $\delta$ , dovendo essere questo rapporto non minore di 1000. Risulta nel caso in esame:

$$\frac{L}{\delta} = \frac{68250\text{mm}}{25\text{mm}} = 2730 > 1000$$

La verifica è soddisfatta.



*Figura 132 - Inflessione nel piano verticale - LM71*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	280

## 15. CALCOLO DELLA CONTRO - FRECCIA

Per impalcato in acciaio il MdP prevede una contro-freccia di montaggio ( $c_f$ ) ottenuta di norma mediante sagomatura dell'anima all'atto del taglio delle lamiere.

In particolare, al §2.5.2.3.7.1.(j) del MdP si prescrive la valutazione di deformazioni elastiche associate a:

- Carichi permanenti ( $f_p$ );
- Carichi verticali da traffico ( $f_s$ );

Dovrà essere assorbita da opportuna contro-freccia di montaggio ( $c_f$ ) la somma dei seguenti contributi:

$$c_f = f_p + 1/4 * f_s$$

Nella tabella seguente si riportano i valori delle frecce in corrispondenza dei giunti saldati della briglia inferiore tra il concio 1 e 2 e tra il concio 2 e 3.

Contro-Freccia		
Concio	C1-C2	C2-C3
$f_p$ (m)	0,0448	0,0448
$f_s$ (m)	0,0310	0,0310
$c_f$ (m)	0,0525	0,0525

La contro-freccia quindi è data da:

$$c_f = f_p + 1/4 * f_s = 0.0448m + 1/4 * 0.0310m = 53 \text{ mm} \quad \text{tra C1/C2}$$

$$c_f = f_p + 1/4 * f_s = 0.0448m + 1/4 * 0.0310m = 53 \text{ mm} \quad \text{tra C2/C3}$$

Nella tabella seguente si riportano i valori delle frecce in corrispondenza dei giunti saldati della briglia superiore tra il concio 1 e 2 e tra il concio 2 e 3.

Contro-Freccia		
Concio	C1-C2	C2-C3
$f_p$ (m)	0,0505	0,0505
$f_s$ (m)	0,0347	0,0347
$c_f$ (m)	0,0591	0,0591

La contro-freccia quindi è data da:

$$c_f = f_p + 1/4 * f_s = 0.0505m + 1/4 * 0.0347m = 59 \text{ mm} \quad \text{tra C1/C2}$$

$$c_f = f_p + 1/4 * f_s = 0.0505m + 1/4 * 0.0347m = 59 \text{ mm} \quad \text{tra C2/C3}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	281

## 16. AZIONI SUGLI APPOGGI

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza, per la determinazione dei valori complessivi in base alle caratteristiche del tracciato e dalle condizioni ambientali, si rimanda alla relazione di calcolo delle specifiche sottostrutture.

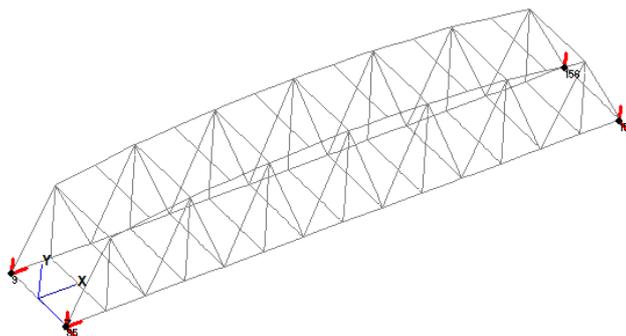


Figura 133 – Schema appoggi

IMPALCATO CAP L=70m												
APPOGGI	Appoggio (F)			Appoggio (UL)			Appoggio (M)			Appoggio (UT)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
SLE PERM												
Max (kN)	+0	+0	+6000	+0	+0	+6000	+0	+0	+6000	+0	+0	+6000
Min (kN)	+0	+0	+5450	+0	+0	+5450	+0	+0	+5450	+0	+0	+5450
SLE												
Max (kN)	+1300	+1300	+10850	+0	+1000	+10800	+0	+0	+10800	+1550	+0	+10850
Min (kN)	-2050	-1100	+4950	+0	-800	+5050	+0	+0	+5050	-550	+0	+4950
SLU PERM												
Max (kN)	+0	+0	+8450	+0	+0	+8450	+0	+0	+8450	+0	+0	+8450
Min (kN)	+0	+0	+7700	+0	+0	+7700	+0	+0	+7700	+0	+0	+7700
SLU												
Max (kN)	+1850	+1900	+15650	+0	+1450	+15500	+0	+0	+15500	+2200	+0	+15650
Min (kN)	-3050	-1650	+4700	+0	-1200	+4850	+0	+0	+4850	-1050	+0	+4700
SLV q=1.00												
Max (kN)	+6800	+5700	+9000	+0	+4300	+8500	+0	+0	+8500	+6850	+0	+9000
Min (kN)	-6150	-5700	+3900	+0	-4300	+4400	+0	+0	+4500	-6100	+0	+4000

Figura 134 – Tabella involuipi scarichi appoggi VI02

IMPALCATO ACCIAIO L=70m												
APPOGGI	Appoggio (F)			Appoggio (UL)			Appoggio (M)			Appoggio (UT)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
SLE PERM												
Max (kN)	+0	+0	+6000	+0	+0	+6000	+0	+0	+6000	+0	+0	+6000
Min (kN)	+0	+0	+5450	+0	+0	+5450	+0	+0	+5450	+0	+0	+5450
SLE												
Max (kN)	+1300	+1300	+10850	+0	+1000	+10800	+0	+0	+10800	+1550	+0	+10850
Min (kN)	-2050	-1100	+4950	+0	-800	+5050	+0	+0	+5050	-550	+0	+4950
SLU PERM												
Max (kN)	+0	+0	+8450	+0	+0	+8450	+0	+0	+8450	+0	+0	+8450
Min (kN)	+0	+0	+7700	+0	+0	+7700	+0	+0	+7700	+0	+0	+7700
SLU												
Max (kN)	+1850	+1900	+13850	+0	+1450	+14100	+0	+0	+15500	+2200	+0	+15650
Min (kN)	-3050	-1650	+4700	+0	-1200	+4850	+0	+0	+4850	-1050	+0	+4700
SLV q=1.00												
Max (kN)	+8700	+5600	+9150	+0	+4250	+9050	+0	+0	+9050	+8800	+0	+9150
Min (kN)	-8050	-5600	+3750	+0	-4250	+3900	+0	+0	+3950	-8000	+0	+3850

Figura 135 – Tabella involuipi scarichi appoggi VI06

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

IMPALCATO ACCIAIO L=70m	Lato Appoggi Fissi						Lato Appoggi Scorrevoli					
	Appoggio 1 (F)			Appoggio 2 (UT)			Appoggio 3 (UL)			Appoggio 4 (M)		
	Long. [kN]	Trasv. [kN]	Vert. [kN]	Long. [kN]	Trasv. [kN]	Vert. [kN]	Long. [kN]	Trasv. [kN]	Vert. [kN]	Long. [kN]	Trasv. [kN]	Vert. [kN]
<b>Perm. strutturali</b>												
G1 (peso proprio acciaio)	0	0	2209	0	0	2209	0	0	2209	0	0	2209
G1 (peso proprio cls)	0	0	542	0	0	542	0	0	542	0	0	542
<b>Ballast</b>												
G2,1 (ballast)	0	0	2369	0	0	2369	0	0	2369	0	0	2369
<b>Perm. non strutturali</b>												
G2,2 (velette)	0	0	105	0	0	105	0	0	105	0	0	105
G2,3 (arredi)	0	0	210	0	0	210	0	0	210	0	0	210
G2,4 (barriere)	0	0	560	0	0	560	0	0	560	0	0	560
<b>Accidentali da traffico</b>												
Q1 LM71_B1 (traffico)	-577	86	951	577	0	2695	0	-86	838	0	0	2190
Q1 LM71_B2 (traffico)	404	-60	2444	-404	0	1202	0	60	1974	0	0	1053
Q1 SW2_B1 (traffico)	-756	112	1113	756	0	3243	0	-112	878	0	0	2265
Q3,a B1-SW2 (avv)	-450	23	-12	-525	0	-5	0	-23	12	0	0	5
Q3,a B1-LM71 (avv)	-450	23	-12	-525	0	-5	0	-23	12	0	0	5
Q3,a B2-LM71 (avv)	-526	-23	-5	-449	0	-12	0	23	5	0	0	12
Q3,f B1-SW2 (fren)	-788	40	-21	-919	0	-9	0	-40	21	0	0	9
Q3,f B1-LM71 (fren)	-693	35	-19	-808	0	-8	0	-35	19	0	0	8
Q3,f B2-LM71 (fren)	-810	-35	-8	-691	0	-19	0	35	8	0	0	19
Q4 B1-SW2 (centr)	-159	191	-80	159	0	80	0	144	-62	0	0	62
Q4 B1-LM71 (centr)	-214	257	-108	214	0	108	0	193	-83	0	0	83
Q4 B2-LM71 (centr)	-214	257	-108	214	0	108	0	193	-83	0	0	83
Q5 B1-SW2 (serp)	-39	55	-14	39	0	14	0	43	-10	0	0	10
Q5 B1-LM71 (serp)	-43	60	-16	43	0	16	0	47	-11	0	0	11
Q5 B2-LM71 (serp)	-43	60	-16	43	0	16	0	47	-11	0	0	11
<b>Effetti ambientali</b>												
Q6 (vento)	-926	1084	-490	926	0	490	0	808	-386	0	0	386
<b>Sisma</b>												
SLV_X_q=1.50 (VI06 sisma long)	-4482	-12	-1081	-4491	0	-1099	0	14	1119	0	0	1147
SLV_Y_q=1.00 (VI06 sisma vert)	-681	-15	540	-675	0	558	0	-15	555	0	0	573
SLV_Z_q=1.50 (VI06 sisma trasv)	-3198	3723	-1137	3199	0	1142	0	2828	-804	0	0	809
SLV_X_q=1.00 (VI06 sisma long)	-6727	-18	-1622	-6741	0	-1650	0	21	1679	0	0	1722
SLV_Z_q=1.00 (VI06 sisma trasv)	-4794	5580	-1704	4796	0	1712	0	4239	-1205	0	0	1212
SLV_X_q=1.00 (VI02 sisma long)	-6917	-19	-1658	-6931	0	-1687	0	22	1725	0	0	1769
SLV_Y_q=1.00 (VI02 sisma vert)	-499	-11	396	-494	0	409	0	-11	407	0	0	420
SLV_Z_q=1.00 (VI02 sisma trasv)	-7408	8544	-2617	7410	0	2629	0	6455	-1839	0	0	1849
SLV_X_q=1.50 (VI02 sisma long)	-4613	-13	-1108	-4622	0	-1127	0	14	1151	0	0	1180
SLV_Z_q=1.50 (VI02 sisma trasv)	-4936	5696	-1744	4938	0	1752	0	4305	-1226	0	0	1233

