

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 maggiore – Ponti e Viadotti Ferroviari

Tipologico struttura mista campata da 35 m – Relazione di calcolo

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 14/10/2022

firma

Data 14/10/2022

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 4	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Morleo	Dicembre 2022	Martignoni	Dicembre 2022	Rinaldi	Dicembre 2022	
B	Prima emissione aggiornata	Morleo	28/06/23	Martignoni	29/06/23	Rinaldi	30/06/23	
C	Aggiornamento per RIV	Morleo	11/10/23	Martignoni	12/10/23	Rinaldi	13/10/23	

File: LI0B.0.2.E.ZZ.CL.VI00.0.0.004.C

n. Elab.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	1

INDICE

1.. PREMESSA	4
2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
3.1 Normativa di riferimento	6
3.2 Normativa tecnica nazionale	7
3.3 Manuali ITF	7
4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1 Calcestruzzo	9
4.2 Acciaio	9
4.3 Classe di esecuzione strutture in acciaio	11
4.4 Durabilità dei materiali	13
5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....	15
5.1 Caratteristiche delle opere.....	15
5.2 Criteri generali di verifica	15
5.3 Software di calcolo	20
5.4 Validazione programmi di calcolo	22
6.. ESECUZIONE DEL MANUFATTO.....	23
7.. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	24
7.1 Elementi in cemento armato	24
7.2 Elementi in acciaio	27
8.. ANALISI DEI CARICHI SOLETTA.....	35
8.1 Azioni variabili verticali da traffico ferroviario	36
8.2 Carichi sui marciapiedi	39
8.3 Carico eccezionale dovuto al deragliamentto	40
8.4 Carico da vento sulla barriera antirumore	42
8.5 Azione aerodinamica da traffico ferroviario.....	44
9.. COMBINAZIONI DI CARICO	46
9.1 Analisi fase 1	46
9.2 Analisi fase 2	46
10. ANALISI SOLETTA	52
10.1 Metodo di calcolo	52
10.2 Analisi 1° fase	53
10.3 Verifiche strutturali 1° fase.....	55
10.4 Analisi 2° fase	56
10.5 Modello FEM soletta.....	56
10.6 Verifiche strutturali 2° fase.....	60

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

11.	ANALISI DEI CARICHI IMPALCATO	68
11.1	Azioni permanenti strutturali (G_1).....	69
11.2	Azioni permanenti non strutturali (G_2).....	72
11.3	Carichi verticali da treno.....	76
11.4	Deragliamento.....	79
11.5	Azioni variabili orizzontali (Q).....	80
11.6	Azione del vento (Q_6).....	88
11.7	Azione sismica (e).....	95
11.8	Variazioni termiche.....	95
11.9	Resistenze passive dei vincoli.....	95
11.10	Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2).....	96
11.11	combinazioni di carico.....	100
12.	ANALISI IMPALCATO.....	104
12.1	Fasi di calcolo.....	104
12.2	Descrizione del modello FEM.....	105
13.	VERIFICHE TRAVI	133
13.1	Resistenza delle sezioni SLU.....	133
13.2	Sollecitazioni analisi statica.....	135
13.3	Verifica trave di bordo.....	140
13.4	Verifica connessione trave/soletta.....	147
13.5	Verifica a fatica dettagli di carpenteria travi.....	153
14.	VERIFICHE DI RESISTENZA CONTROVENTI	161
14.1	Controventi inferiori.....	161
14.2	Controventi superiori.....	163
15.	VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVERSI	164
15.1	Traversi intermedi.....	164
15.2	Traversi di testata.....	172
16.	VERIFICA GIUNTI BULLONATI.....	179
16.1	Traversi intermedi.....	179
16.2	Controventi.....	185
17.	RITEGNI METALLICI.....	189
17.1	Verifica piastra bullonata.....	191
17.2	Verifica traverso di testata soggetto ad azione sismica.....	193
18.	PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO	195
19.	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....	196
19.1	Verifica deformazioni torsionali (sghembo).....	196
19.2	Inflessione nel piano verticale dell'impalcato.....	197
19.3	Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato.....	198
19.4	Verifica stato limite di comfort.....	199

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	3

20. **CALCOLO DELLA CONTRO-FRECCIA200**
21. **AZIONI SUGLI APPOGGI.....201**

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	4

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.

Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	5

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della presente relazione sono le verifiche principali (a livello globale) della travata metallica a sezione mista acciaio-clc di portata teorica pari a 33 m. Le travate presentano un pacchetto P.F.-sottotrave pari a 3.1m con altezza travi metalliche pari a 1.9m. L'impalcato comprende nella piattaforma due binari ed è composto da 6 travi metalliche a interasse 1.7m irrigidite da traversi composti da angolari accoppiati.

Sono stati previsti controventi superiori ed inferiori in corrispondenza dei campi laterali e anche nei campi centrali nelle zone di testata così da irrigidirle anche in previsione delle fasi di montaggio.

Gli apparecchi d'appoggio, in acciaio-teflon, rispettano il Manuale di Progettazione e il Capitolato RFI.

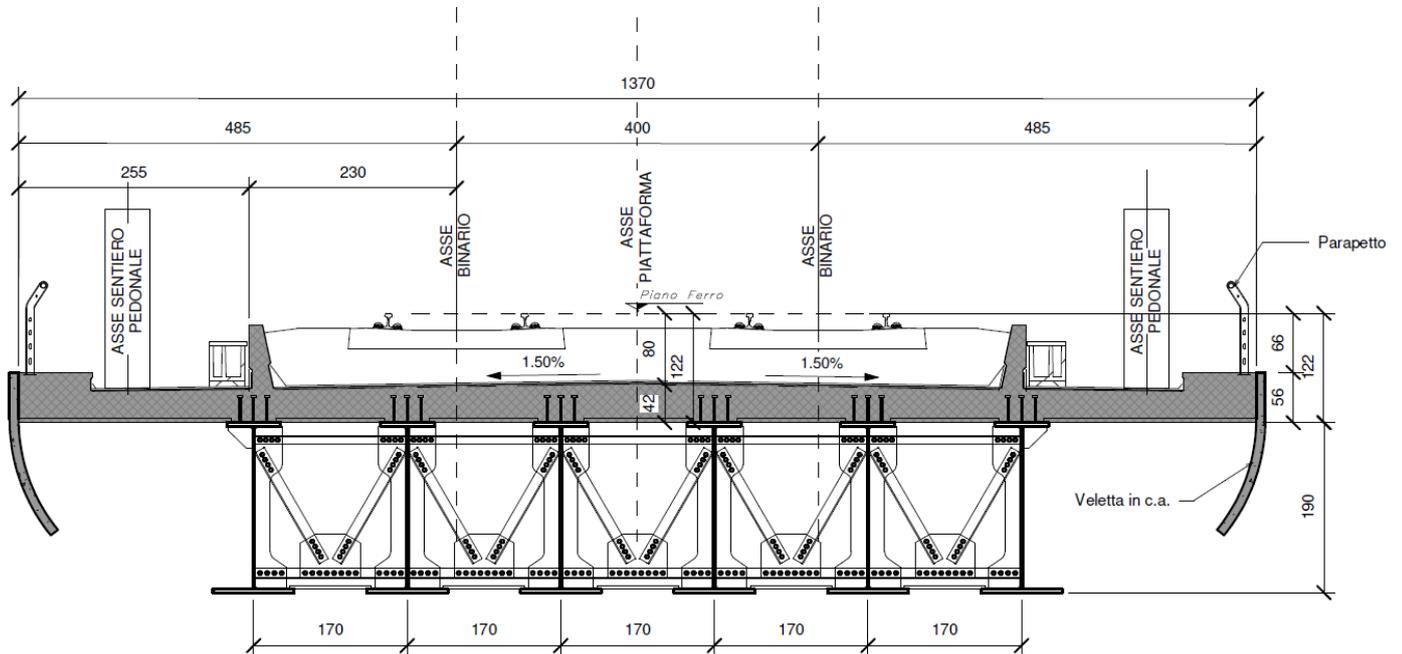


Figura 1 – Sezione trasversale impalcato tipo

Lo schema dei vincoli della travata metallica prevede:

- due appoggi fissi di tipo elastico e quattro multidirezionali su un lato;
- un appoggio unidirezionale (scorrevoli in senso longitudinale) e cinque multidirezionali sul lato opposto.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	6

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”

- [16] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	7

- [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”;
- [22] STI 2014 – REGOLAMENTO UE N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

3.1.3 Sismica

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

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

3.2 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

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

3.3 MANUALI ITF

- [32] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di progettazione delle opere Civili;
- [33] RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili;
- [34] RFI DINIC MA PO 00 001 B - Manuale di progettazione Ponti

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>Tipologico struttura mista da 35m -</p> <p>Relazione di calcolo</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	8

- [35] RFI DTC ICI PO SP INF 001 A - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari del 12/10/2009
- [36] RFI DINIC MA PO 00 001 C - Prescrizioni tecniche per la progettazione esecutiva ponti Vol.1 e vol.2
- [37] RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- [38] RFI DTC INC PO SP IFS 005 A - Specifica per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e cavalcavia.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

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}	≥ 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	$\epsilon_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$		
<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

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	$f_{tk} =$	≥ 540	MPa
Tensione caratteristica di snervamento a trazione	$f_{yk} =$	≥ 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	$\epsilon_{cu} = 10 \text{ ‰}$		
<u>Stato limite di esercizio</u>			
Tensione max di trazione	$\sigma_s = 0.75 * f_{yk} =$	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	$t \leq 40 \text{ mm}$	$f_{yk} = 355$	MPa
	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	$f_{yk} = 335$	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$t \leq 40 \text{ mm}$	$f_{tk} = 510$	MPa
	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	$f_{tk} = 470$	MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	10

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	$t \leq 40 \text{ mm}$	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338.09 MPa
	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	$f_{yk} = f_{yk} / \gamma_{M0} =$	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 8.8
Dadi ad alta resistenza (UNI EN 20898/2)	Classe 8

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 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

4.3 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)

4.3.1 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.

4.3.2 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.

4.3.3 Determinazione della classe di esecuzione

La procedura per la determinazione è la seguente:

- selezionare la Classe di Conseguenza (CC_i; 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

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).

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	12

Categoria di servizio

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

PC2 (componenti saldati e acciaio con grado \geq 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	13

4.4 DURABILITÀ DEI MATERIALI

4.4.1 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 Δc_{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.

UNI 11104:2016		Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo																	
		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	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	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 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12520 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 CENrS 12390 -9, UNI CENrR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm; per Dupper inferiori il limite 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 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta 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

			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	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
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 ($V_N = 50$ anni)

MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

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

NOME: SOLETTA E CORDOLI		REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)				Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE						
Corrosione da carbonatazione	XC4	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	XS1	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			
COPRIFERRO NOMINALE						
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$ $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$				(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1) (Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)		
- Margine di scostamento Δc_{dev} (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)						
						Δc_{dev} (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)						
						$c_{min,b}$ (mm)
Tipo di acciaio Ordinario \varnothing (mm) 22 diametro barra \varnothing (isolata) o equivalente \varnothing_n (raggruppate, vedi §8.9) D_{upper} (mm) 20 dimensione max aggregato						
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)						
						$c_{min,dur}$ (mm)
Ambiente Aggressivo						
Vita nominale	75	valori tabella +5 mm	C	C32/40	Classe di resistenza utilizzata	
Controllo qualità speciale cls	SI	valori tabella -5 mm	C_0	C40/50		
Elemento a piastra	SI		C_{min}	C30/37		
NTC 2008		Condizioni ambientali Aggressive		Gruppo di esigenza B		Copriferro nominale c_{nom} (mm)
						35

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Tipologico struttura mista da 35m -</p> <p>Relazione di calcolo</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;">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;">004</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	15
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	15													

5. APPROCCIO DI CALCOLO

5.1 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

5.2 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.

5.2.1 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
Ψ_0, Ψ_1, Ψ_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 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

5.2.2 Stati limite ultimi

Come riportato al §2.3 del [28], per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.1})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$ 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)

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

a_d azioni di progetto

γ_M proprietà del materiale di progetto

parametri geometrici di progetto

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**

5.2.3 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 γ_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.

Tabella 5 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico per ponti ferroviari (NTC 2008)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

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

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

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

⁽²⁾ 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.

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

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

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 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 Ψ delle azioni

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di carico	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	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

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

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_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  		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	18

5.2.4 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [28], 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.

5.2.5 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):

- 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;

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	19

- 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 ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) 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 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	20

5.3 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

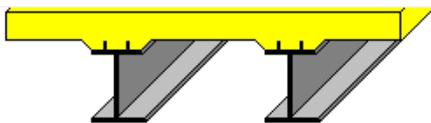
5.3.1 Verifiche sezioni miste acciaio-calcestruzzo

Titolo:

Ponti EC4
Software per il calcolo di sezioni miste acciaio-calcestruzzo per impalcati da ponte.

VERSIONE COMMERCIALE 3.3.0

Software sviluppato da:



Alhambra Licence



Alhambra srl

v.le Bramante 41 - 05100 Terni

tel./fax +39(0)744 390250

web: www.lusas.it e-mail: info-software@lusas.it

Caratteristiche: Software per il calcolo di sezioni miste acciaio-calcestruzzo per impalcati da ponte

Autore: Alhambra srl – Terni, Italia

Versione: 3.3.0

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

5.3.2 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche
 Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza
 Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.
 Versione: 10.05a
 Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche
 Autore: Prof. Piero Gelfi
 Distribuzione: Distribuzione libera
 Versione: 7.8

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	22

5.4 VALIDAZIONE PROGRAMMI DI CALCOLO

5.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

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

5.4.2 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.

5.4.3 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.

5.4.4 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.

5.4.5 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.