Figura 136 – Tabella scarichi appoggi

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

IMPALCATO ACCIAIO L=70m	Lato Appoggi Fissi				Lato Appoggi Scorrevoli			
	Appoggio 1 (F)		Appoggio 2 (UT)		Appoggio 3 (UL)		Appoggio 4 (M)	
	Ry [mrad]	Rz [mrad]	Ry [mrad]	Rz [mrad]	Ry [mrad]	Rz [mrad]	Ry [mrad]	Rz [mrad]
<b>Perm. strutturali</b>								
G1 (peso proprio acciaio)	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
G1 (peso proprio cls)	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
<b>Ballast</b>								
G2,1 (ballast)	-0.2	-1.2	0.2	-1.2	-0.2	1.2	0.2	1.2
<b>Perm. non strutturali</b>								
G2,2 (velette)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
G2,3 (arredi)	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.2	0.0	0.2
G2,4 (barriere)	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
<b>Accidentali da traffico</b>								
Q1 LM71_B1 (traffico)	-0.2	-0.7	0.2	-1.0	-0.2	0.5	0.0	1.0
Q1 LM71_B2 (traffico)	-0.2	-1.0	0.2	-0.7	-0.2	1.0	0.2	0.5
Q1 SW2_B1 (traffico)	-0.2	-0.9	0.2	-1.2	0.0	0.5	0.0	1.2
Q3,a B1-SW2 (avv)	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71 (avv)	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71 (avv)	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0.0	-0.3	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2 (centr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B1-LM71 (centr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B2-LM71 (centr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B1-SW2 (serp)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B1-LM71 (serp)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B2-LM71 (serp)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Effetti ambientali</b>								
Q6 (vento)	-0.3	-0.2	0.0	0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.2
<b>Sisma</b>								
SLV_X_q=1.50 (VI06 sisma long)	0.0	-1.6	0.0	-1.6	0.0	0.5	0.0	0.5
SLV_Y_q=1.00 (VI06 sisma vert)	0.0	-0.5	0.0	-0.5	0.0	0.3	0.0	0.3
SLV_Z_q=1.50 (VI06 sisma trasv)	-1.0	-0.7	0.0	0.7	-0.9	-0.3	0.0	0.3
SLV_X_q=1.00 (VI06 sisma long)	0.0	-2.4	0.0	-2.4	0.0	0.9	0.0	0.9
SLV_Z_q=1.00 (VI06 sisma trasv)	-1.6	-0.9	0.0	0.9	-1.2	-0.5	0.0	0.5
SLV_X_q=1.00 (VI02 sisma long)	0.0	-2.4	0.0	-2.4	0.0	0.9	0.0	0.9
SLV_Y_q=1.00 (VI02 sisma vert)	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.0	0.2	0.0	0.2
SLV_Z_q=1.00 (VI02 sisma trasv)	-2.4	-1.4	0.0	1.4	-1.9	-0.9	0.0	0.9
SLV_X_q=1.50 (VI02 sisma long)	0.0	-1.6	0.0	-1.6	0.0	0.5	0.0	0.7
SLV_Z_q=1.50 (VI02 sisma trasv)	-1.6	-1.0	0.0	0.9	-1.2	-0.5	0.0	0.7

Figura 137 – Tabella rotazioni appoggi

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	284

## 17. VERIFICA VASCA PORTA-BALLAST

Le sollecitazioni nella vasca porta-ballast vengono ricavate mediante un modello locale a piastra, discretizzata con elementi “plate” di spessore flessionale e membranale di 30mm, vincolati in appoggio in corrispondenza delle saldature ai bordi delle ali di traversi e longherine; si considerano anche i risvolti terminali della vasca, modellati in appoggio longitudinale continuo.

Gli assi di riferimento sono:

- x = asse longitudinale impalcato
- y = asse verticale impalcato
- z = asse trasversale impalcato

L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

Il modello analizzato viene rappresentato nella figura seguente.

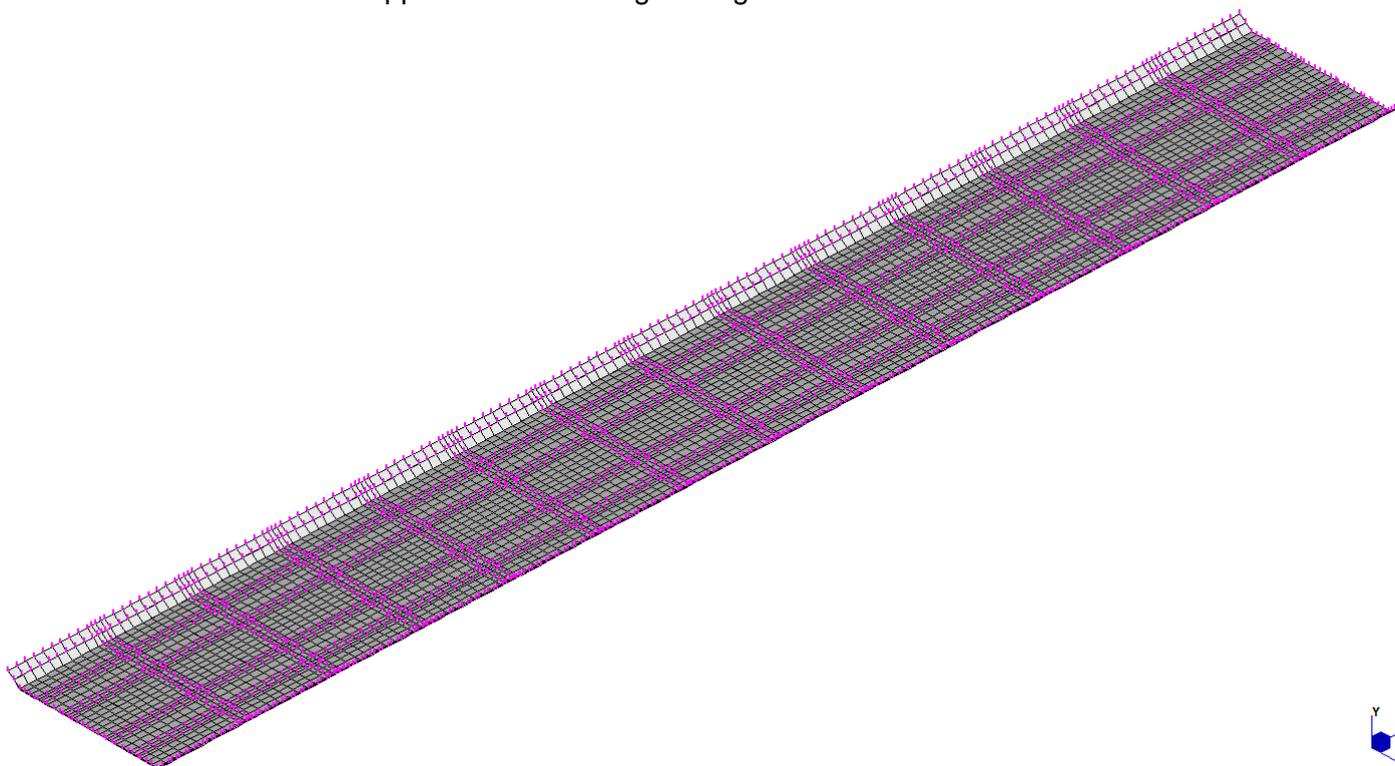


Figura 138 - Modello FEM – Vista estrusa

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	285

## 17.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi applicati al modello FEM.

### 17.1.1 Azioni permanenti strutturali (G1)

I pesi della vasca in acciaio e del riempimento in calcestruzzo vengono applicati come pressione distribuita sulle plate, secondo quanto descritto al §10.1

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

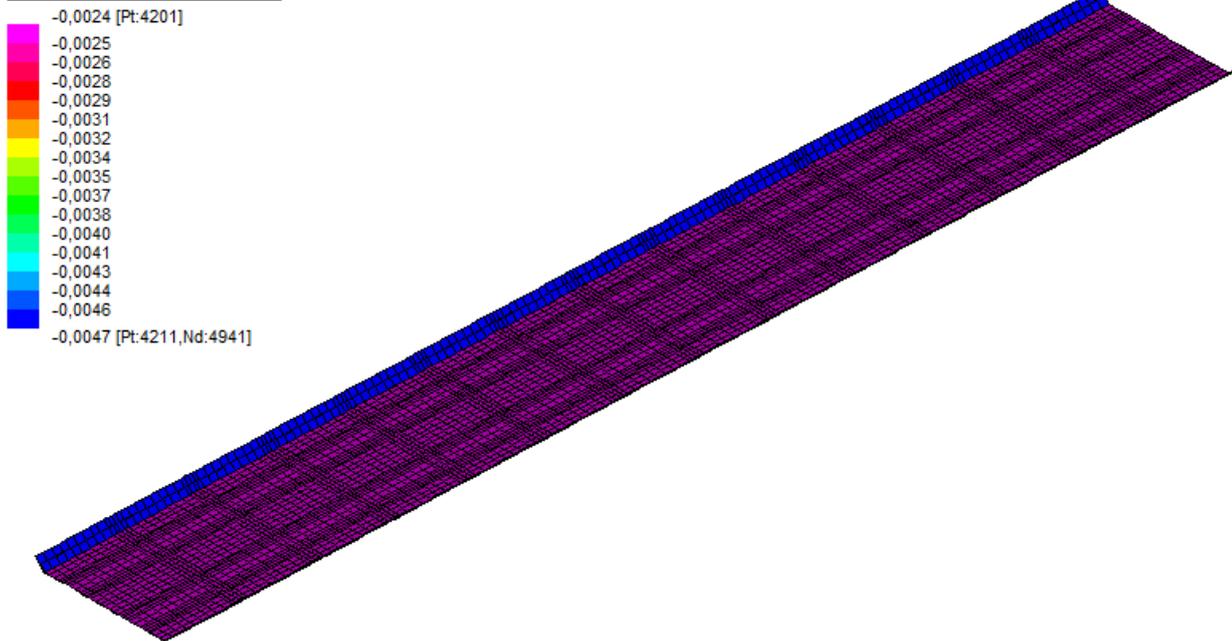


Figura 139 – Modello FEM – Condizione di carico: G1 Soletta acciaio

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

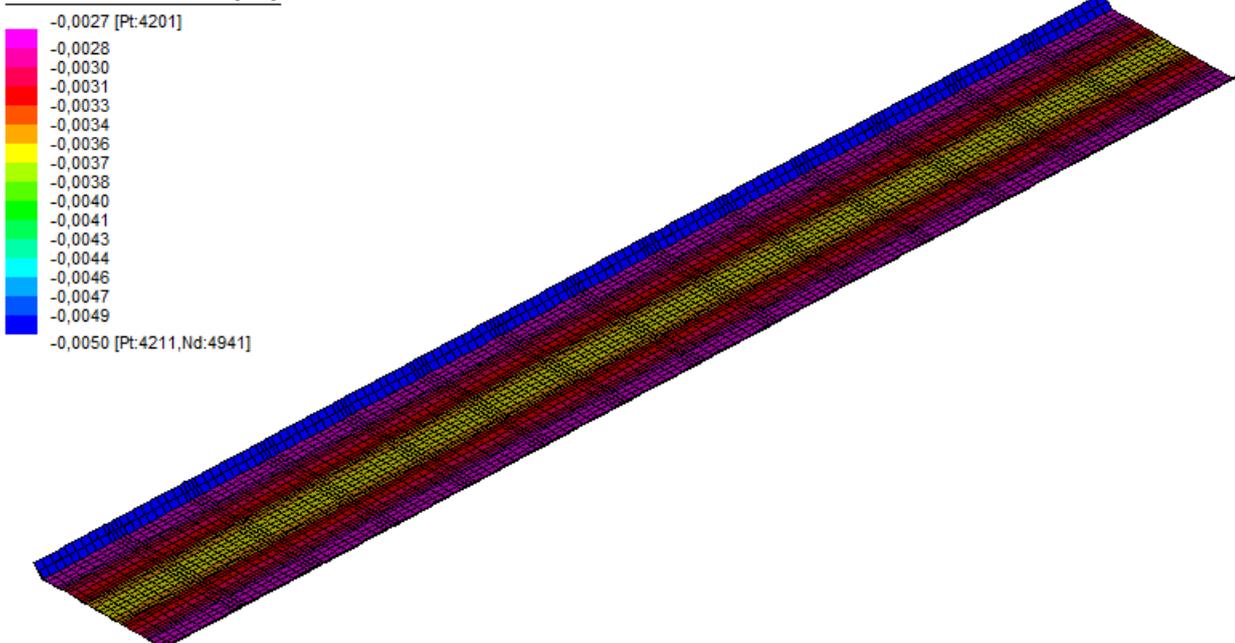


Figura 140 – Modello FEM – Condizione di carico: G1 Soletta cls

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 17.1.2 Azioni permanenti non strutturali (G2)

Il peso complessivo di ballast, armamento ed impermeabilizzazione viene applicato come pressione distribuita sulle plate, secondo quanto descritto al §10.2.

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

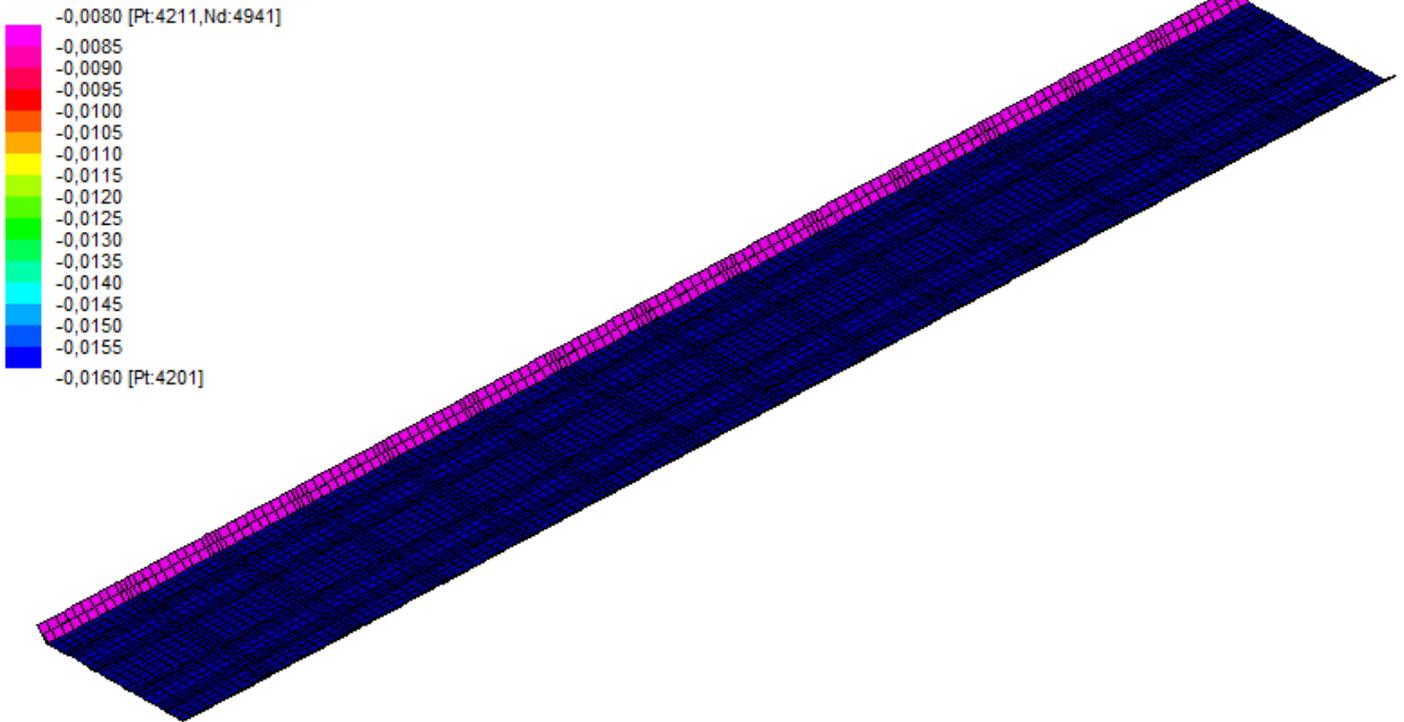


Figura 141 – Modello FEM – Condizione di carico: G2 Ballast

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 17.1.4 Sovraccarichi accidentali

Si considerano i sovraccarichi ferroviari descritti al §10.3, assumendo un coefficiente di incremento dinamico  $\phi = 1.33$ ; a favore di sicurezza si considera una diffusione trasversale limitata alla sola larghezza della traversina (2.40m), da cui si ottiene:

- LM71:  $q_{vk} * \alpha * \phi / b_{trav} = 80\text{kN/m} * 1.1 * 1.33 / 2.4\text{m} = 48.7\text{kN/m}^2$   
 $4 * Q_{vk} * \alpha * \phi / (b_{trav} * b_{long}) = 250\text{kN} * 4 * 1.1 * 1.33 / (2.4\text{m} * 6.40\text{m}) = 95.2\text{kN/m}^2$
- SW/2:  $q_{vk} * \alpha * \phi / b_{trav} = 150\text{kN/m} * 1 * 1.33 / 2.4\text{m} = 83.1\text{kN/m}^2$

Si riportano di seguito alcune condizioni di carico considerate.

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

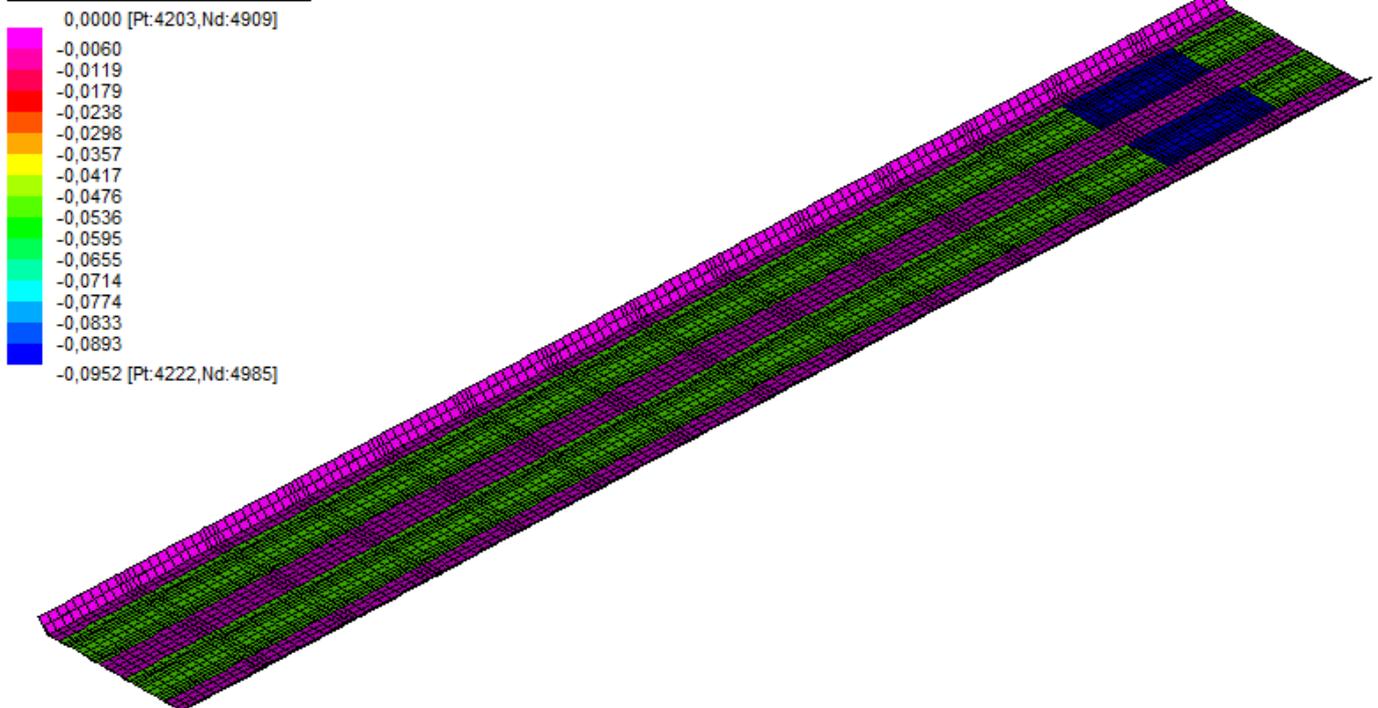


Figura 142 – Modello FEM – Condizione di carico: LM71(ez-)+LM71(ez-) f=1,33(ecc)\_2\_vasca