5.4.6 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 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	23

6. ESECUZIONE DEL MANUFATTO

Ciascuna trave è costituita da tre tipologie di conci saldati a piena penetrazione (o in alternativa bullonati). Si prevede di realizzare il varo dell'impalcato con sollevamento delle travi dal basso, attraverso autogrù. Le travi saranno varate a coppia (in alternativa singolarmente) e poi solidarizzate tramite montaggio in quota dei controventi orizzontali e dei trasversi.

La soletta in cemento armato sarà gettata in opera. Si prevede l'utilizzo di predalles prefabbricate autoportanti in c.a.. Le coppelle saranno provviste di aree libere, in corrispondenza delle piattabande delle travi sottostanti, per il posizionamento dei connettori saldati.

Una volta disposte le coppelle sulla travata metallica si effettuerà prima la posa dell'armatura trasversale integrativa e dell'armatura longitudinale di ripartizione e quindi il getto a spessore definitivo.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	24

7. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

7.1 ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

7.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

Come riportato al §2.3 delle NTC 2008, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$E_d \leq R_d$	
$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$	Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
$R_d = R(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$	Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico
$Y_F \cdot F_k$	Azioni di progetto
X_k / Y_M	Proprietà del materiale di progetto
a_d	Geometria di progetto
Y_M	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

7.1.1.0 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle [26] con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$	
M_{Rd}	Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed}
N_{Ed}	Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)
M_{Ed}	Valore di calcolo della componente flettente dell'azione

7.1.1.1 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle [26], indicato con V_{Ed} il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

Elementi senza armature resistenti a taglio

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left(0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{Rapporto percentuale armatura in zona tesa } A_{sl}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{Tensione media di compressione nella sezione}$$

d Altezza utile della sezione (mm)

b_w Larghezza minima della sezione (mm)

Elementi provvisti di armature resistenti a taglio

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha \quad \text{Resistenza a taglio-trazione}$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot a_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta} \quad \text{Resistenza a taglio-compressione}$$

θ Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ($1 \leq \cot \theta \leq 2.5$)

α Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Tipologico struttura mista da 35m -</p> <p>Relazione di calcolo</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;">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;">004</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	25
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	25													

A_{sw} s $f_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ α_c	<p>Area dell'armatura trasversale</p> <p>Interasse tra due armature trasversali consecutive</p> <p>Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima</p> <p>Coefficienti maggiorativi pari a:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">1</td> <td>per membrature non compresse</td> </tr> <tr> <td>$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$</td> <td>per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$</td> </tr> <tr> <td>1.25</td> <td>per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$</td> </tr> <tr> <td>$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$</td> <td>per $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$</td> </tr> </table>	1	per membrature non compresse	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$	1.25	per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$	$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$
1	per membrature non compresse								
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$								
1.25	per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$								
$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$								

7.1.2 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

7.1.2.9 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2008, 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:

$E_d \leq C_d$	
$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k/Y_M; a_d)$	Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
$C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k/Y_M; a_d)$	Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate

Le verifiche si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai valori limite delle tensioni riportati al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del MdP:

Calcestruzzo compresso	Combinazione rara	$\sigma_c < 0.55 \cdot f_{ck}$
	Combinazione quasi permanente	$\sigma_c < 0.40 \cdot f_{ck}$
Acciaio teso	Combinazione rara	$\sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$

7.1.2.10 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al §4.1.2.2.4 delle NTC 2008. Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi:

Combinazioni di azioni	Rara (RA) Quasi Permanente (QP)
Condizioni ambientali	Ordinarie (Gruppo A) Aggressive (Gruppo B) Molto aggressive (Gruppo C)
Sensibilità delle armature alla corrosione	Sensibili (acciai da precompresso) Poco sensibili (acciai ordinari)
Stato limite	Apertura fessure (AF) Formazione fessure (FF) Decompressione (D)
Apertura delle fessure	$w_1 = 0.20$ mm $w_2 = 0.30$ mm $w_3 = 0.40$ mm

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	26

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 9 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2008

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 10 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2008

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del [29], prevede i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure (Δ_{sm});
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura (ε_{sm});
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio w_m e valore di calcolo w_k).

Come riportato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del MdP, la verifica allo stato limite di apertura delle fessure viene calcolata con la combinazione caratteristica (rara) nei riguardi dello stato limite di esercizio. I limiti per l'apertura convenzionale delle fessure vengono valutati secondo le condizioni ambientali della struttura.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si distinguono i seguenti casi:

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Gruppo di esigenza	Condizioni ambientali	Combinaz. di azioni	Stato limite	w_k
Elevazioni	XC4	B	Aggressive	RA	AF	$\leq w_1 = 0.20 \text{ mm}$

Tabella 11 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

7.2 ELEMENTI IN ACCIAIO

Le verifiche di resistenza degli elementi in acciaio, svolti mediante il software indicato al § **Errore. L'origine r** **iferimento non è stata trovata.**, vengono descritte di seguito.

7.2.1 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:

$$N_{Rd} = N_{Rd,p1} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

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:

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

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{p1,Rd}} - 1 \right)^2$$

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:

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

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

in cui $V_{Rd} = V_{p1,Rd}$. 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.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	28

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 τ_{Ed} massima le tensioni derivanti dalla torsione sono sommate a quelle dovute agli sforzi taglianti.

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

7.2.2 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 χ .

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 γ_{M1} ;

χ 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:

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

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 χ è necessario calcolare la snellezza equivalente $\bar{\lambda}$ (funzione del carico critico) e il coefficiente Φ (funzione del carico critico e dell'imperfezione del materiale α).

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

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

In maniera del tutto equivalente è calcolato il valore di χ_{LT} :

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

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

nelle formule utilizzate, i coefficienti di imperfezione α e α_{LT} sono tabulati nelle tabelle 6.1 e 6.3 a seconda

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

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.

7.2.3 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 λ .

7.2.3.1 Accidentali mezzi a fatica coeff λ

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:

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

Dove:

λ 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 σ_{max} e σ_{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 2×10^6 cicli da ricavare sulle curve SN corrispondenti al particolare strutturale esaminato (Figure 1.5-1 e 1.5-3);

Φ_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_Φ 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.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

I coefficienti di incremento dinamico sono stabiliti con riferimento a travi semplicemente appoggiate. La lunghezza L_{ϕ} 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_{ϕ} appropriata.

Per γ_{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 γ_f è il coefficiente parziale relativo alle azioni di fatica e γ_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 γ_{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 γ_{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 γ_{Mf} per verifiche a fatica

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 ”.

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

λ_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;

λ_2 è un fattore che porta in conto il volume di traffico (definito in 2.2);

λ_3 è un fattore che porta in conto la vita di progetto del ponte (definito in 2.3);

λ_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 λ_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 1λ .

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

L [m]	λ_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 λ_1 in funzione di L [m]

Nella determinazione di λ_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.

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 irrigidenti 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

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

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 × 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 × 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

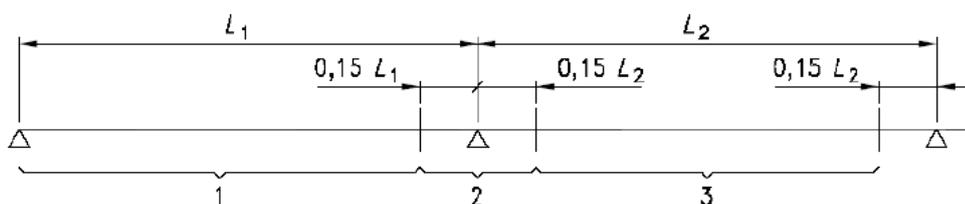


Fig. 2.1-1 – Aree dove si considerano la sezione di mezzeria o la sezione sull'appoggio

Legenda

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

Le lunghezze caratteristiche L_ϕ 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 λ non dovrebbe essere maggiore di λ_{max} dato da:

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

7.2.3.2 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 λ_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 λ_2

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

Traffico annuo [10 ⁶ t/binario]	5	10	15	20	25	30	35	40	50
λ_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 λ_2 in termini di volume di traffico annuo

Salvo diversa specificazione da parte del Gestore dell'Infrastruttura, si dovrà assumere per λ_2 il valore corrispondente ad un volume di traffico di 25×10^6 t /anno/via.

7.2.3.3 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 λ_3 tabellati in funzione della vita utile "N".

Vita utile a fatica [anni]	50	60	70	80	90	100	120
λ_3	0.87	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00	1.04

Tab. 2.3-1 – Valori di λ_3 in termini di vita di progetto della struttura

Salvo diversa specificazione da parte del Gestore dell'Infrastruttura, si dovrà assumere per λ_3 il valore corrispondente ad una vita utile pari a 100 anni.

7.2.3.4 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 $\Delta\sigma_i$ ($\Delta\tau_i$) così determinati, il fattore correttivo λ_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%.

7.2.3.5 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.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

7.2.3.6 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:

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

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 Δ di tensione tangenziale.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

8. ANALISI DEI CARICHI SOLETTA

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sulla soletta e sulle predalles, in termini di pesi propri strutturali e non strutturali e carichi accidentali.

Le predalles hanno spessore 5 cm e larghezza 1.20 m. La soletta è caratterizzata da uno spessore variabile. Al netto dello spessore delle predalles, quello della soletta si assume pari a 37 cm in corrispondenza della mezzera della sezione trasversale dell'impalcato, e pari a 27 cm all'interfaccia con il cordolo, con una pendenza dell'1.5%. Conseguentemente, a causa della variabilità della sezione, il peso proprio della soletta è da considerarsi come un carico distribuito trapezoidale.

Assumendo un peso del calcestruzzo per unità di volume pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$, si ha:

$$g_p = (0.05 \text{ m} * 1.20 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 1.5 \text{ kN/m}$$

$$g_1 = (0,27 \text{ m} * 1.2 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 8.1 \text{ kN/m}$$

$$g_1 = (0,37 \text{ m} * 1.2 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 11.1 \text{ kN/m}$$

$$g_1 = (0.32 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 8.00 \text{ kN/m}$$

$$g_1 = (0.42 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 10.5 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = (0.25 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 6 \text{ kN/m}$$

$$g_3 = (0.05 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 1,25 \text{ kN/m}$$

$$g_4 = (0.80 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 20 \text{ kN/m}^3 = 16 \text{ kN/m}$$

$$g_5 = (0.26 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 6.5 \text{ kN/m}$$

$$g_6 = 9 \text{ kN/m}$$

$$g_7 = 1.5 \text{ kN/m}$$

$$g_8 = (5.00 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 4 \text{ kN/m}^3 = 20 \text{ kN/m}$$

$$q = (1 \text{ kN/m}^2 * 1,2 \text{ m}) = 1,2 \text{ kN/m}$$

Peso proprio predalles / lastra
 Peso soletta / lastra
 Peso soletta
 Cordolo
 Massetto
 Ballast
 Velette
 Muretti paraballast + cavidotti
 Parapetto
 Barriera antirumore
 Carico accidentale cantiere/lastra

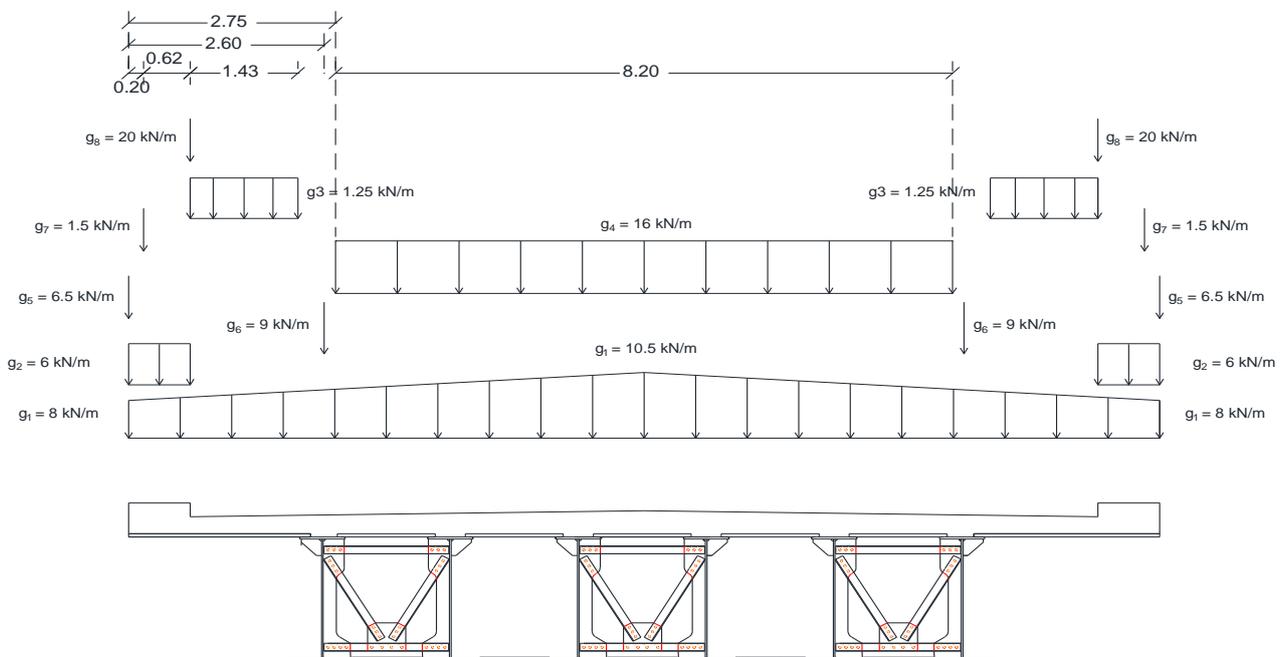


Figura 2 – Schema carichi permanenti

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

8.1 AZIONI VARIABILI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO

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 α , variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

8.1.1 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.