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	001	C	288

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

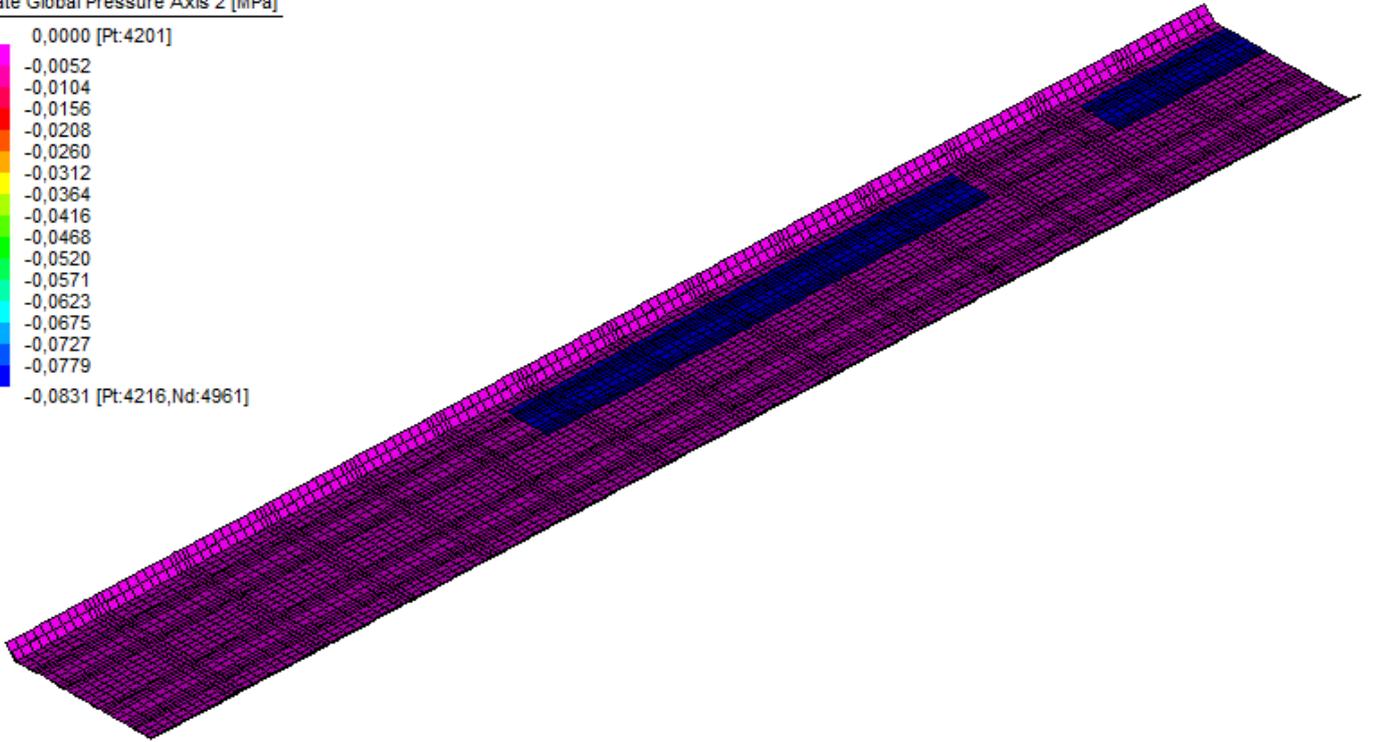
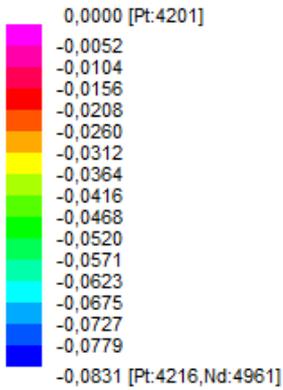


Figura 143 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2\_f=1,33(ecc)\_2\_vasca

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

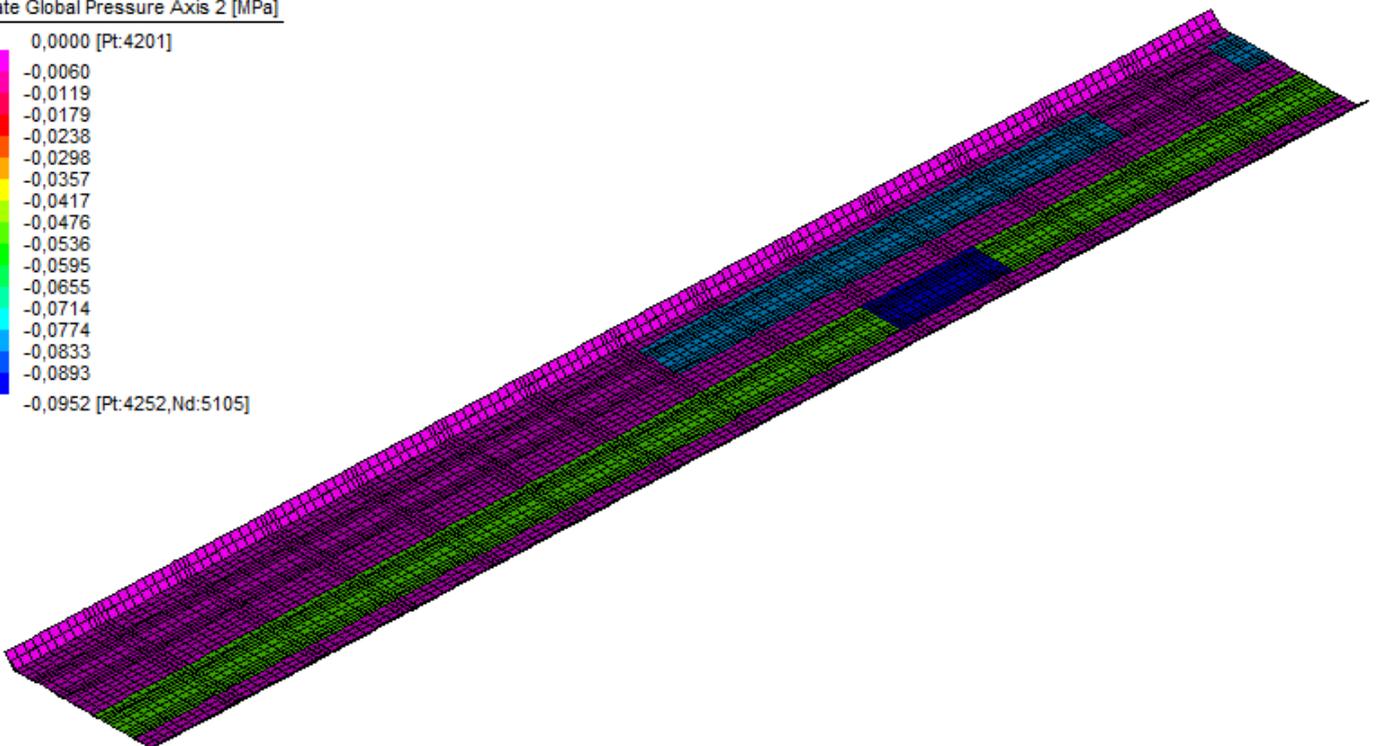
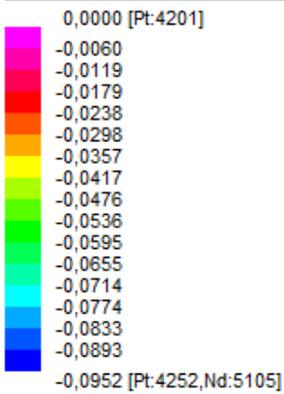


Figura 144 – Modello FEM – Condizione di carico: SW/2+LM71(ez-)\_f=1,33(ecc)\_2\_vasca

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

### 17.1.5 Carico eccezionale dovuto al deragliamento

Si considerano i carichi eccezionali descritti al §10.6.1, di cui si riportano alcuni casi.

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

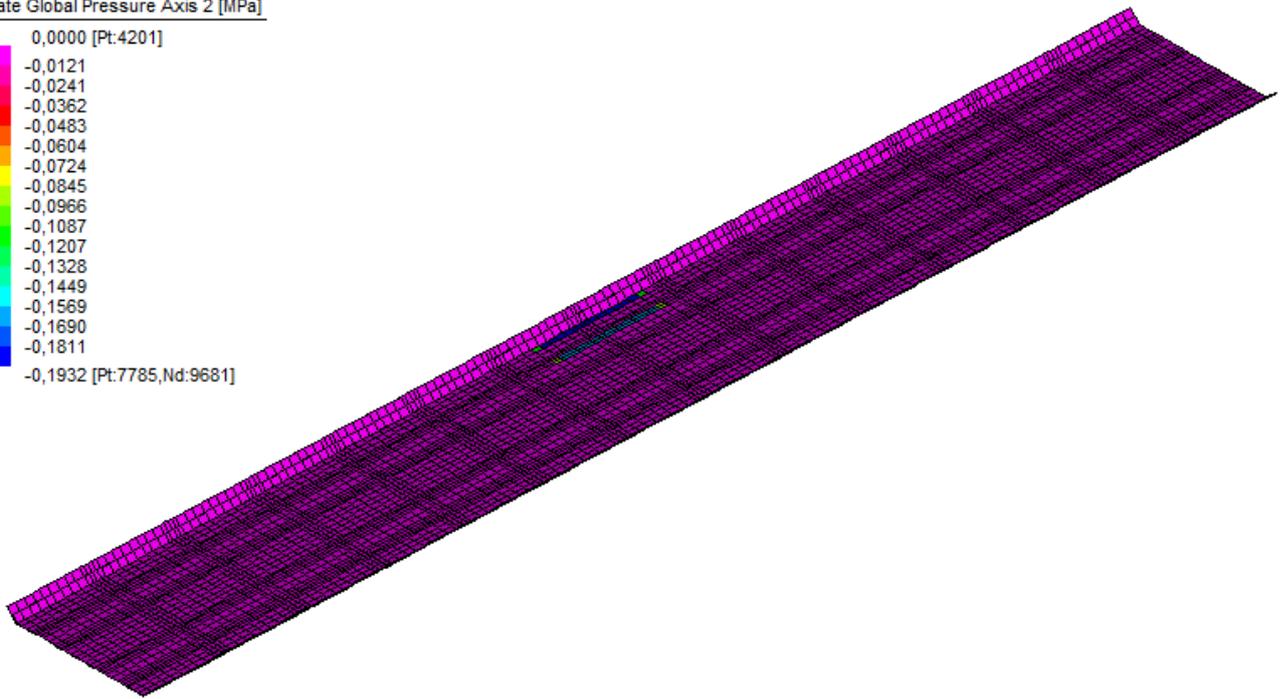
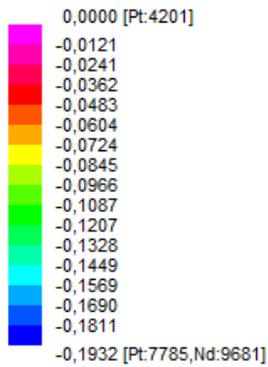


Figura 145 – Modello FEM – Condizione di carico: Deragliamento\_schema1\_2

Plate Global Pressure Axis 2 [MPa]

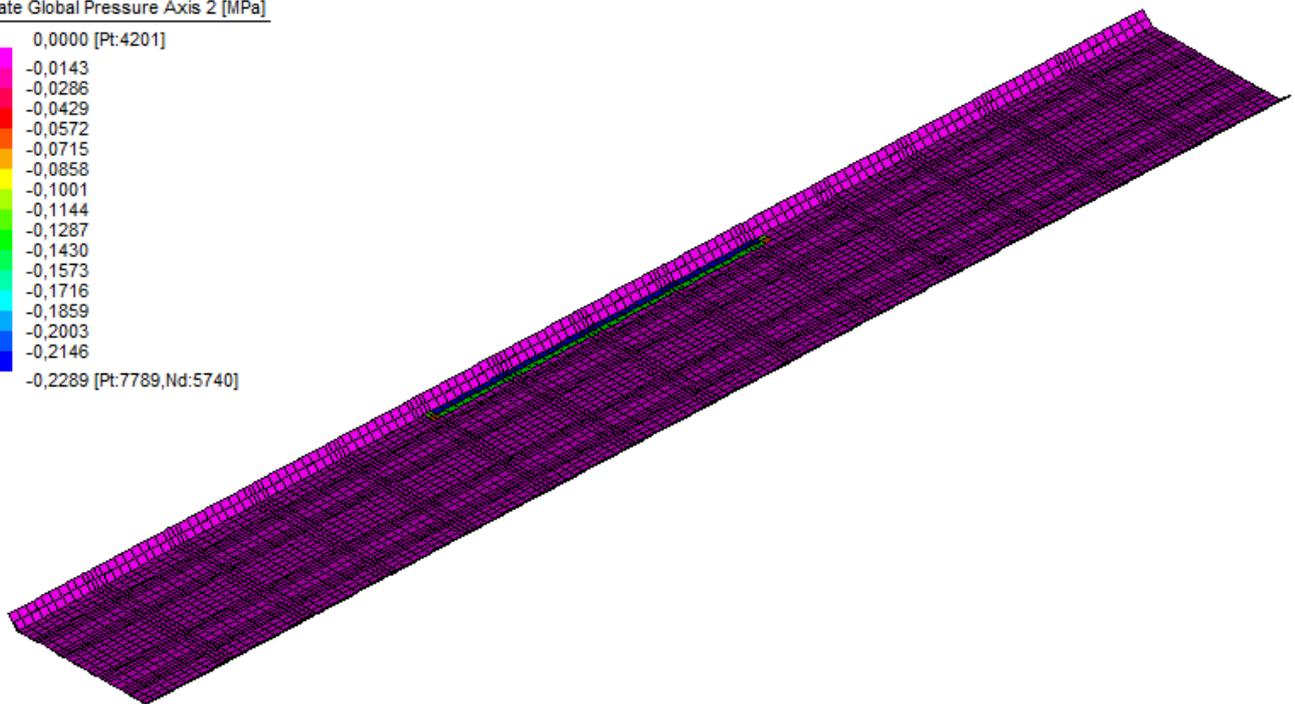
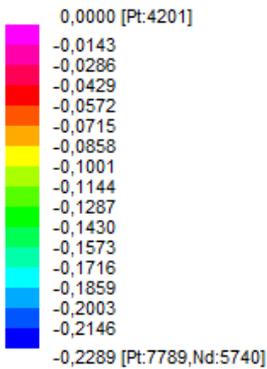