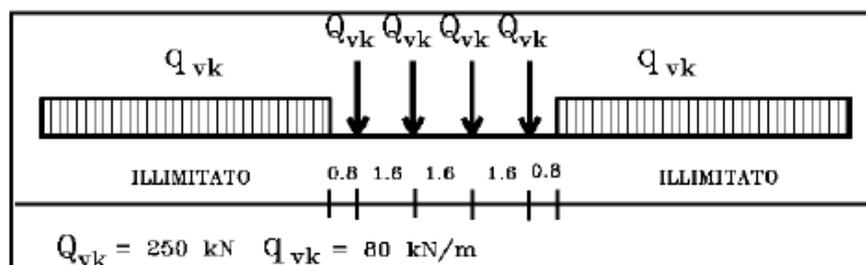


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

Figura 3 – 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 $s=1435$ mm risulta pari a $e = s/18=80$ mm. Per la progettazione di ferrovie ordinarie il valore del coefficiente di adattamento è $\alpha=1.1$.

8.1.2 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.

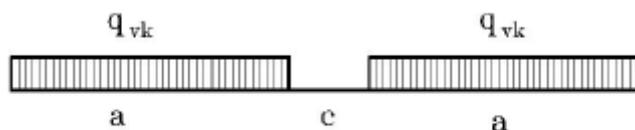


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

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 4 – 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	37

8.1.3 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 Φ definiti in §5.2.2.3.3;

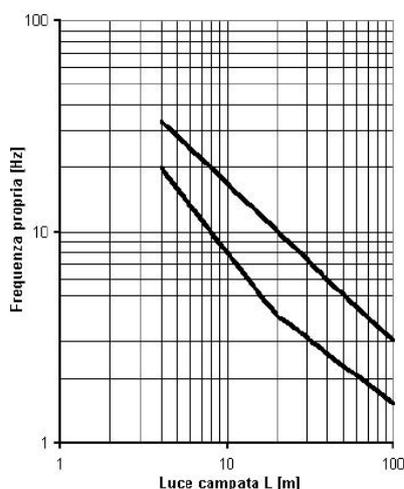


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie n_o in Hz in funzione della luce della campata

Figura 5 – Limiti frequenze proprie per il calcolo del coefficiente dinamico Φ

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 più sopra definiti, moltiplicando gli stessi per il coefficiente di incremento dinamico ϕ definito in §2.5.4.2.5 e per il coefficiente di adattamento α 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 α	
LM71	SW/2
1.1	1

Con riferimento al coefficiente di incremento dinamico ϕ , per linee con normale standard manutentivo, le norme prevedono l’utilizzo di un coefficiente ϕ_3 definito come:

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73$$

con la limitazione $1.00 \leq \phi_3 \leq 2.00$, dove L_ϕ rappresenta la lunghezza caratteristica in metri, come definita in Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 4.1, i.e. 3 volte la luce. Si noti che, per questo caso, si assume che la luce della soletta sia pari alla distanza tra i lembi superiori delle anime delle travi, pari cioè a $l = 1.7$ m.

Fermo restando queste considerazioni, si ottiene:

$$L_\phi = 5.1 \text{ m}$$

$$\phi_3 = 1.78 (\leq 2.00)$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

8.1.4 Ripartizione trasversale dei carichi

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sulla soletta è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina, $\frac{1}{4}$ attraverso la massicciata ed $\frac{1}{1}$ fino al piano medio di soletta, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26) / 4 * 2 + (0.32 / 2) * 2 + 2.40 = 2.99 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

	[m]
Altezza ballast	0.80
Altezza traversina	0.26
Larghezza traversina	2.40
Altezza soletta	0.32

I carichi relativi al modello LM71 vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.5 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008, dal momento che è stata considerata per essi una eccentricità rispetto all'asse del binario pari ad $e = s/18 = 0.08 \text{ m}$.

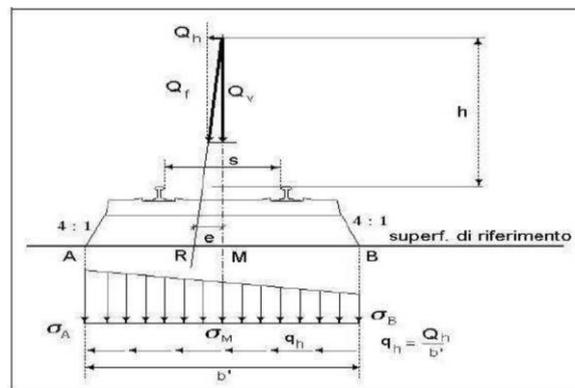


Fig. 5.2.5 Distribuzione trasversale in rettangolo delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast. In figura, Q_c rappresenta la forza centrifuga definita al successivo §5.2.2.3.1

Prima di procedere alla ripartizione trasversale dei carichi ferroviari verticali, si è proceduto ad una distribuzione del carico assiale Q_{vk} in direzione longitudinale, suddividendo tale valore per una lunghezza di influenza assunta pari ad 1.6 m, risultando pertanto in un carico uniformemente distribuito in direzione longitudinale pari a 156.25 kN/m per il treno di carico LM71.

In accordo con quanto riportato al par. 8.1.3 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento e per quello di incremento dinamico, ottenendo quindi:

TRENO LM71

$$q_1 = 156.25 \text{ kN/m} * 1.78 * 1.1 = 305.83 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato della ripartizione longitudinale del carico Q_{vk}

$$q_2 = 80 \text{ kN/m} * 1.78 * 1.1 = 156.59 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale q_{vk}

TRENO SW/2

$$q_3 = 150 \text{ kN/m} * 1.78 * 1.0 = 266.91 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale q_{vk}

Ripartendo in direzione trasversale i carichi così ottenuti si ottengono per il treno di carico LM71, fermo

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	39

restando il dover considerare l'eccentricità $e = 0.08$ m rispetto all'asse del binario e la distribuzione trapezoidale delle tensioni indicati nella Fig. 5.2.5 della NTC08, i seguenti valori:

CARICO q1

$$\sigma_A = 118.65 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 85.92 \text{ kN/m}^2$$

CARICO q2

$$\sigma_A = 60.75 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 43.99 \text{ kN/m}^2$$

L'eccentricità non è da considerarsi, invece, per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore q3 per la lunghezza $b = 2.99$ m, risultando dunque in una distribuzione di tensioni sulla soletta pari a:

$$\sigma = 266.91 \text{ kN/m} / 2.99 \text{ m} = 89.27 \text{ kN/m}$$

Al fine delle verifiche da eseguirsi sulla soletta, non viene considerata l'azione del treno scarico, dal momento che la situazione più gravosa è determinata in concomitanza all'applicazione del treno LM71.

8.2 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^2 . 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

8.3 CARICO ECCEZIONALE DOVUTO AL 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 seguenti situazioni di progetto:

Caso 1: si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$ (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.

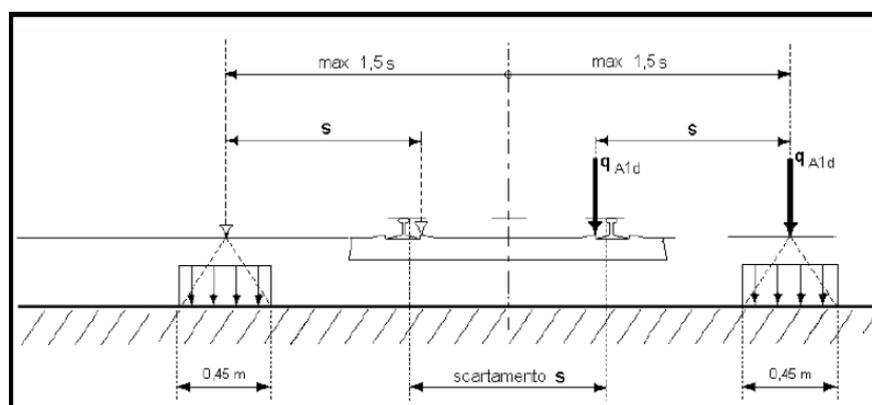


Figura 5.2.12 - Caso 1

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 impalcati metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.

Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	41

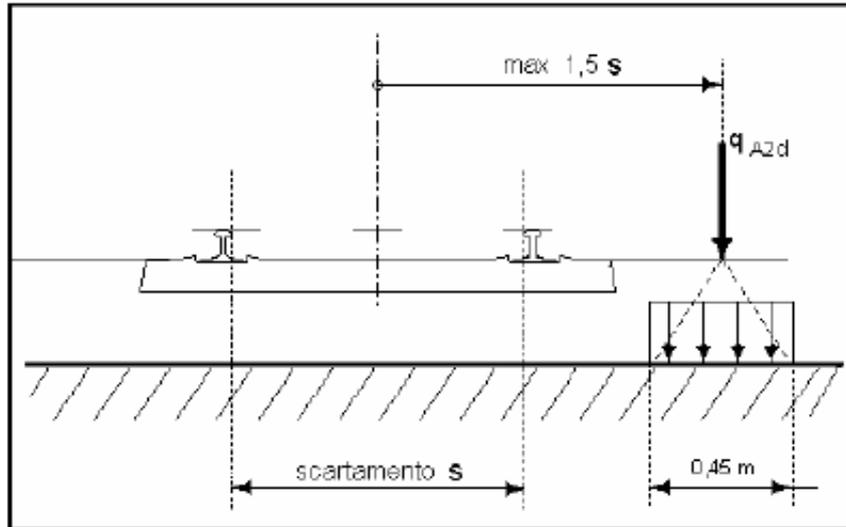


Figura 5.2.13 - Caso 2

Per la considerazione degli effetti locali sulla soletta, il carico per ognuno dei due casi è stato ripartito su una lunghezza di 0,45 m, ottenendo in questo modo:

CASO 1

$$\sigma_1 = 60 \text{ kN/m} / 0,45 \text{ m} = 133,33 \text{ kN/m}^2$$

CASO 2

$$\sigma_1 = 80 \text{ kN/m} * 1,4 / 0,45 \text{ m} = 248,89 \text{ kN/m}^2$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

8.4 CARICO DA VENTO SULLA BARRIERA ANTIRUMORE

Per la valutazione dei carichi da vento sulle barriere antirumore e degli effetti che questo tipo di sollecitazione ha sulla soletta, 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 $\varphi=1$ ed assenza di schermatura, come riportato nella seguente tabella.

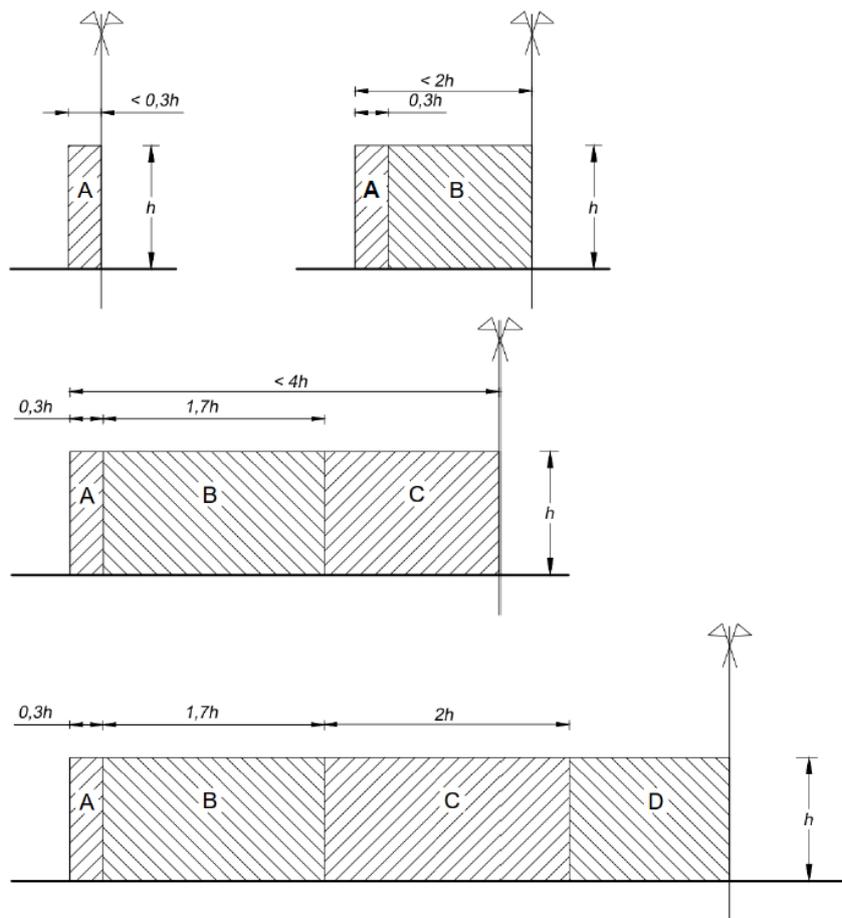


Figura G.21 – Suddivisione di muri e parapetti in aree di uguale pressione compressiva.

Tabella G.X – Coefficienti di pressione compressiva per muri e parapetti.

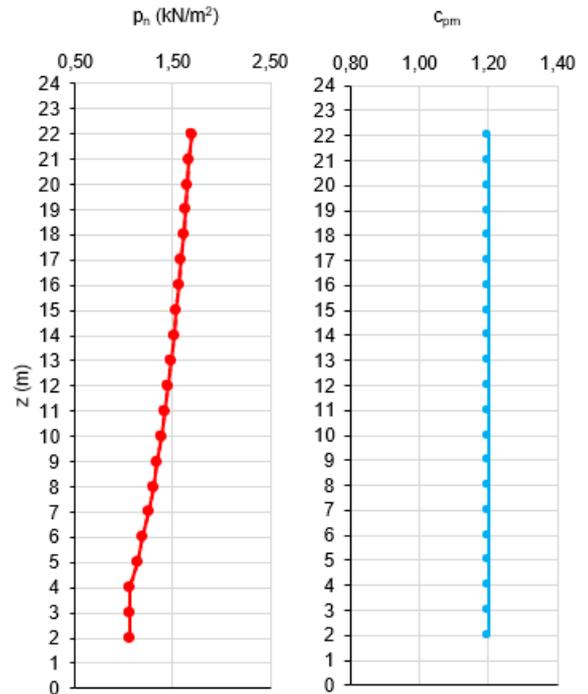
φ	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	< 3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		> 10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

Figura 6 – Aree e coefficienti di pressione compressive media sull'elemento secondo CNR DT207 R1/2018

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	43

NOME: barriera antirumore		CALCOLO AZIONI VENTO (CNR DT207 R1/2018)							Rev. 00
Zona	3 (Tab. 3.I)	Categoria	2 (Tab. 3.II - 3.III)	T_r (anni)	75	tempo ritorno			
$v_{b,0}$ (m/s)	27,0 velocità base liv. mar	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	1,00	coeff. Topografia			
k_a	0,02 fattore altitudine	z_{min} (m)	4,00 altezza minima	v_r (m/s)	28,0	velocità rifer. progetto			
a_s (m)	20 altitudine sito	$c_e(z)$	vedi tabella						
c_a	1,00 coeff. altitudine								
		Valori globali		Valori locali		p_n (kN/m ²)		C_{pm}	
z (m)	$c_e(z)$	q_p (N/m ²)	C_{pm}	p_n (kN/m ²)	C_{pm}	p_n (kN/m ²)			
22,00	2,88	1408	1,20	1,69	1,20	1,69			
21,00	2,84	1392	1,20	1,67	1,20	1,67			
20,00	2,81	1376	1,20	1,65	1,20	1,65			
19,00	2,77	1359	1,20	1,63	1,20	1,63			
18,00	2,74	1341	1,20	1,61	1,20	1,61			
17,00	2,70	1322	1,20	1,59	1,20	1,59			
16,00	2,66	1302	1,20	1,56	1,20	1,56			
15,00	2,62	1281	1,20	1,54	1,20	1,54			
14,00	2,57	1258	1,20	1,51	1,20	1,51			
13,00	2,52	1235	1,20	1,48	1,20	1,48			
12,00	2,47	1209	1,20	1,45	1,20	1,45			
11,00	2,41	1182	1,20	1,42	1,20	1,42			
10,00	2,35	1152	1,20	1,38	1,20	1,38			
9,00	2,29	1119	1,20	1,34	1,20	1,34			
8,00	2,21	1083	1,20	1,30	1,20	1,30			
7,00	2,13	1043	1,20	1,25	1,20	1,25			
6,00	2,04	998	1,20	1,20	1,20	1,20			
5,00	1,93	945	1,20	1,13	1,20	1,13			
4,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06			
3,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06			
2,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06			
CALCOLO COEFFICIENTI PRESSIONE MEDIO PER PARETI ESTESE (CNR DT207 R1/2018 §G.5)									
h (m)	5,00 altezza del muro								
l (m)	1,00 lunghezza del muro								
l/h	0,20								
C_{pm} medio	0,00	coeff. pressione medio ponderato per l muro	l (m)	0,00	A	B	C	D	lunghezze settori
C_{pm} globali	1,20	coeff. pressione per verifiche globali	C_{pm}	2,30	0,00	1,40	1,20	1,20	coeff. pressione settori
			C_{pm} locale	1,20	coeff. pressione per verifiche locali				



Assumendo mediamente $h_1 = 17$ m quota estradosso impalcato e $h_2 = 5$ m l'altezza della barriera antirumore, l'altezza rispetto al suolo del punto considerato, ovvero l'estremo superiore della barriera, è pari a $z = 22$ m. In corrispondenza ad essa si ottiene un valore di pressione cinetica di picco del vento:

$$q_p = 1.41 \text{ kN/m}^2$$

e pressione complessiva risultante:

$$p_n = 1.41 \text{ kN/m}^2 * 1.2 = 1.69 \text{ kN/m}^2.$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	44

8.5 AZIONE AERODINAMICA DA TRAFFICO FERROVIARIO

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, trattandosi nel caso in esame di barriere antirumore.

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.

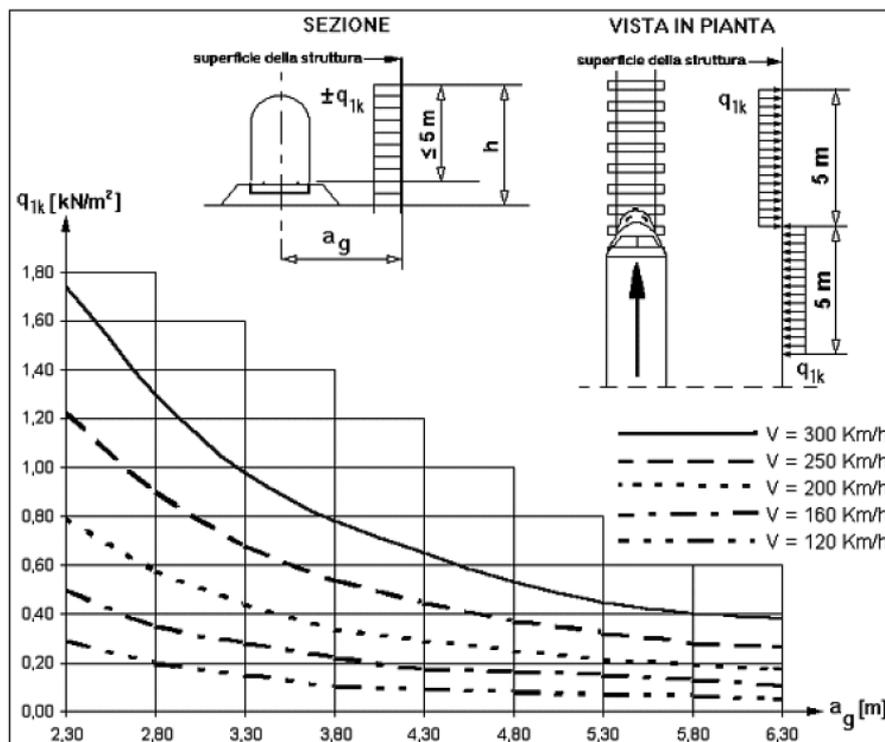


Figura 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

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

$$a_g = 4.3 \text{ m}$$

$$q_{1k} = 0.30 \text{ kN/m}^2$$

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^2 sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU.

Si verifica dunque che:

$$p_{\text{tot}} = p_n + q_{1k} = 1.69 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \text{ kN/m}^2 = 1.99 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$$

pertanto la prescrizione risulta essere soddisfatta.

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>Tipologico struttura mista da 35m -</p> <p>Relazione di calcolo</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	45

Ai fini della verifica della soletta, si considera l'azione combinata del vento e dell'azione aerodinamica da traffico. Si calcola dunque una azione tagliante agente alla base della barriera antirumore pari a:

$$F = p_{tot} * 5m = 1.99 \text{ kN/m}^2 * 5 \text{ m} = 9.95 \text{ kN/m}$$

e un momento agente in corrispondenza della sezione di mezzzeria della soletta pari a:

$$M_z = F * [5m + (0.52 \text{ m} - 0.25 \text{ m}/2)] / 2 = 26.84 \text{ kNm}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

9. COMBINAZIONI DI CARICO

9.1 ANALISI FASE 1

In accordo con §2.5.3 delle NTC 2008, si riportano qui di seguito le combinazioni allo SLU utilizzate nelle analisi di prima fase.

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7
1: pp predalle	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
2: pp soletta1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
3: pp soletta2	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
4: pp soletta 3	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
5: pp soletta4	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35
6: pp soletta5	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35
7: pp soletta 6	0	0	0	0	0	1,35	1,35
8: pp soletta 7	0	0	0	0	0	0	1,35
9: acc1	1,5	0	0	0	0	0	0
10: acc2	0	1,5	0	0	0	0	0
11: acc3	0	0	1,5	0	0	0	0
12: acc4	0	0	0	1,5	0	0	0
13: acc5	0	0	0	0	1,5	0	0
14: acc6	0	0	0	0	0	1,5	0
15: acc7	0	0	0	0	0	0	1,5

Gli indici associati al carico della soletta e al carico accidentale fanno riferimento alle varie configurazioni di carico considerate ed illustrate in figura 2 al cap. 8.

9.2 ANALISI FASE 2

Con riferimento al §5.2.3.1 delle NTC08, si illustrano di seguito le tabelle delle varie combinazioni di carico indicate dalla normativa in merito ai sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari.

9.2.1 Numero di treni contemporanei

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 ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
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'')	-

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

L'impalcato in esame presenta due binari. Per “primo” binario si intende quello su cui disporre il treno più pesante per avere i massimi effetti sulla struttura. Per “secondo” binario si intende quello su cui viene disposto il secondo treno per avere, congiuntamente con il primo, i massimi effetti sulla struttura.

9.2.2 Numero di treni contemporanei

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.2.IV. Il carico verticale, nel caso di ponti con più binari, è quello che si ottiene con i treni specificati nella Tab. 5.2.III di NTC 08.

Nella valutazione degli effetti di interazione, alle azioni conseguenti all'applicazione dei carichi da traffico ferroviario si adotteranno gli stessi coefficienti parziali dei carichi che li generano.

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.

Tabella 12 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico – Ponti ferroviari

I valori fra parentesi indicati nella Tab. 5.2.IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.

Il gruppo 4 è da considerarsi esclusivamente per le verifiche a fessurazione. I valori indicati fra parentesi si assumono pari a: (0,6) per impalcato con 2 binari carichi e (0,4) per impalcato con tre o più binari carichi.

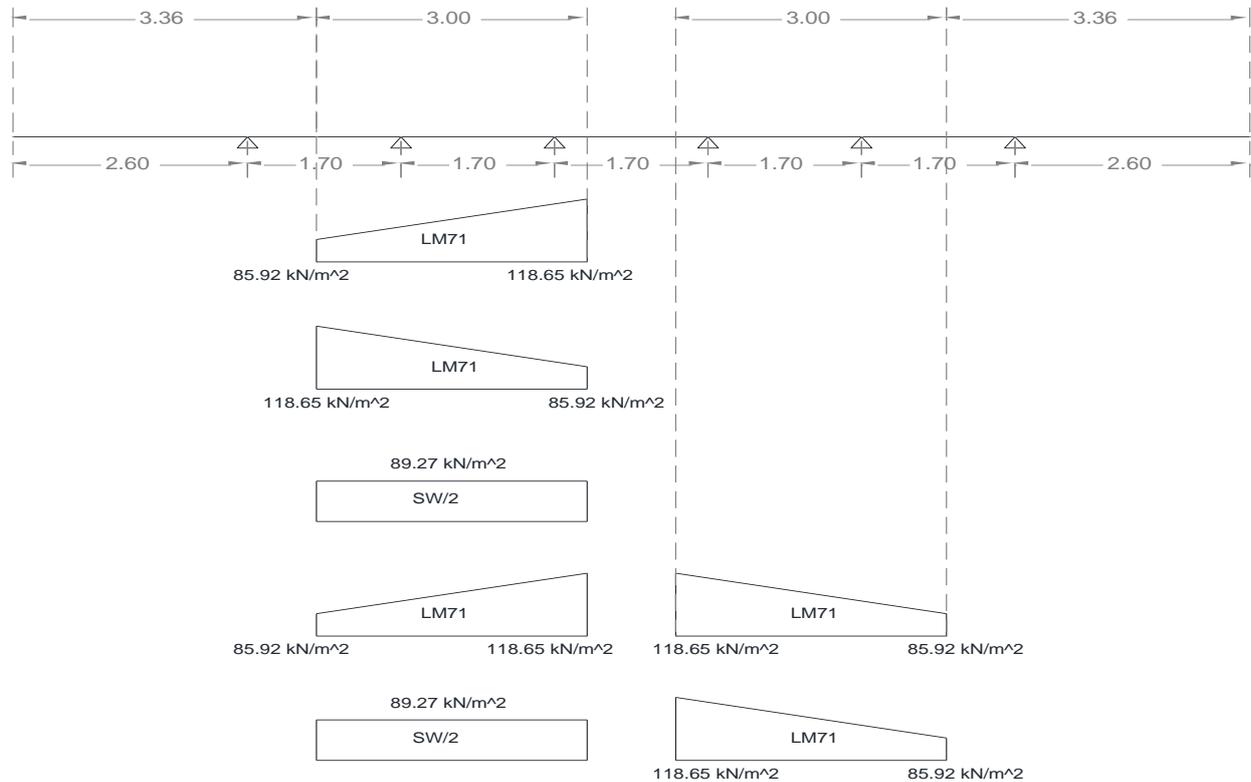
9.2.3 Gruppi di carico considerati

Per la valutazione delle azioni verticali da traffico ferroviario, è stato considerato il gruppo 1, definendo i seguenti:

- caso 1) LM71 sul binario 1, assunto con una eccentricità alla destra dell'asse del binario;
- caso 2) LM71 sul binario 1, assunto con eccentricità a sinistra dell'asse del binario;
- caso 3) SW/2 sul binario 1;
- caso 4) LM71 con eccentricità a destra dell'asse del binario “+” LM71 con eccentricità a sinistra dell'asse, rispettivamente sul binario 1 e 2;
- caso 5) SW/2 sul binario 1 “+” LM71 con eccentricità a sinistra dell'asse del binario.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

Data la simmetria della struttura, è stata considerato sufficiente l'adozione delle suddette configurazioni di carico, la cui distribuzione viene illustrata nella figura seguente.



9.2.4 Combinazioni delle azioni

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

$$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$$

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$$

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

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

Ψ_0, Ψ_1, Ψ_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)

Combinazione fondamentale SLU

Combinazione caratteristica rara SLE

Combinazione frequente SLE

Combinazione quasi permanente SLE

Combinazione sismica SLE e SLU

Combinazione eccezionale SLU

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

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

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

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

⁽²⁾ 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.