Figura 146 – Modello FEM – Condizione di carico: Deragliamento\_schema2\_2

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

## 17.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico implementate nel modello di calcolo sono riportate nella tabella seguente.

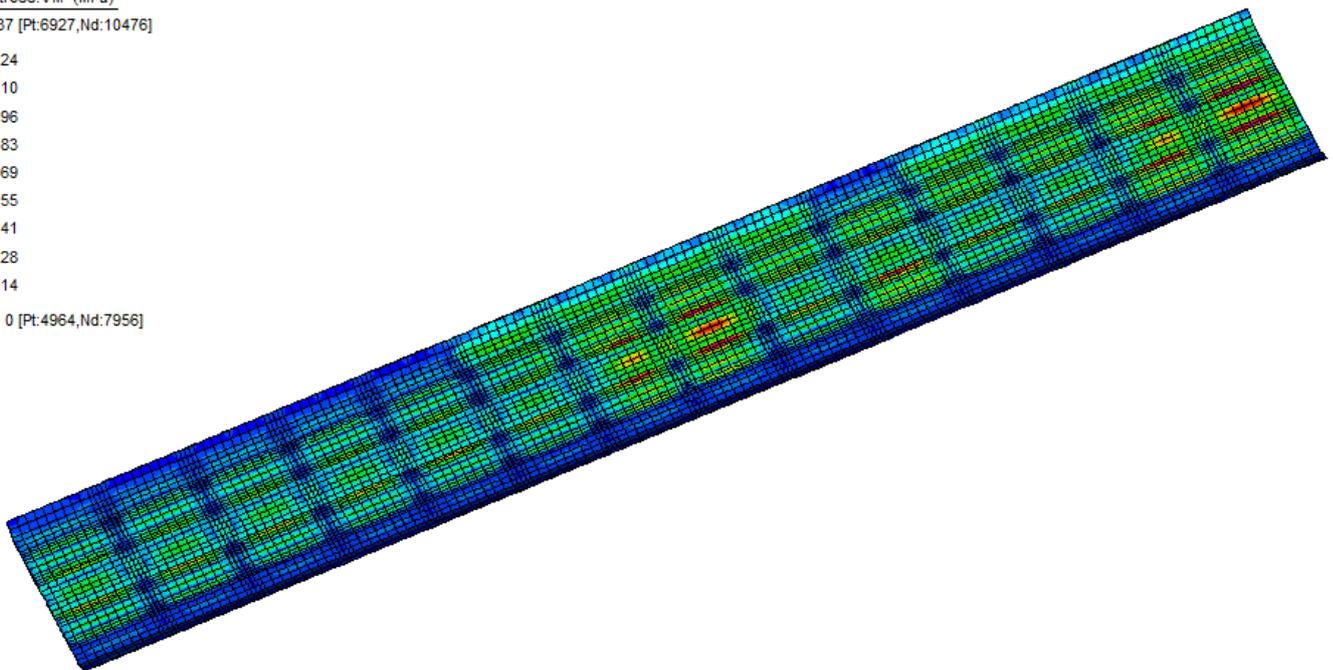
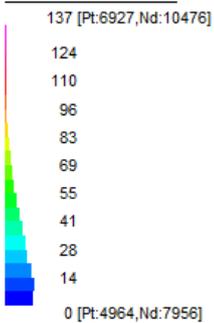
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	ECCEZ1	ECCEZ2	ECCEZ3	ECCEZ4	ECCEZ5	ECCEZ6	ECCEZ7	ECCEZ8	ECCEZ8	ECCEZ9	
G1 Soletta	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G1 Soletta acciaio	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 Ballast	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LM71(ez-)+LM71(ez-) f=1,33(ecc) 1 vasca	1,45																	
LM71(ez-)+LM71(ez-) f=1,33(ecc) 2 vasca		1,45																
LM71(ez-)+LM71(ez-) f=1,33(ecc) 3 vasca			1,45															
SW/2 f=1,33(ecc) 1 vasca				1,45														
SW/2 f=1,33(ecc) 2 vasca					1,45													
SW/2+LM71(ez-) f=1,33(ecc) 1 vasca						1,45												
SW/2+LM71(ez-) f=1,33(ecc) 2 vasca							1,45											
Deragliamenti_schema1_1_vasca								1										
Deragliamenti_schema1_2_vasca									1									
Deragliamenti_schema1_3_vasca										1								
Deragliamenti_schema1_4_vasca											1							
Deragliamenti_schema1_5_vasca												1						
Deragliamenti_schema1_6_vasca													1					
Deragliamenti_schema1_7_vasca														1				
Deragliamenti_schema1_8_vasca															1			
Deragliamenti_schema2_1_vasca																	1	
Deragliamenti_schema2_2_vasca																		1

## 17.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Dall'involuppo SLU (in cui sono incluse a favore di sicurezza anche le combinazioni eccezionali) degli sforzi equivalenti di Von Mises risulta:

$$\sigma_{vm} = 137 \text{ N/mm}^2 < f_y/\gamma_0 = 355/1.05 = 338 \text{ N/mm}^2.$$

Plate Stress:VM (MPa)



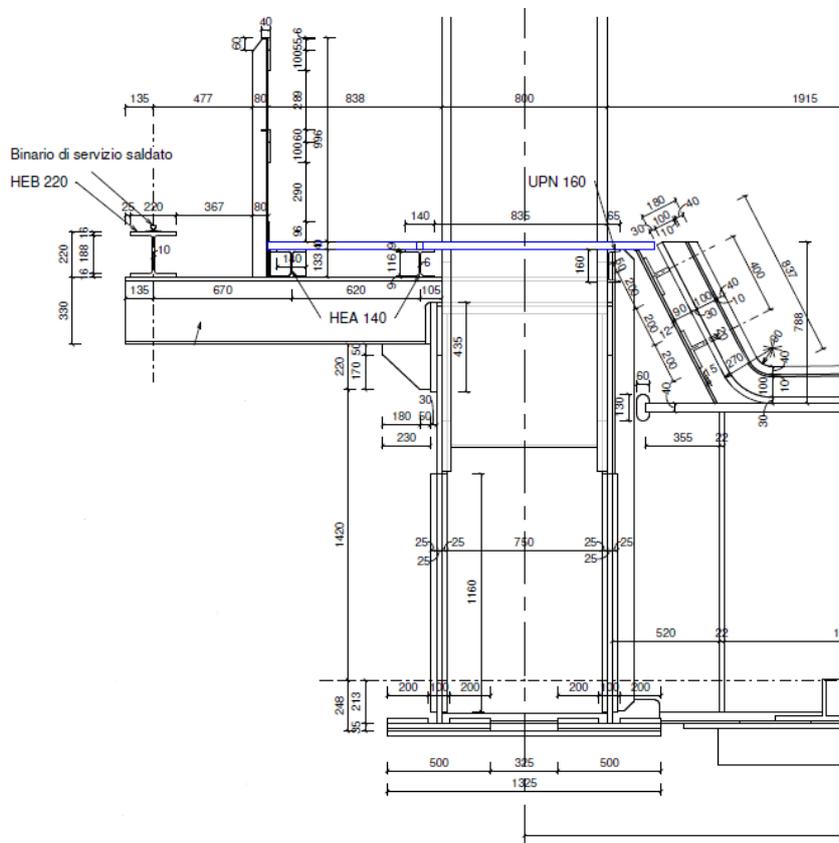
**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	291

**18. VERIFICHE PASSERELLE DI SERVIZIO**

Le passerelle di servizio si compongono degli sbalzi con profili a doppia T, di altezza  $h=330\text{mm}$  con una larghezza delle ali pari a  $b=220\text{mm}$ , disposte con interasse di 4.875, grigliato FFPP, composto da barre portanti di altezza  $h=40\text{mm}$  e di spessore pari a 2mm, sostenuto da travetti HEA140, di altezza  $h=133\text{mm}$  e larghezza delle ali pari a  $b=140\text{mm}$  e UPN160, di altezza  $h=160\text{mm}$  e larghezza delle ali pari a  $b=65\text{mm}$ .

**18.1 VERIFICHE SBALZI**



*Figura 147 – Camminamenti laterali*

La verifica delle putrelle di sbalzo viene effettuata considerando uno schema a mensola ( $L=1.50\text{m}$ ), per metro di sviluppo longitudinale d'impalcato, sul quale agiscono i carichi seguenti:

- mensola camminamento 0.50 kN/m
- grigliato 2.00 kN/m
- veletta laterale (braccio 1.50m) 1.50 kN
- parapetto (braccio 0.848m) 1.75 kN
- binario di servizio (braccio 0.80m) 1.75 kN
- barriera antirumore (braccio 1.50m) 1.75 kN
- carico da folla  $10.00 \text{ kN/m}^2$  (§5.2.2.2.2 NTC18)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>C</b>	FOGGIO <b>292</b>

Si considera inoltre l'azione del vento agente sulla barriera fonoassorbente, valutata come descritto di seguito.

L'azione del vento è valutata in accordo con le prescrizioni del capitolo 3.3 del DM 14/01/2008. Detta azione può essere convenzionalmente assimilata ad un carico statico uniformemente distribuito sulle superfici.