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

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

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 13 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU – Ponti ferroviari

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

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

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 14 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLU – Ponti ferroviari

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	50

Tab. 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione ψ delle azioni

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽⁴⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

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

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

⁽³⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 15 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLE – Ponti ferroviari

	SLU_1	SLU_2	SLU_3	SLU_4	SLU_5	SLU_6	SLU_7	SLU_8	SLU_9	SLU_10	SLU_11	SLU_12	SLU_13	SLU_14	SLU_15	SLU_16	SLU_17	ECC_1	ECC_2
1: PP soletta	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1
2: PP cordolo	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
3: PPNS massicciata	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
4: PPNS Mz su mur pb da ballast	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
5: PPNS massetto	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
6: PPNS velette	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
7: PPNS pb+cavidotti	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
8: PPNS parapetto	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
9: PPNS barriera antirum	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
10: ACC LM71_1	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11: ACC LM71_2	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12: ACC LM71_3	0	0	0	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13: ACC_SW/2_3	0	0	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14: ACC affollamento_1	0	0	0	0	0	1,2	0	1,2	1,2	0	1,2	1,5	0	1,5	1,5	0	1,5	0	0
15: ACC affollamento_2	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	0	1,2	1,2	0	1,5	1,5	0	1,5	1,5	0	0
16: ECC deragliament c1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17: ECC deragliament c1_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18: ECC deragliament c2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19: ECC deragliament c2_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20: ACC Mz aerodin	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0
21: ACC Mz aerodin_2	0	0	0	1,2	1,2	0	0	0	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1,2	1,2	1,2	0	0
22: Taglio_aerodin_1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0
23: Taglio_aerodin_2	0	0	0	1,2	1,2	0	0	0	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1,2	1,2	1,2	0	0

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	51

	QP	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_10	R_11	R_12	R_13	R_14	R_15	R_16	R_17
1: PP soletta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2: PP cordolo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3: PPNS massiciata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4: PPNS Mz su mur pb da ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5: PPNS massetto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6: PPNS velette	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7: PPNS pb+cavidotti	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8: PPNS parapetto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9: PPNS barriera antirum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10: ACC LM71_1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11: ACC LM71_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12: ACC_LM71_3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13: ACC_SW/2_3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14: ACC affollamento_1	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0,8	0,8	0	0,8	1	0	1	1	0	1
15: ACC affollamento_2	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	0	0,8	0,8	0	1	1	0	1	1
16: ECC deragliamenti c1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17: ECC deragliamenti c1_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18: ECC deragliamenti c2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19: ECC deragliamenti c2_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20: ACC Mz aerodin	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
21: ACC Mz aerodin_2	0	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0,8	0,8	0,8
22: Taglio_aerodin_1	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
23: Taglio_aerodin_2	0	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0,8	0,8	0,8

Si noti che l'azione del peso proprio della soletta è stata considerata esclusivamente per le verifiche allo SLU, ma non per quelle allo SLE, essendo questa agente sulle predalles in fase di getto.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	52

10. ANALISI SOLETTA

La soletta d'impalcato viene realizzata mediante getto in opera su predalles collaboranti, formando di fatto a lungo termine una sezione resistente in c.a. Le predalles hanno spessore 5 cm e sono poggiate isostaticamente sulle travi principali.

10.1 METODO DI CALCOLO

Per valutare le tensioni massime sugli elementi della sezione composta occorre tenere conto delle fasi costruttive. In 1° fase di getto della soletta si ipotizza che risultano collaboranti solo i tralicci (correnti e staffe). Ovviamente, le armature posate in opera sono collaboranti solamente a maturazione del calcestruzzo, quando di fatto si costituisce la sezione in c.a. resistente di 2° fase (fessurata).

Si considerano le seguenti fasi di carico:

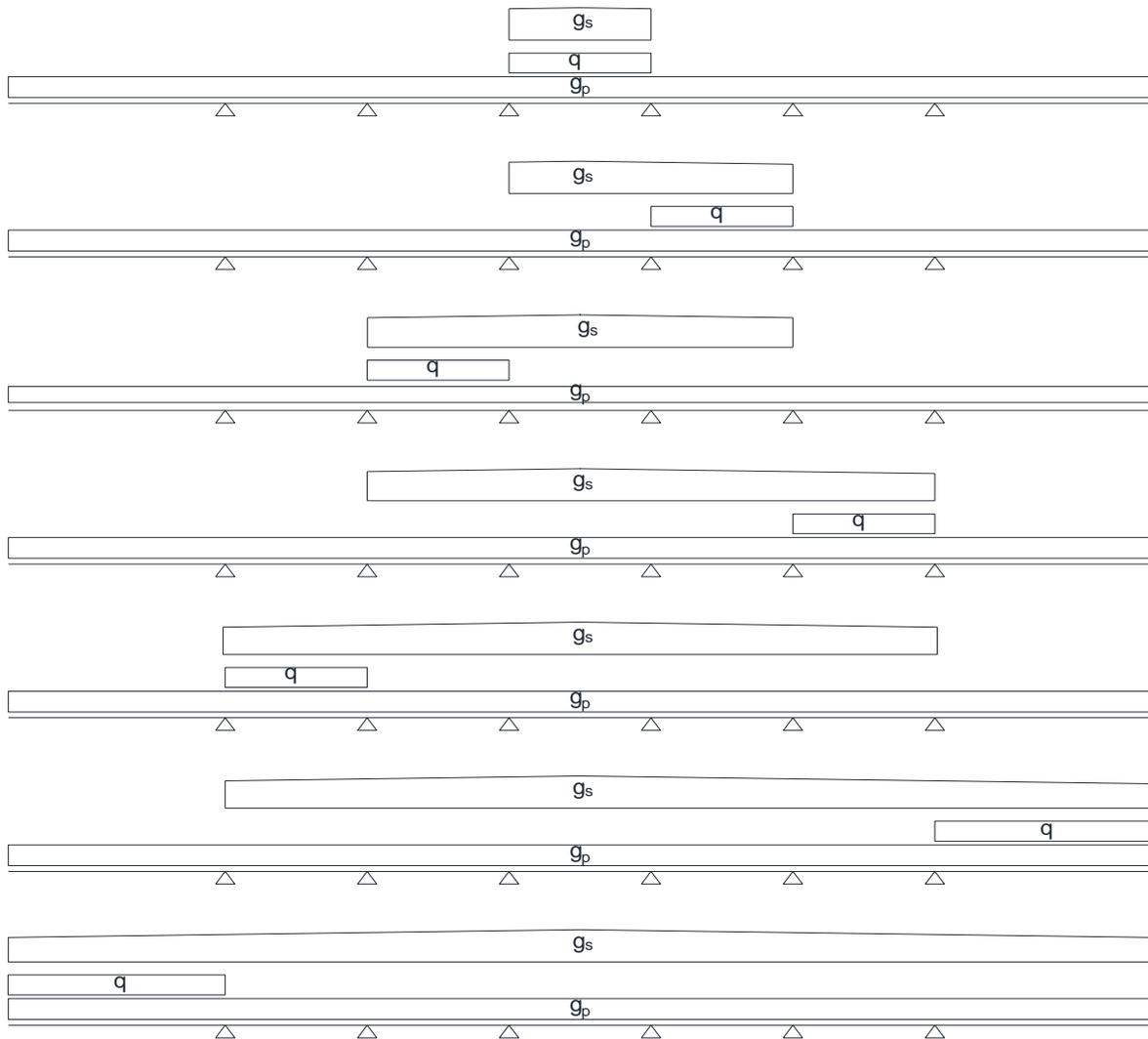
- Fase 1) Le predalles sono posate sulle travi con schema statico di trave continua su più appoggi. Ciascuna predalle sostiene sé stessa, l'armatura integrativa ed il getto di completamento a spessore definitivo. Si considera inoltre agente un carico di servizio accidentale del personale e delle attrezzature di cantiere.
- Fase 2) Lo schema statico è a trave continua, costituita dall'intero spessore di soletta (32 cm predalle compresa); sono agenti le azioni permanenti e accidentali.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	53

10.2 ANALISI 1° FASE

Per la verifica delle predalles di campata e di cordolo si considera uno schema statico di trave continua su più appoggi. Il getto avviene in 7 fasi consecutive, come illustrato di seguito. Si analizzano le sollecitazioni allo SLU con $\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$.



**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	54

10.2.1 Analisi fase di getto soletta

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-52	10
	[Bm:7]	[Bm:10]

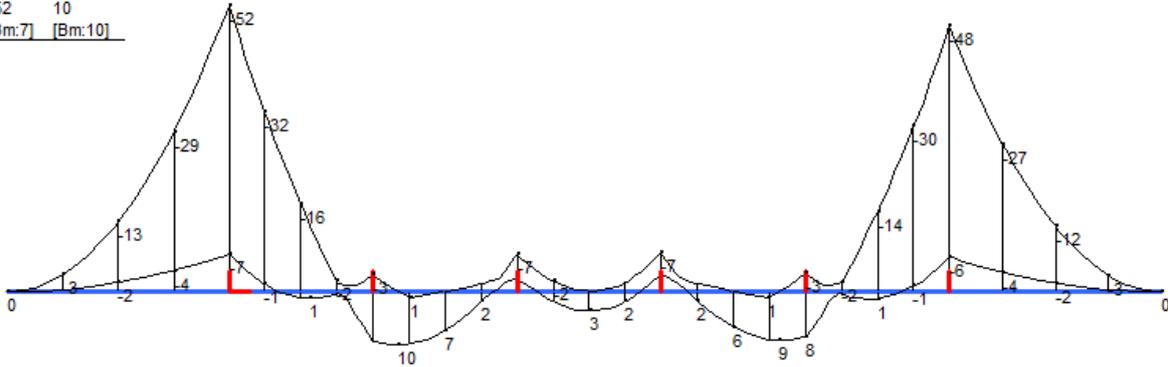


Figura 7 - Involuppo Momenti SLU

	MIN	MAX
SF2(kN)	-46	48
	[Bm:15]	[Bm:7]

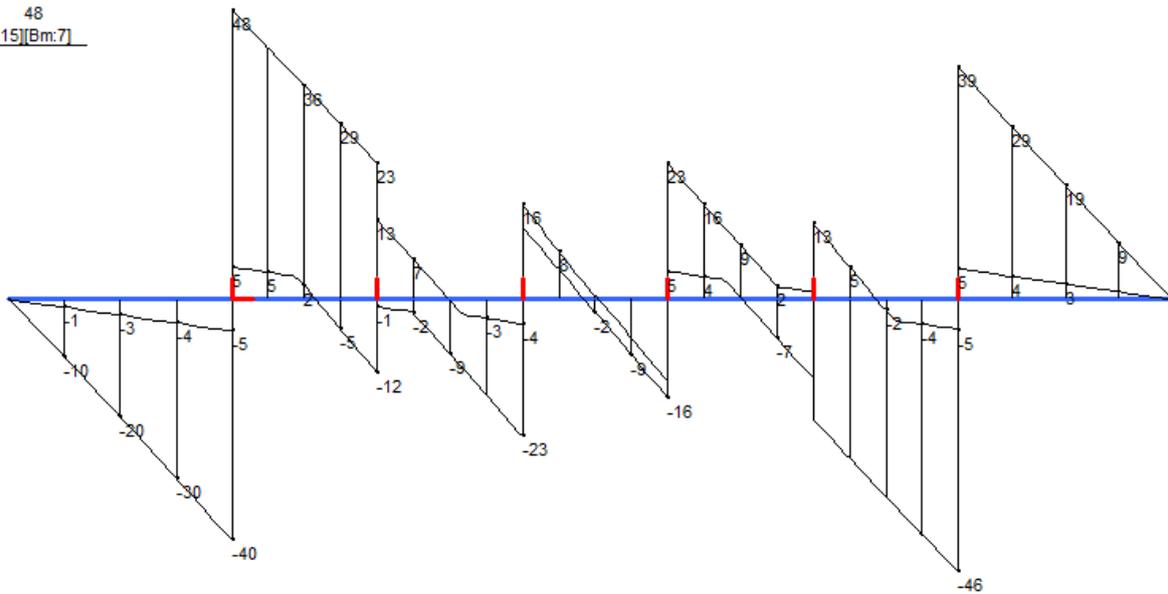


Figura 8 - Involuppo Taglio SLU

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	55

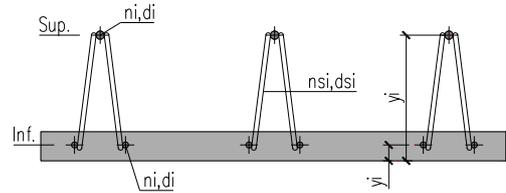
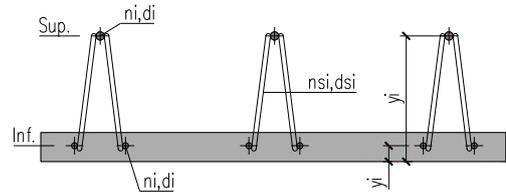
10.3 VERIFICHE STRUTTURALI 1° FASE

10.3.1 Resistenza durante getto soletta

Per far fronte alle sollecitazioni di progetto si utilizzano tralicci elettrosaldati tipo 12/16/10 h = 238mm. È previsto l'impiego barre longitudinali aggiuntive 6 ϕ 12 saldate ai correnti inferiori nella sezione maggiormente sollecitata.

SEZIONE	CORDOLO	CALCOLO LASTRE PREDALLES (NTC 2008, §4.2.4.1.3)										Rev. 00.3				
SOLLECITAZIONI SL		M _{Ed} (kNm)	-51,62	h _t	238 mm											
		V _{Ed} (kN)	48,26													
DATI ARMATURE CORRENTI																
- Barre B450C																
	n°	d (mm)	A (mm ²)	y (mm)	S (mm ³)	I (mm ⁴)	W (mm ³)	σ_s (MPa)								
Sup	3	16,0	603,2	265,0	159844	13992483	-132701	389,0								
Inf	6	12,0	678,6	45,0	30536	3109441	298577	-172,9								
Inf	6	12,0	678,6	45,0	30536	3109441	298577	-172,9								
		A _{tot} (mm ²)	y _g (mm)	S _{tot} (mm ³)	I _{tot} (mm ⁴)											
		1960,4	112,7	220917	20211364											
DATI STAFFATURA																
- Barre B450C																
	ns°	ds (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	l (mm)	σ_s (MPa)									
Staffe	6	10,0	471,2	72,0	8,0	252,7	-102,4									
		A _{tot} (mm ²)														
		471,2														
VERIFICA ARMATURE CORRENTI																
- Barre B450C																
	f _{yk} (MPa)	450,0		Y _{M1}		1,15										
	E _s (MPa)	210000		Y _{M0}		1,15										
	n°	d (mm)	l ₀ (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	N _{cr} (kN)	λ	ϕ	α	χ	N _{b,Rd} (kN)	N _{Ed} (kN)	N _{b,Rd} /N _{Ed}	N _{t,Rd} (kN)	N _{Ed} (kN)	N _{t,Rd} /N _{Ed}
Sup	3	16,0	200,0	201,1	3217,0	166,7	0,737	0,903	0,49	0,702	-55,22			78,7	78,2	0,994 < 1,000
Inf	6	12,0	200,0	113,1	1017,9	52,7	0,982	1,174	0,49	0,550	-24,35	-19,55	0,803 < 1,000			
Inf	6	12,0	200,0	113,1	1017,9	52,7	0,982	1,174	0,49	0,550	-24,35	-19,55	0,803 < 1,000			
VERIFICA STAFFATURA																
- Barre B450C																
	f _{yk} (MPa)	450,0		Y _{M1}		1,15										
	E _s (MPa)	210000		Y _{M0}		1,15										
	n°	d (mm)	l ₀ (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	N _{cr} (kN)	λ	ϕ	α	χ	N _{b,Rd} (kN)	N _{Ed} (kN)	N _{b,Rd} /N _{Ed}			
Staffe	6	10,0	252,7	78,5	490,9	15,9	1,489	1,925	0,49	0,318	-9,77	-8,04	0,823 < 1,000			

SEZIONE	CAMPATA	CALCOLO LASTRE PREDALLES (NTC 2008, §4.2.4.1.3)										Rev. 00.3				
SOLLECITAZIONI SL		M _{Ed} (kNm)	9,56	h _t	238 mm											
		V _{Ed} (kN)	6,61													
DATI ARMATURE CORRENTI																
- Barre B450C																
	n°	d (mm)	A (mm ²)	y (mm)	S (mm ³)	I (mm ⁴)	W (mm ³)	σ_s (MPa)								
Sup	3	16,0	603,2	265,0	159844	13992483	-132701	-72,0								
Inf	6	12,0	678,6	45,0	30536	3109441	298577	32,0								
Inf	6	12,0	678,6	45,0	30536	3109441	298577	32,0								
		A _{tot} (mm ²)	y _g (mm)	S _{tot} (mm ³)	I _{tot} (mm ⁴)											
		1960,4	112,7	220917	20211364											
DATI STAFFATURA																
- Barre B450C																
	ns°	ds (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	l (mm)	σ_s (MPa)									
Staffe	6	10,0	471,2	72,0	8,0	252,7	-14,0									
		A _{tot} (mm ²)														
		471,2														
VERIFICA ARMATURE CORRENTI																
- Barre B450C																
	f _{yk} (MPa)	450,0		Y _{M1}		1,15										
	E _s (MPa)	206000		Y _{M0}		1,15										
	n°	d (mm)	l ₀ (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	N _{cr} (kN)	λ	ϕ	α	χ	N _{b,Rd} (kN)	N _{Ed} (kN)	N _{b,Rd} /N _{Ed}	N _{t,Rd} (kN)	N _{Ed} (kN)	N _{t,Rd} /N _{Ed}
Sup	3	16,0	200,0	201,1	3217,0	163,5	0,744	0,910	0,49	0,697	-54,87	-14,48	0,264 < 1,000			
Inf	6	12,0	200,0	113,1	1017,9	51,7	0,992	1,186	0,49	0,545	-24,11			44,26	3,62	0,082 < 1,000
Inf	6	12,0	200,0	113,1	1017,9	51,7	0,992	1,186	0,49	0,545	-24,11			44,26	3,62	0,082 < 1,000
VERIFICA STAFFATURA																
- Barre B450C																
	f _{yk} (MPa)	450,0		Y _{M1}		1,15										
	E _s (MPa)	206000		Y _{M0}		1,15										
	n°	d (mm)	l ₀ (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	N _{cr} (kN)	λ	ϕ	α	χ	N _{b,Rd} (kN)	N _{Ed} (kN)	N _{b,Rd} /N _{Ed}			
Staffe	6	10,0	252,7	78,5	490,9	15,6	1,504	1,950	0,49	0,313	-9,63	-1,10	0,114 < 1,000			



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

Le verifiche per instabilità sono soddisfatte per entrambe le sezioni considerate.

10.4 ANALISI 2° FASE

Terminata la fase di maturazione, la soletta si comporta come una sezione in c.a. tradizionale interamente reagente, con schema statico di trave continua in semplice appoggio sulle travi.

10.5 MODELLO FEM SOLETTA

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la soletta è stato realizzato un modello agli elementi finiti. La soletta è stata trattata come una trave continua su più appoggi, caratterizzata da una larghezza di 1m.



Figura 9 Modello FEM con numerazione nodi.



Figura 10 Modello FEM con numerazione elementi e indicazione delle zone nodali (rosse).

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	57

10.5.1 Risultati analisi

10.5.1.9 INVILUPPI SLU

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-165	47
	[Bm:23]	[Bm:28]

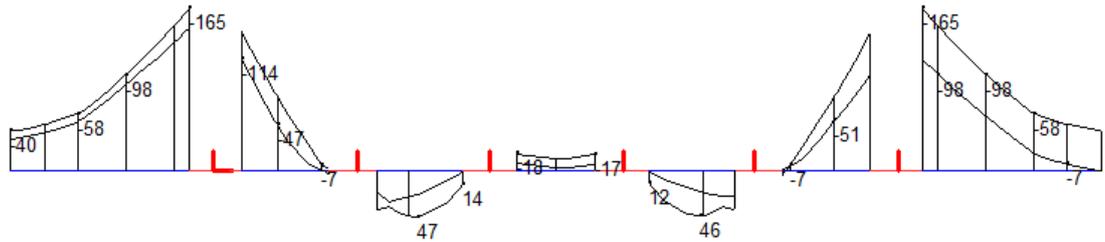


Figura 11 ENV SLU – Momento flettente [kNm]

	MIN	MAX
SF2(kN)	-152	157
	[Bm:20]	[Bm:8]

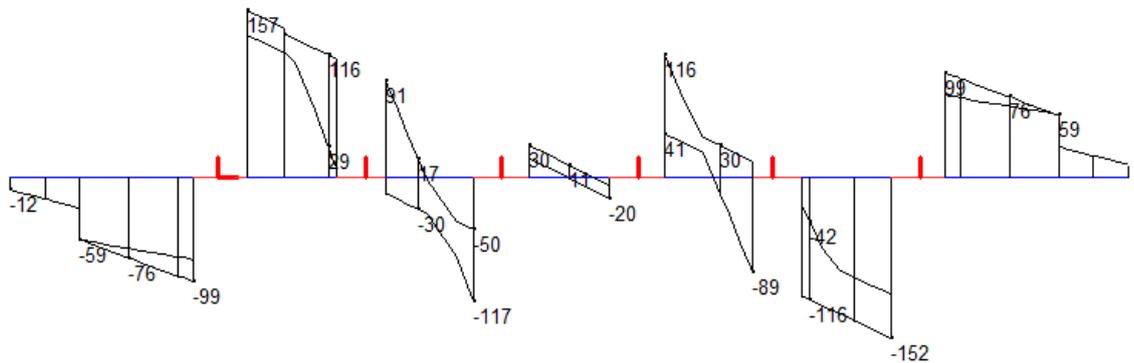


Figura 12 ENV SLU Taglio [kN]

10.5.1.10 INVILUPPI SLE RARA

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-91	28
	[Bm:3]	[Bm:28]

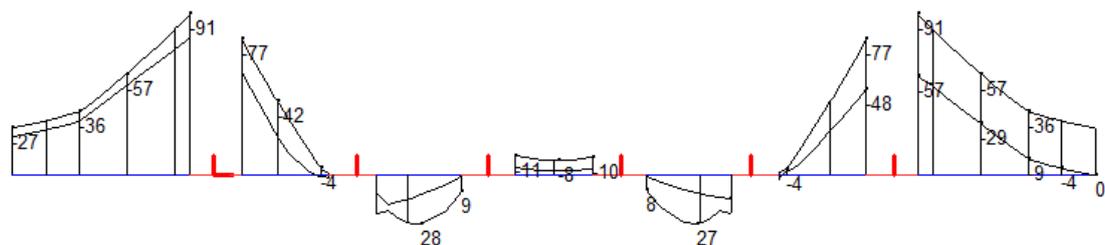


Figura 13 ENV SLE RARA Momento flettente [kNm]

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	58

	MIN	MAX
SF2(kN)	-81	85
	[Bm:20]	[Bm:8]

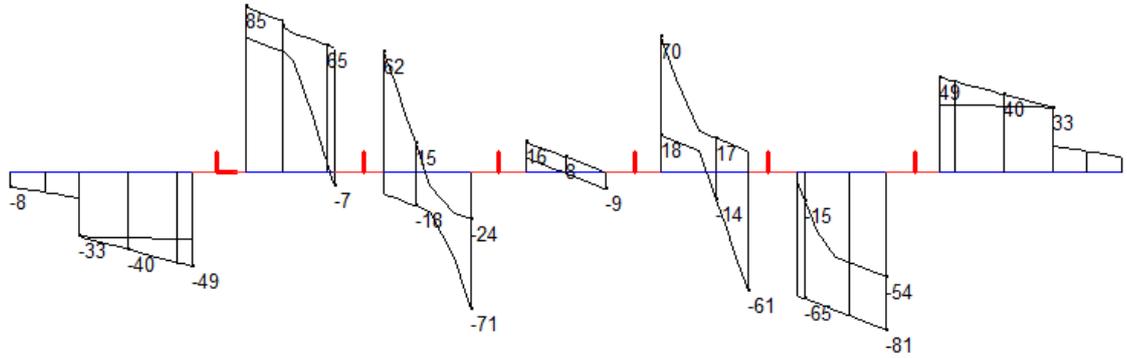


Figura 14 ENV SLE RARA Taglio [kN]

10.5.1.11 INVILUPPI SLE QUASI PERMANENTE

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-57	13
	[Bm:3]	[Bm:37]

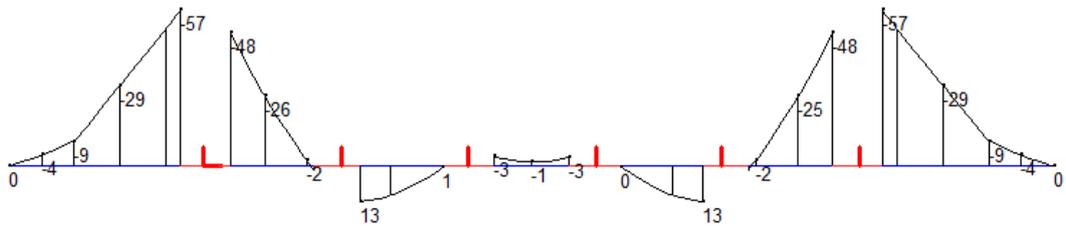


Figura 15 ENV SLE QUASI PERMANENTE Momento [kNm]

	MIN	MAX
SF2(kN)	-54	54
	[Bm:20]	[Bm:8]

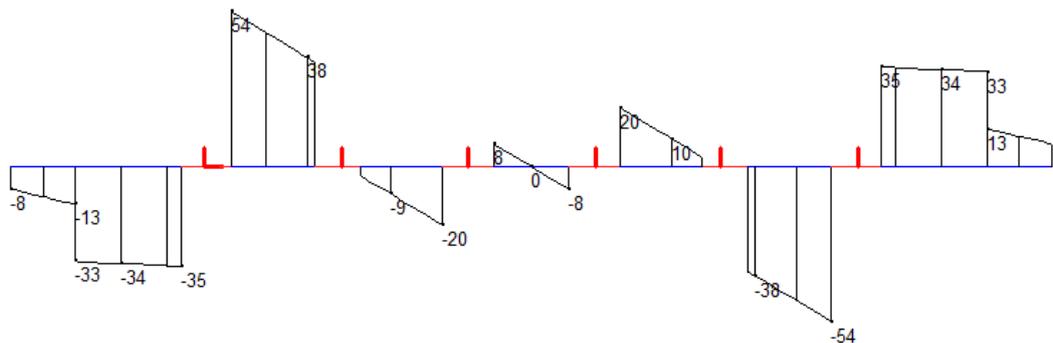


Figura 16 ENV QUASI PERMANENTE Taglio [kN]

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>Tipologico struttura mista da 35m -</p> <p>Relazione di calcolo</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	59

Poiché la sezione trasversale della soletta è caratterizzata da una progressiva riduzione di spessore verso lo sbalzo, sono state considerate due sezioni distinte per le verifiche, una relativa allo sbalzo e l'altra alla mezzeria della soletta.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