La componente ortogonale è calcolata secondo la seguente espressione:

$$p = q_b(z) c_e(z) c_p c_d$$

- $q_b(z)$  pressione cinetica di riferimento
- $c_e(z)$  coefficiente di esposizione
- $c_p$  coefficiente di forma (o aerodinamico) complessivo
- $c_d$  coefficiente dinamico

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione dove sorge la costruzione. Viene calcolato con le seguenti espressioni:

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

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

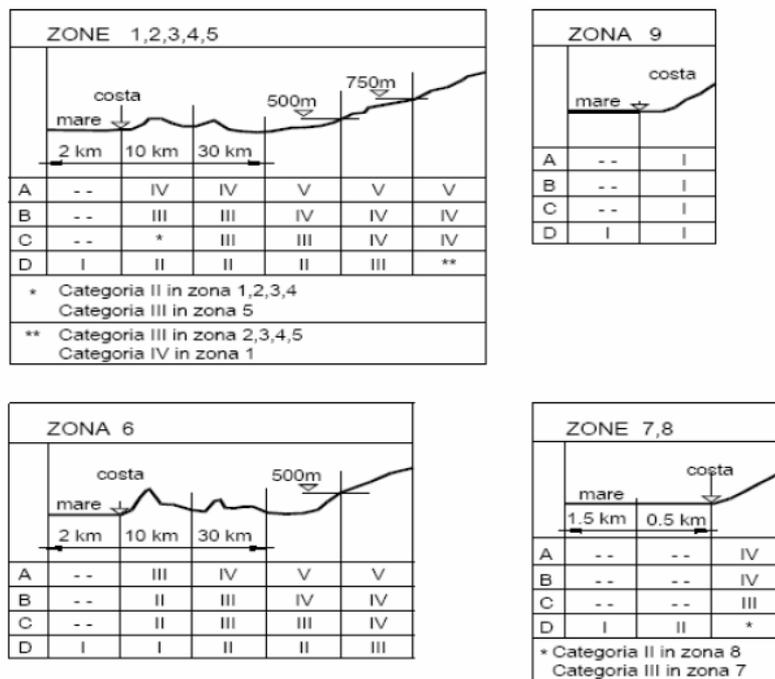


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

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

Tabella 23 - Criterio di assegnazione della categoria di esposizione per le diverse zone italiane

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	293

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Tabella 24 - Classi di rugosità del terreno

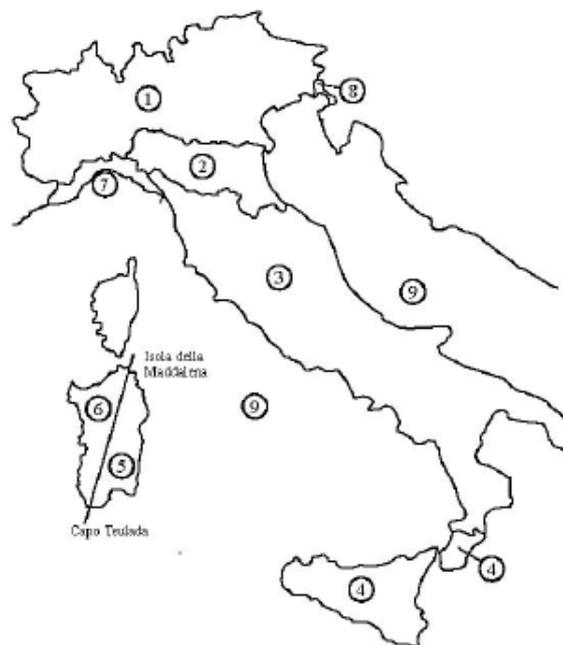


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 148 - Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di riferimento

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabella 25 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_a$  per le diverse zone italiane

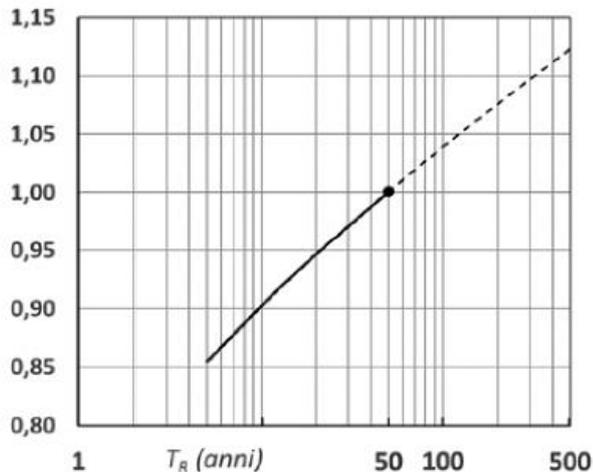


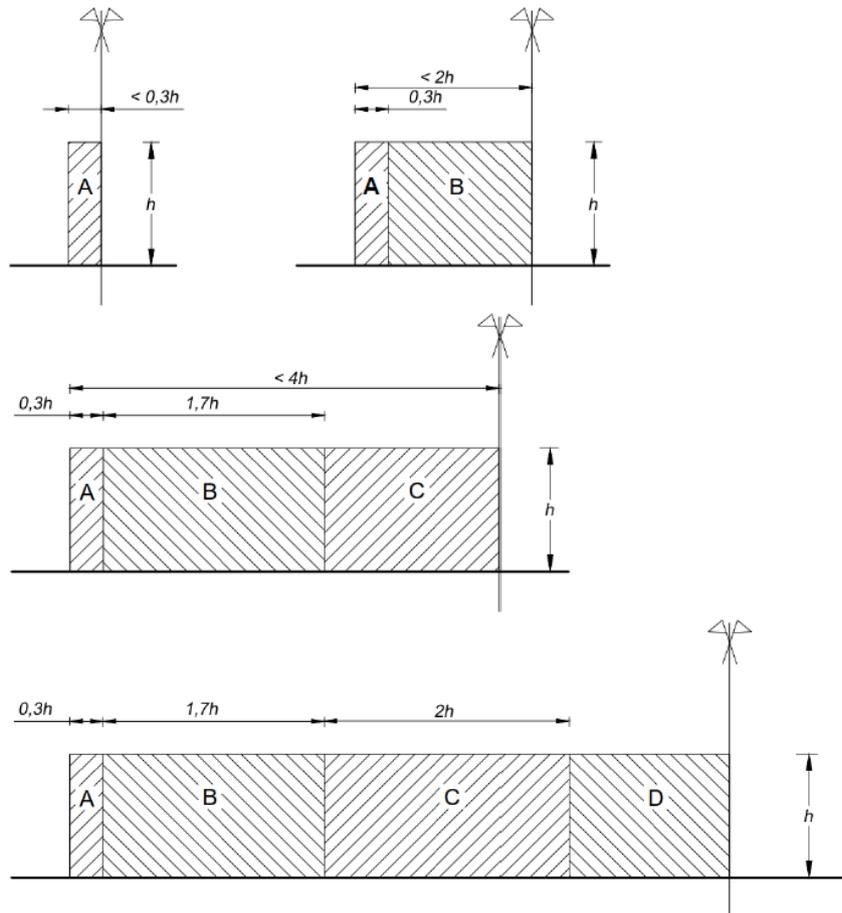
Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$  (asse in scala logaritmica),

Figura 149 - Diagramma del coefficiente di ritorno  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$

Per la valutazione dei carichi da vento sulle barriere antirumore e degli effetti che questo tipo di sollecitazione ha sullo sbalzo, si è ritenuto di modellare tale azione sulla base delle metodologie valide per i muri e i parapetti piani, coerentemente con quanto indicato al §3.3 delle NTC2008 e alle indicazioni del §G.5 delle CNR-DT 207/2008. Si è assunto grado di schermatura  $\phi=1$  ed assenza di schermatura, come riportato nella seguente tabella.

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>L10B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	295



**Figura G.21** – Suddivisione di muri e parapetti in aree di uguale pressione compressiva.

**Tabella G.X** – Coefficienti di pressione compressiva per muri e parapetti.

$\varphi$	Chiusura laterale	$l/h$	A	B	C	D
1,0	no	$< 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		$> 10$	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

*Figura 150* – Aree e coefficienti di pressione compressive media sull'elemento secondo CNR DT207 R1/2018

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.p.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	296

NOME: <b>BARRIERA ANTIRUMORE</b>				CALCOLO AZIONI VENTO (CNR DT207 R1/2018)								Rev. 00			
Zona	<b>3</b>	(Tab. 3.I)		Categoria	<b>2</b>	(Tab. 3.II - 3.III)		$T_r$ (anni)	<b>75</b>	tempo ritorno					
$v_{b,0}$ (m/s)	27,0	velocità base liv. mare		$k_r$	0,19	fattore terreno		$c_r$	1,04	coeff. tempo ritorno					
$a_0$ (m)	500	altitudine base		$z_0$ (m)	0,05	altezza rugosità		$c_t$	<b>1,00</b>	coeff. Topografia					
$k_a$	0,37	fattore altitudine		$z_{min}$ (m)	4,00	altezza minima		$v_r$ (m/s)	28,0	velocità rifer. progetto					
$a_s$ (m)	<b>85</b>	altitudine sito		$c_e(z)$	vedi tabella										
$c_a$	1,00	coeff. altitudine													
				Valori globali				Valori locali							
$z$ (m)	$c_e(z)$	$q_p$ (N/m <sup>2</sup> )	$C_{pm}$	$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_{pm}$	$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_{pm}$	$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )	$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )		$C_{pm}$				
17,00	2,70	1322	<b>1,20</b>	1,59	<b>1,20</b>	1,59	<b>1,20</b>	1,59	0,50	1,50	2,50	0,80	1,00	1,20	1,40
16,00	2,66	1302	<b>1,20</b>	1,56	<b>1,20</b>	1,56	<b>1,20</b>	1,56							
15,00	2,62	1281	<b>1,20</b>	1,54	<b>1,20</b>	1,54	<b>1,20</b>	1,54							
14,00	2,57	1258	<b>1,20</b>	1,51	<b>1,20</b>	1,51	<b>1,20</b>	1,51							
13,00	2,52	1235	<b>1,20</b>	1,48	<b>1,20</b>	1,48	<b>1,20</b>	1,48							
12,00	2,47	1209	<b>1,20</b>	1,45	<b>1,20</b>	1,45	<b>1,20</b>	1,45							
11,00	2,41	1182	<b>1,20</b>	1,42	<b>1,20</b>	1,42	<b>1,20</b>	1,42							
10,00	2,35	1152	<b>1,20</b>	1,38	<b>1,20</b>	1,38	<b>1,20</b>	1,38							
9,00	2,29	1119	<b>1,20</b>	1,34	<b>1,20</b>	1,34	<b>1,20</b>	1,34							
8,00	2,21	1083	<b>1,20</b>	1,30	<b>1,20</b>	1,30	<b>1,20</b>	1,30							
7,00	2,13	1043	<b>1,20</b>	1,25	<b>1,20</b>	1,25	<b>1,20</b>	1,25							
6,00	2,04	998	<b>1,20</b>	1,20	<b>1,20</b>	1,20	<b>1,20</b>	1,20							
5,00	1,93	945	<b>1,20</b>	1,13	<b>1,20</b>	1,13	<b>1,20</b>	1,13							
4,00	1,80	882	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06							
3,00	1,80	882	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06							
2,00	1,80	882	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06							
1,00	1,80	882	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06							
0,00	1,80	882	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06	<b>1,20</b>	1,06							
<b>CALCOLO COEFFICIENTI PRESSIONE MEDIO PER PARETI ESTESE (CNR DT207 R1/2018 §G.5)</b>															
$h$ (m)	<b>4,00</b>	altezza del muro							A	B	C	D			
$l$ (m)	<b>1,00</b>	lunghezza del muro													
$l/h$	0,25														
$C_{pm}$ medio	0,00	coeff. pressione medio ponderato per l muro		$l$ (m)	0,00	0,00	0,00	0,00	lunghezze settori						
				$C_{pm}$	2,30	1,40	1,20	1,20	coeff. pressione settori						
$C_{pm}$ globali	<b>1,20</b>	coeff. pressione per verifiche globali		$C_{pm}$ locale	<b>1,20</b>	coeff. pressione per verifiche locali									