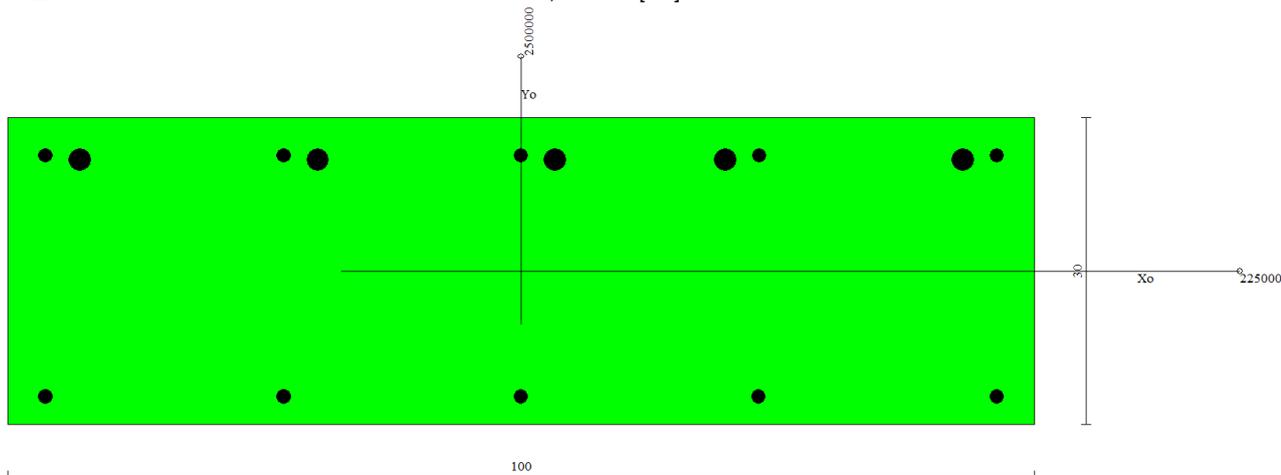
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	60

10.6 VERIFICHE STRUTTURALI 2° FASE

10.6.1 Sezione di sbalzo

Nome sezione: SOLETTA SBALZO

Tipo sezione Rettangolare
Base 100,0 [cm]
Altezza 30,0 [cm]



Caratteristiche geometriche

Area sezione 3000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X 2500000,0 [cm⁴]
Inerzia in direzione Y 225000,0 [cm⁴]
Inerzia in direzione XY 0,0 [cm⁴]
Ascissa baricentro sezione $X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione $Y_G = 15,00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine
N° numero d'ordine
X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d Diametro ferro espresso in [mm]
ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	3,70	2,70	14	1,54
2	26,85	2,70	14	1,54
3	50,00	2,70	14	1,54
4	73,15	2,70	14	1,54
5	96,30	2,70	14	1,54
6	96,30	26,30	14	1,54
7	73,15	26,30	14	1,54
8	50,00	26,30	14	1,54
9	26,85	26,30	14	1,54
10	3,70	26,30	14	1,54
11	93,00	25,90	22	3,80
12	69,85	25,90	22	3,80
13	53,30	25,90	22	3,80
14	30,15	25,90	22	3,80
15	7,00	25,90	22	3,80

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	61

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _x	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	0,0000	-165,0900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-91,2100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
3	0,0000	-56,5300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
2	10,48	0,12	(9241,75; 30,00)	(-4807,51; 0,00)
3	10,48	0,12	(9241,75; 30,00)	(-4807,51; 0,00)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ _{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ _{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ _c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ _{c-max}	σ _{c-min}	τ _c	σ _{f-max}	σ _{f-min}
2	6,730	0,000	0,000	74,867	-154,395
3	4,171	0,000	0,000	46,401	-95,690

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{xu}	M _{yu}	FS
0,0000	0,0000	-247,1395	1,50

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	62

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _x	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S _{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _x	M _y	σ _f	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
2	0,0000	-44,5568	-75,423	-6,192	976,04	0,0647	96	0,1056
3	0,0000	-44,5568	-75,423	-6,192	976,04	0,0314	96	0,0512

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - SOLETTA

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	4,171	13,280	-7,855	3,099	-95,690	46,401	450,000	3
SLER	6,730	18,260	-12,674	3,099	-154,395	74,867	337,500	2

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - SOLETTA

TC	sf	sc	A _{eff}	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-75,423	-6,192	95,718	0,0314	95,944	0,051	0,200	3
SLER	-75,423	-6,192	95,718	0,0647	95,944	0,106	0,200	2

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	63

NOME: sbalzo

CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)

Rev. 10.1

DATI SEZIONE

b_w (m)	d (m)	θ (°)	$\cotg \theta$
1,00	0,27	45,00	1,00

$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$

AZIONI CALCOLO

N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
0,0	157,3	140,4

CALCESTRUZZO

f_{ck} (MPa)	f_{cd} (MPa)	γ_c
32,00	18,13	1,50

VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)

f_{yd} (MPa)	n	\emptyset (mm)	$A_{sl,\emptyset}$ (cm ²)	A_{sl} (cm ²)	F_{Rd} (kN)
391,3	5	14	1,54	7,70	301,2
	5	22	3,80	19,01	743,7

ΔF_{td} (kN)	F_{Ed} (kN)
78,7	656,4

F_{Rd} (kN)	F_{Ed}/F_{Rd}
1044,9	62,8%

VERIFICA OK

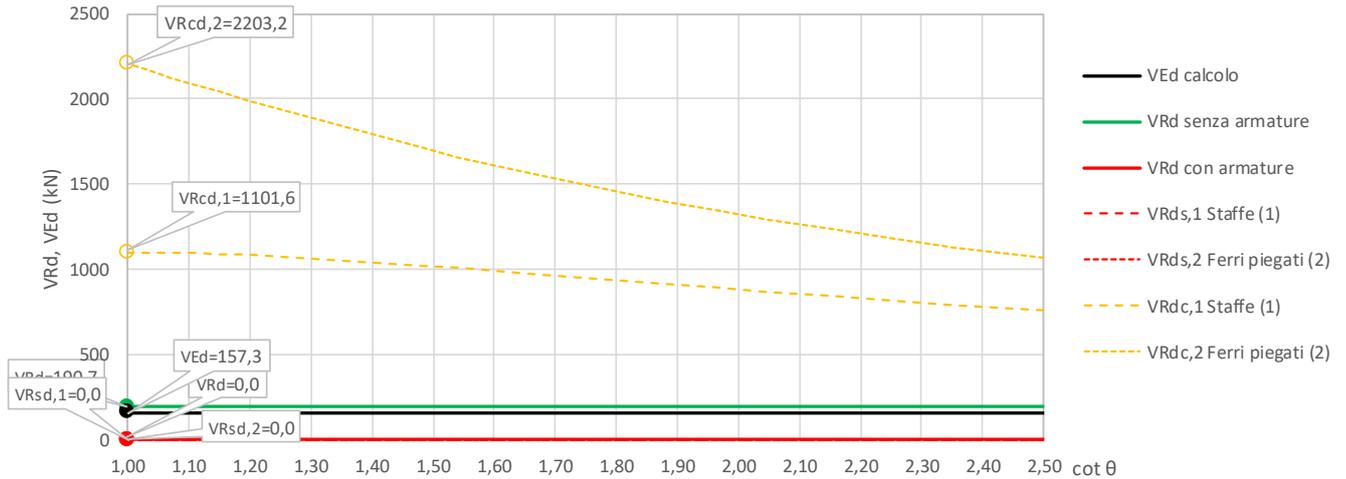
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)

A_{sl} (cm ²)	k_1	k	ρ_l (%) (%)	v_{min} (MPa)	σ_{cp} (MPa)	α_c
26,70	0,15	1,86	0,99%	0,50	0,00	1,00

V_{Rd} (kN)	V_{Ed}/V_{Rd}
190,7	82,5%

VERIFICA OK

Diagramma dei contributi di resistenza al taglio vs cot θ

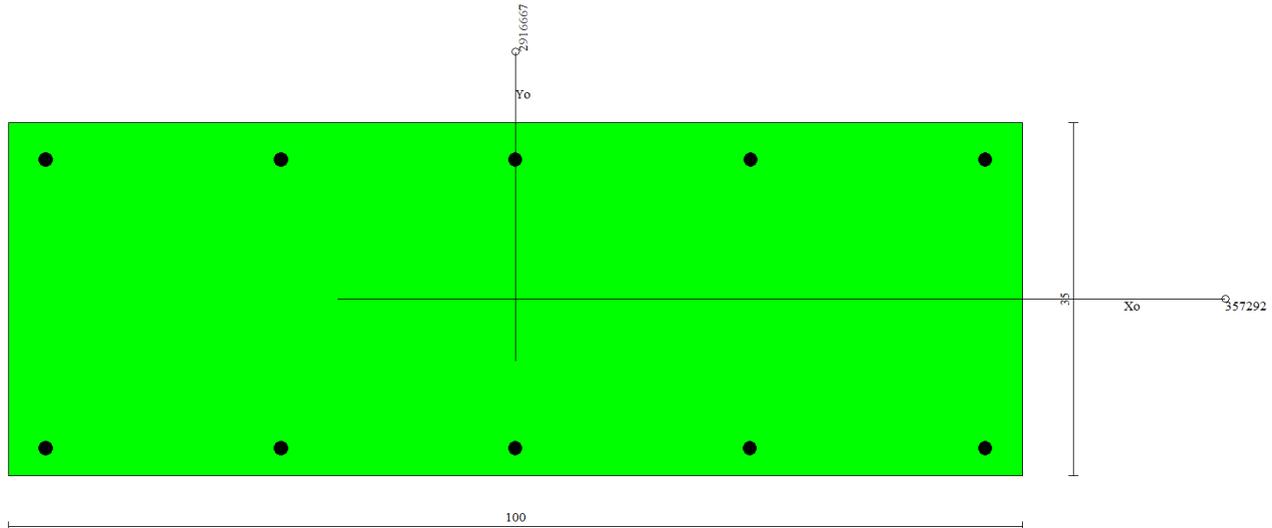


MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

10.6.2 Sezione campata 2

Nome sezione: SOLETTA sezione campata 2

Tipo sezione Rettangolare
Base 100,0 [cm]
Altezza 35,0 [cm]



Caratteristiche geometriche

Area sezione	3500,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	2916666,7	[cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	357291,7	[cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 17,50$	[cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine
N° numero d'ordine
X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d Diametro ferro espresso in [mm]
 ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	3,70	2,70	14	1,54
2	26,85	2,70	14	1,54
3	50,00	2,70	14	1,54
4	73,15	2,70	14	1,54
5	96,30	2,70	14	1,54
6	96,30	31,30	14	1,54
7	73,15	31,30	14	1,54
8	50,00	31,30	14	1,54
9	26,85	31,30	14	1,54
10	3,70	31,30	14	1,54

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	65

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sfuerzo normale espresso in [kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	46,6900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	27,8400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
3	0,0000	13,1400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
X _c	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(x _i ; y _i) - (x _f ; y _f)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X _c	α	(x _i ; y _i)	(x _f ; y _f)
2	7,10	0,00	(0,00; 27,90)	(100,00; 27,90)
3	7,10	0,00	(0,00; 27,90)	(100,00; 27,90)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ _{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ _{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ _c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ _{c-max}	σ _{c-min}	τ _c	σ _{f-max}	σ _{f-min}
2	2,282	0,000	0,000	16,380	-121,562
3	1,077	0,000	0,000	7,731	-57,375

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sfuerzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>93,8983</u>	2,01

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	66

σ_f Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cm²]
 ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
 S_{rm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
2	0,0000	50,7138	-221,439	-16,344	1320,00	0,0000	0	0,0000
3	0,0000	50,7138	-221,439	-16,344	1320,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC Tipo combinazione
scc tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb. Combinazione critica

Sezione n° 1 - SOLETTA

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	1,077	13,280	-4,235	3,099	-57,375	7,731	450,000	3
SLER	2,282	18,260	-8,972	3,099	-121,562	16,380	337,500	2

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC Tipo combinazione
sf tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc tensione nel cls espresso in [MPa]
Aeff Area efficace a trazione espresso in [cm²]
Esp Deformazione espressa in [‰]
sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb. Combinazione critica

Sezione n° 1 - SOLETTA

TC	sf	sc	Aeff	Exp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-221,439	-16,344	129,450	0,0000	0,000	0,000	0,200	3
SLER	-221,439	-16,344	129,450	0,0000	0,000	0,000	0,200	2

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	67

NOME: campataDE

CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)

Rev. 10.1

DATI SEZIONE

b_w (m)	d (m)	θ (°)	$\cotg \theta$
1,00	0,32	45,00	1,00

$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$

AZIONI CALCOLO

N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
0,0	116,7	13,6

CALCESTRUZZO

f_{ck} (MPa)	f_{cd} (MPa)	γ_c
32,00	18,13	1,50

VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)

f_{yd} (MPa)	n	\emptyset (mm)	$A_{sl,\emptyset}$ (cm ²)	A_{sl} (cm ²)	F_{Rd} (kN)
391,3	5	14	1,54	7,70	301,2
	0	0	0,00	0,00	0,0

ΔF_{td} (kN)	F_{Ed} (kN)
58,3	105,6

F_{Rd} (kN)	F_{Ed}/F_{Rd}
301,2	35,0%

VERIFICA OK

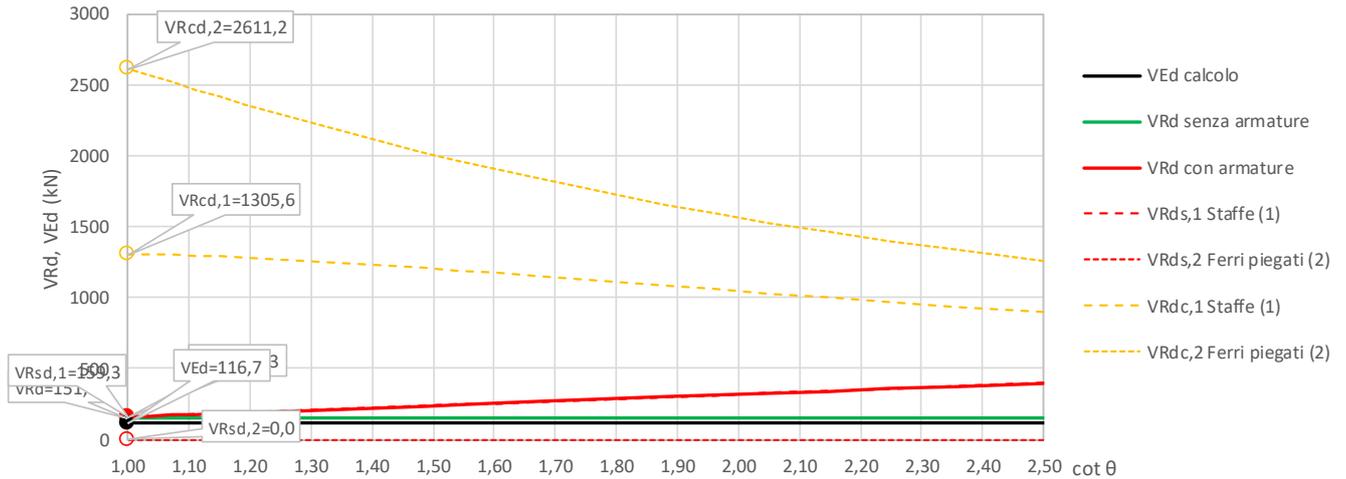
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)

A_{sl} (cm ²)	k_1	k	ρ_l (%)	v_{min} (MPa)	σ_{cp} (MPa)	α_c
7,70	0,15	1,79	0,24%	0,47	0,00	1,00

V_{Rd} (kN)	V_{Ed}/V_{Rd}
151,8	76,8%

VERIFICA OK

Diagramma dei contributi di resistenza al taglio vs cot θ



MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

11. ANALISI DEI CARICHI IMPALCATO

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi globale sulla struttura portante longitudinale dell'impalcato, ovvero la sezione costituita dalle travi in acciaio e la soletta collaborante.