Assumendo mediamente  $h_1 = 13$  m quota estradosso impalcato e  $h_2 = 4$  m l'altezza della barriera antirumore, l'altezza rispetto al suolo del punto considerato, ovvero l'estremo superiore della barriera, è pari a  $z = 17$  m. In corrispondenza ad essa si ottiene un valore di pressione cinetica di picco del vento:

$$q_p = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

e pressione complessiva risultante:

$$p_n = 1.32 \text{ kN/m}^2 * 1.2 = 1.59 \text{ kN/m}^2.$$

Si calcola dunque una azione tagliante agente alla base della barriera antirumore pari a:

$$F = p_n * 4m = 1.59 \text{ kN/m}^2 * 4 \text{ m} = 6.34 \text{ kN/m}$$

e un momento agente in corrispondenza della sezione di mezzzeria della soletta pari a:

$$M_z = F * (4m / 2 + 3.3m / 2) = 3.65 \text{ kNm}$$

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	297

I carichi sono applicati come forze e momenti nodali, posizionati a bordo soletta in corrispondenza di ciascuna mensola d'appoggio dei camminamenti; le forze totali su ciascuna mensola vengono calcolate considerando una lunghezza di competenza pari al loro interasse (4.875m in campata), come riportato nella tabella seguente.

			i [m]	4,875	
	F [kN]	e [m]	F [kN]	M [kNm]	
Grigliato	0,84	0,404	4,09	1,65	
Parapetto	1,00	0,848	4,88	4,13	
Tubo	1,50	0,848	7,31	6,20	
Mensola	0,50	0,750	2,44	1,83	
Binario	1,00	1,365	4,88	6,65	
Tot.			23,59	20,47	

			i [m]	4,875	
	F [kN]	e [m]	F [kN]	M [kNm]	
Veletta	3,00	1,500	14,63	21,94	
Tot.			14,63	21,94	

			i [m]	4,875	
	F [kN]	e [m]	F [kN]	M [kNm]	
Barriera	16,00	1,500	78,00	117,00	
Tot.			78,00	117,00	

			i [m]	4,875	
	F [kN]	e [m]	F [kN]	M [kNm]	
Folla	8,08	0,404	39,39	15,91	
Tot.			39,39	15,91	

			i [m]	4,875	
	F [kN]	e [m]	F [kN]	M [kNm]	
Vento	6,34	2,165	30,93	66,97	
Tot.			30,93	66,97	

Le sollecitazioni SLU all'incastro della mensola risultano quindi:

$$M_{Ed} = 363.16 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 233.05 \text{ kN}$$

Di seguito si riportano le proprietà della sezione:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	298

h: 330 mm  
 tw: 10 mm  
 bf: 220 mm  
 tf: 16 mm  
 r: 27 mm

Iz: 2851,2 cm<sup>4</sup>  
 It: 99,482 cm<sup>4</sup>  
 Iw: 702773 cm<sup>6</sup>  
 beta\_z: 0 mm

Figura 151 - Proprietà della sezione

Le verifiche di resistenza a flessione e taglio risultano:

$$M_{Rd} = W_y * \frac{f_{yk}}{Y_{M0}} = 1.67 * 10^{-3} m^3 * \frac{355 MPa}{1.05} = 563.74 \text{ kNm} > M_{Ed} \text{ (r.s. 0.65)}$$

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f \quad \text{Area resistente di taglio}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v}{\sqrt{3}} * \frac{f_{yk}}{Y_{M0}} = \frac{4688.2 \text{ mm}^2}{\sqrt{3}} * \frac{355 MPa}{1.05} = 915.13 \text{ kN} > V_{Ed} \text{ (r.s. 0.26)}$$

La verifica di instabilità flessio-torsionale viene condotta secondo il §4.2.4.1.3.2 delle NTC18, che prevede la determinazione del momento critico elastico per instabilità flessio-torsionale  $M_{cr}$ ; questo viene determinato mediante il software specifico “Lateral Torsional Buckling of Beam – LTBeam” (sviluppato da CTICM – Centre Technique Industriel de la Construction Métallique – France), come segue:

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	299

Figura 152 – Definizione della geometria

Figura 153 – Definizione dei vincoli laterali

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>

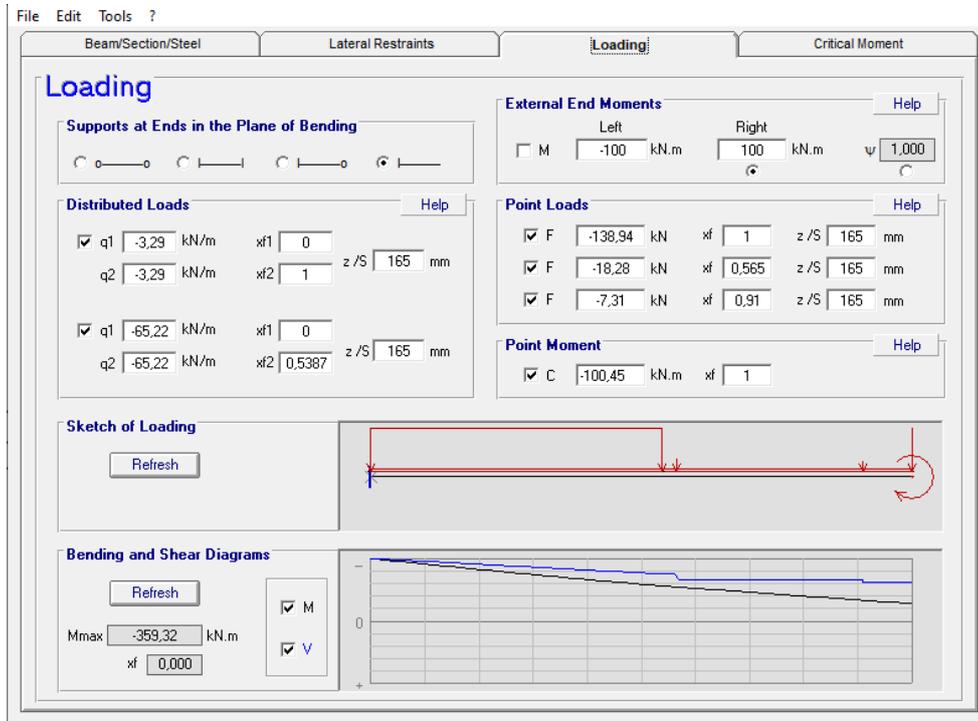


Figura 154 – Definizione dei vincoli e dei carichi SLU nel piano d'inflessione

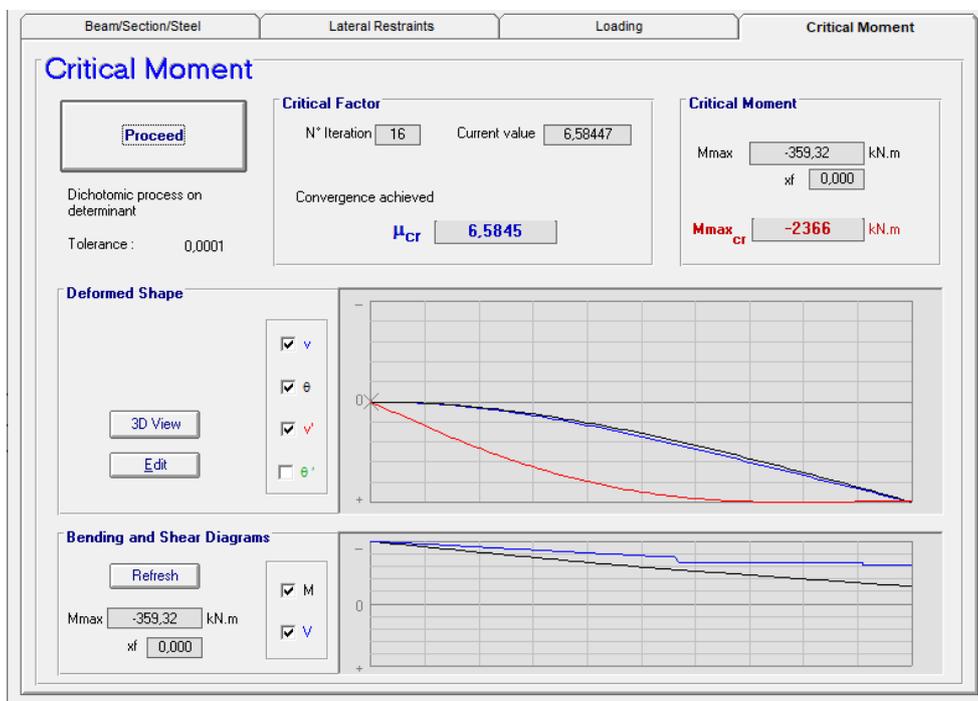


Figura 155 – Calcolo del momento critico elastico

A partire dal momento critico elastico ricavato (2366 kNm), la verifica risulta la seguente:

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	301

$W_y$ (mm <sup>3</sup> )	1,67E+06
$\gamma_{M1}$ (-)	1,1
$f_{yk}$ (MPa)	355
$M_{cR}$ (kNm)	2366
$\lambda_{LT}$ (-)	0,50
$h/b$ (-)	1,5
$\alpha_{LT}$ (-)	0,34
$\lambda_{LT,0}$ (-)	0,20
$\beta$ (-)	1,00
$\phi_{LT}$ (-)	0,68
$k_c$ (-)	1,00
$f$ (-)	1,00
$X_{LT}$ (-)	0,88
$K_x$ (-)	1,00
$M_{b,Rd}$ (kNm)	475,77

$M_{b,Rd} = 475.77 \text{ kNm} > M_{Ed}$  (r.s. 0.763)

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	302

**18.2 VERIFICA GRIGLIATO E TRAVETTI**

Si riportano nel seguito le verifiche condotte sul grigliato FFPP e sui travetti HEA140 e UPN160 che lo sostengono.

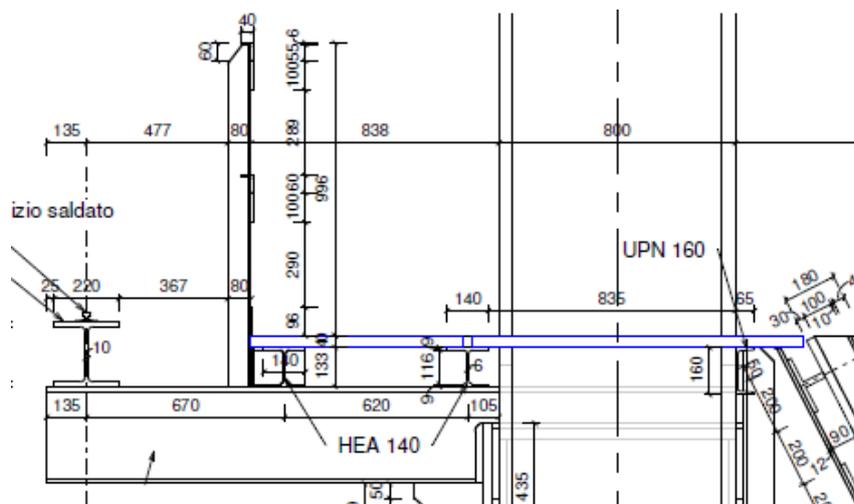


Figura 156 – Sezione passerella di servizio

**VERIFICA GRIGLIATO FFPP**

**CARATTERISTICHE GRIGLIATO**

Barre portanti	40x2
Maglia grigliato	15x76
Luce netta grigliato (m)	1,5
Portanza (kN/m <sup>2</sup> )	10

**PROPRIETA' MECCANICHE**

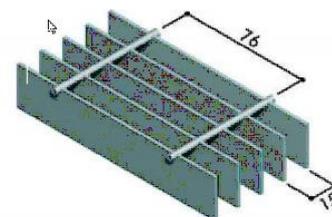
$g_k$ (kg/m <sup>2</sup> )	86,8
W (mm <sup>3</sup> )	533
J (mm <sup>4</sup> )	10666,7
n.barre/m	66,67

**ACCIAIO**

S235	
$f_{yk}$ (MPa)	235
$\sigma_{adm}$ (MPa)	223,81
E (MPa)	210000

**VERIFICHE**

$Q_{ed,slu}$ (kN/m <sup>2</sup> )	16,17	
$Q_{ed,slu}$ /barra (kN)	0,36	
$M_{ed}$ (kNm)	0,07	(schema statico trave appoggiata)
$\sigma$ (MPa)	127,92	$\leq \sigma_{adm}$ <b>OK VERIFICATO</b>
$Q_{ed,sle}$ /barra/m <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	0,16	carico distribuito equivalente
f (mm)	3,10	freccia
f/L <sub>lim</sub>	0,006	
f/L <sub>netta</sub>	0,002	$\leq f/L_{lim}$ <b>OK VERIFICATO</b>



La verifica sul grigliato è condotta considerando le sollecitazioni agenti allo stato limite ultimo e di esercizio. È stato considerato uno schema statico di trave doppiamente appoggiata per la valutazione di momento sollecitante e freccia in mezzera.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato – tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			PROGR <b>001</b>

Entrambe le verifiche sono soddisfatte:

- Allo SLU la tensione normale che si sviluppa all'interno delle barre inferiore rispetto alla tensione ammissibile ed essendo;
- allo SLE il rapporto tra freccia e luce netta del grigliato è inferiore al valore limite.

La verifica allo SLU del travetto HEA140 è svolta considerando per esso uno schema di trave in semplice appoggio, su cui gravano i carichi  $Q_{ed,1}$ , associato ad un'area di influenza pari a 2.44m x 0,763m (luce trave x larghezza di influenza del travetto), e  $Q_{ed,2}$ , associato ad un'area di influenza pari a 2.44m x 0,31m.

VERIFICA TRAVERSO HEA140			
PROPRIETA' MECCANICHE		ACCIAIO S355	
A (cm <sup>2</sup> )	31,42	f <sub>yk</sub> (MPa)	355
J <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	1033	σ <sub>adm</sub> (MPa)	338,10
W <sub>pl,y</sub> (cm <sup>3</sup> )	173,5	E (MPa)	210000
g <sub>k</sub> (kg/m)	24,7		
VERIFICHE SLU			
Q <sub>ed1,slu</sub> (kN/m)	12,673	L <sub>inf,1</sub> (m)	2,44
Q <sub>ed2,slu</sub> (kN/m)	5,35	L <sub>inf,2</sub> (m)	2,44
M <sub>Rd</sub> (kNm)	<b>58,66</b>	(schema statico trave appoggiata)	
M <sub>ed</sub> (kNm)	<b>18,59</b>	≤ M <sub>Rd</sub> <b>OK VERIFICATO</b>	
V <sub>Rd</sub> (kN)	<b>197,7</b>		
V <sub>ed</sub> (kN)	<b>17,82</b>	≤ V <sub>Rd</sub> <b>OK VERIFICATO</b>	

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo impalcato –</b> <b>tipologico travata reticolare L=70m</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 00 00</b>			Progr <b>001</b>

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClS Normativa: NTC ?

IPE  IPN  HEAA  HL  
 HEA  IPEA  HEX  UB  
 HEB  IPEO  HD  UC  
 HEM  IPEX  HP  W

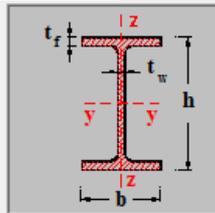
Ordina per:  Wy  ly  g

Acciaio: S355 (Fe510) fy (N/mm2) 355 fu 510

Lunghezze di libera inflessione [m]:  
 l<sub>Oy</sub> 0 l<sub>Oz</sub> 0  
 N<sub>Sd</sub> [kN] 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16,7	96	100	5,00	8,00	12,00
HE 120 A	19,9	114	120	5,00	8,00	12,00
<b>HE 140 A</b>	<b>24,7</b>	<b>133</b>	<b>140</b>	<b>5,50</b>	<b>8,50</b>	<b>12,00</b>
HE 160 A	30,4	152	160	6,00	9,00	15,00
HE 180 A	36,0	171	180	6,00	9,50	15,00
HE 200 A	42,3	190	200	6,50	10,00	18,00
HE 220 A	49,5	210	220	7,00	11,00	18,00



Plotta

HE 140 A

N<sub>by,Rd</sub> [kN] 1.062  
 N<sub>bz,Rd</sub> [kN] 1.062  
 V<sub>ply,Rd</sub> [kN] 197,7

M<sub>cy,Rd</sub> [kNm] 58,66  
 M<sub>cz,Rd</sub> [kNm] 28,69  
 V<sub>plz,Rd</sub> [kN] 464,6

g (Kg/m): 24,7  
 h (mm): 133  
 b (mm): 140  
 tw (mm): 5,5  
 tf (mm): 8,5  
 r1 (mm): 12

r2 (mm): 0  
 A (cm2): 31,42  
 Iy (cm4): 1.033  
 Wy (cm3): 155,4  
 Wpl,y (cm3): 173,5

iy (cm): 5,73  
 Iz (cm4): 389,3  
 Wz (cm3): 55,62  
 Wpl,z (cm3): 84,85

iz (cm): 3,52  
 IT (cm4): 8,13  
 Iw (cm6): 15.060

Classe Sezione:  
 Compressione 2  
 Flessione My 2  
 Flessione Mz 2  
 Presso-Flessione 2

Verifiche:  
 Presso Flessione  
 Svergolamento

La verifica allo SLU del travetto UPN160 è svolta considerando per esso uno schema di trave in semplice appoggio, su cui gravano i carichi  $Q_{ed,1}$ , associato ad un'area di influenza pari a 2.44m x 0,7m (luce trave x larghezza di influenza del travetto) e  $Q_{ed,2}$ , associato ad una lunghezza di influenza pari a 2.44m.

VERIFICA TRAVERSO UPN160			
PROPRIETA' MECCANICHE		ACCIAIO	S355
A (cm <sup>2</sup> )	24	f <sub>yk</sub> (MPa)	355
J <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	925	σ <sub>adm</sub> (MPa)	338,10
W <sub>pl,y</sub> (cm <sup>3</sup> )	138	E (MPa)	210000
g <sub>k</sub> (kg/m)	18,8		
VERIFICHE SLU			
Q <sub>ed1,slu</sub> (kN/m)	11,327	L <sub>inf,1</sub> (m)	2,44
Q <sub>ed2,slu</sub> (kN/m)	0,25	L <sub>inf,2</sub> (m)	2,44
M <sub>Rd</sub> (kNm)	46,66	(schema statico trave appoggiata)	
M <sub>ed</sub> (kNm)	13,02	≤ M <sub>Rd</sub> <b>OK VERIFICATO</b>	
V <sub>Rd</sub> (kN)	238,9		
V <sub>ed</sub> (kN)	14,08	≤ V <sub>Rd</sub> <b>OK VERIFICATO</b>	

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	305

**Profili U**

File Tipo Profilo ?

UPN  Doppio  UAP

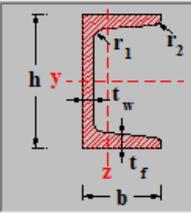
Ordina per  
 Wy  
 ly  
 g

Acciaio: S355 (Fe510) fy (N/mm2): 355 fu: 510

Lunghezze di libera inflessione [m]  
 l<sub>Oy</sub>: 0 l<sub>Oz</sub>: 0

**Aggiorna Tabella**

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
UPN 80	8,6	80	45	6,00	8,00	8,00
UPN 100	10,6	100	50	6,00	8,50	8,50
UPN 120	13,4	120	55	7,00	9,00	9,00
UPN 140	16,0	140	60	7,00	10,00	10,00
<b>UPN 160</b>	<b>18,8</b>	<b>160</b>	<b>65</b>	<b>7,50</b>	<b>10,50</b>	<b>10,50</b>
UPN 180	22,0	180	70	8,00	11,00	11,00
UPN 200	25,3	200	75	8,50	11,50	11,50



**Plotta**

UPN 160

N<sub>by,Rd</sub> [kN]: 811,4  
 N<sub>bz,Rd</sub> [kN]: 811,4  
 V<sub>ply,Rd</sub> [kN]: 238,9

M<sub>cy,Rd</sub> [kNm]: 46,66  
 M<sub>oz,Rd</sub> [kNm]: 11,90  
 V<sub>plz,Rd</sub> [kN]: 266,4

g (Kg/m): 18,8  
 h (mm): 160  
 b (mm): 65  
 tw (mm): 7,5  
 tf (mm): 10,5  
 r1 (mm): 10,5

r2 (cm): 5,5  
 A (cm<sup>2</sup>): 24  
 I<sub>y</sub> (cm<sup>4</sup>): 925  
 W<sub>y</sub> (cm<sup>3</sup>): 116  
 W<sub>ply</sub> (cm<sup>3</sup>): 138

i<sub>y</sub> (cm): 6,21  
 I<sub>z</sub> (cm<sup>4</sup>): 85,3  
 W<sub>z</sub> (cm<sup>3</sup>): 18,3  
 W<sub>pl,z</sub> (cm<sup>3</sup>): 35,2

i<sub>z</sub> (cm): 1,89  
 I<sub>T</sub> (cm<sup>4</sup>): 7,39  
 I<sub>w</sub> (cm<sup>6</sup>): 3.260

**Classe Sezione**  
 Compressione: 1  
 Flessione My: 1  
 Flessione Mz: 1

Il valore del carico  $Q_{ed}$  è comprensivo dei pesi propri di grigliato e trave, nonché del carico accidentale  $Q_k$  opportunamente amplificati in ragione del tipo di verifica da condurre.

La verifica risulta soddisfatta essendo allo SLU  $M_{ed} \leq M_{Rd}$ ;

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo impalcato –  
tipologico travata reticolare L=70m**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	306

**19.ALLEGATI**