Le azioni verticali sull'impalcato (carichi permanenti strutturali e non strutturali e azioni variabili) sono state determinate a partire dall'analisi trasversale svolta per le verifiche della soletta, tramite un modello ausiliario nel quale sono stati introdotti i valori caratteristici delle azioni da treno.

Dall'analisi dei carichi permanenti strutturali e non strutturali agenti sulla soletta si ricavano le reazioni in corrispondenza delle travi in acciaio. Queste sono state poi cambiate di segno ed applicate sulle travi di pertinenza sotto forma di carichi uniformemente distribuiti sul modello agli EF dell'impalcato.

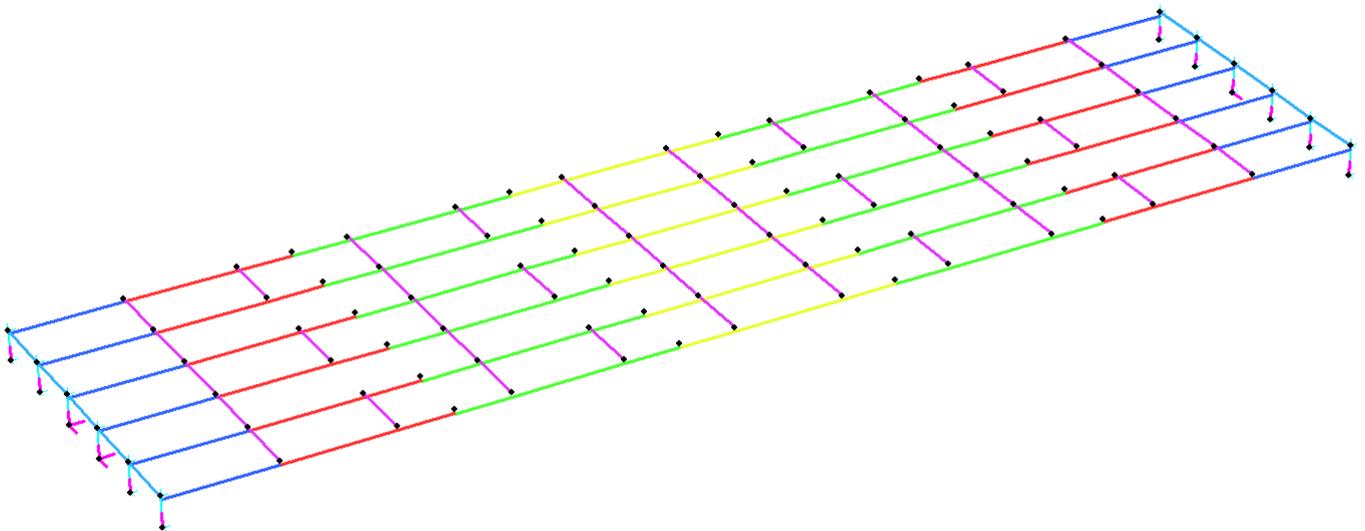


Figura 17 - Modello impalcato

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	69

11.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G₁)

Nome	γ _G (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
PP (cat. G ₁)	1.00 / 1.30	-	-	-
PP (ponti ferroviari)	1.00 / 1.35	-	-	-

$g_1 = 1909 \text{ kN}$ Peso proprio totale della carpenteria metallica (incidenza rispetto soletta 407 kg/mq)

Il peso delle travi di bordo e quelle interne è variabile, dal momento che si è tenuto conto delle proprietà dei singoli conci e dell'incidenza dei controventi su ciascuno di esse. Per ulteriori dettagli sulla valutazione dei pesi propri di travi e traversi si rimanda al §12.2.3.

Si noti che lo schema fa riferimento alla fase di varo dell'acciaio, con travi e traversi immediatamente prima del getto della soletta.

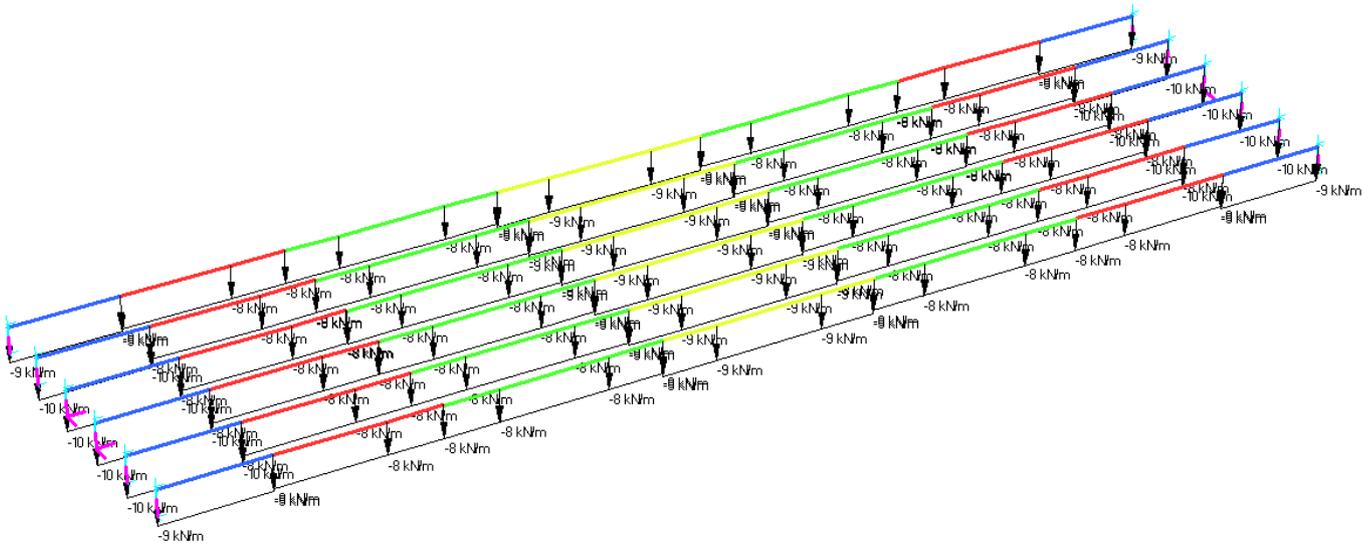


Figura 18 - Peso proprio travi

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	70

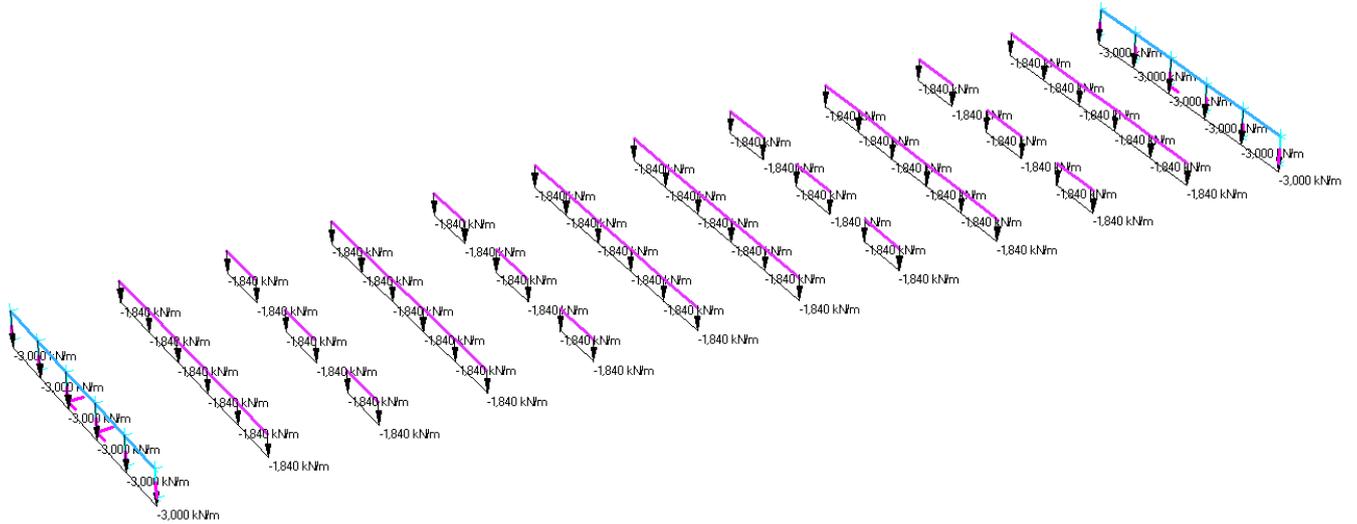


Figura 19 - Peso proprio traversi

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00		PROGR 004

11.1.1 Peso proprio soletta

Il peso proprio della soletta determina l'insorgenza delle seguenti reazioni sulle travi:

Nome	R ₁ [kN/m] (nodo 6)	R ₂ [kN/m] (nodo 11)	R ₃ [kN/m] (nodo 38)	R ₄ [kN/m] (nodo 39)	R ₅ [kN/m] (nodo 19)	R ₆ [kN/m] (nodo 24)
PP soletta	47	-6	22	22	-6	47

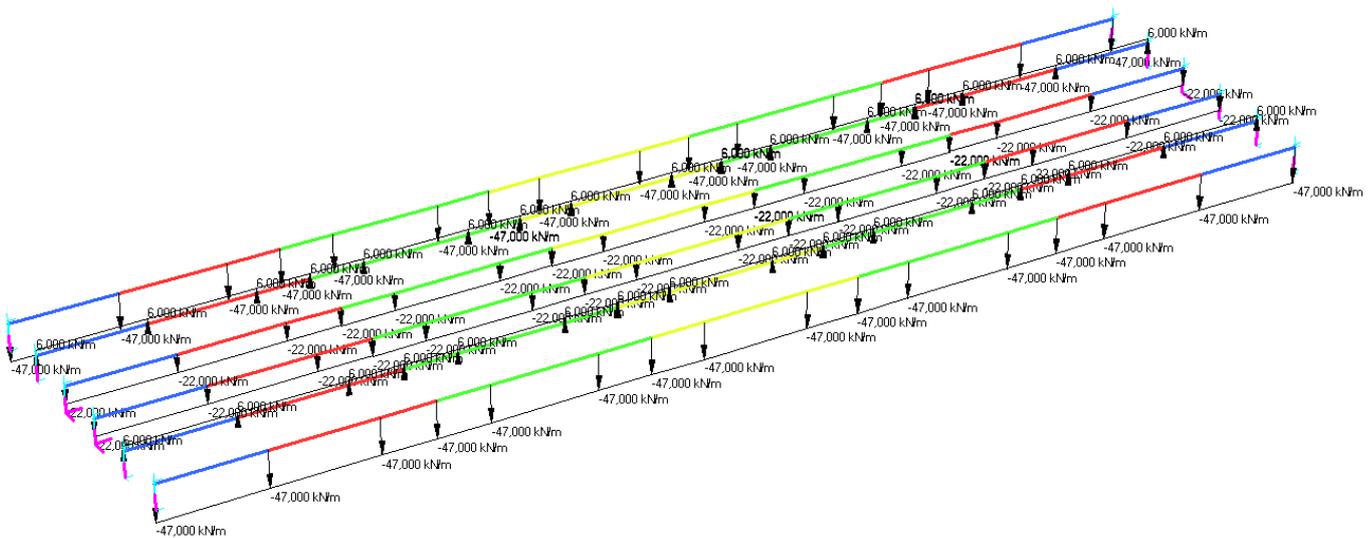


Figura 20 - Peso proprio soletta

11.1.2 Azione del vento in fase di varo acciaio

Durante la fase di varo dell'acciaio occorre tenere in conto la presenza eventuale di un carico da vento agente sull'altezza delle travi. Il calcolo di questa azione è stato condotto in accordo con le prescrizioni da normativa, alla stregua di quanto verrà riportato in seguito per il calcolo dell'azione totale sull'impalcato.

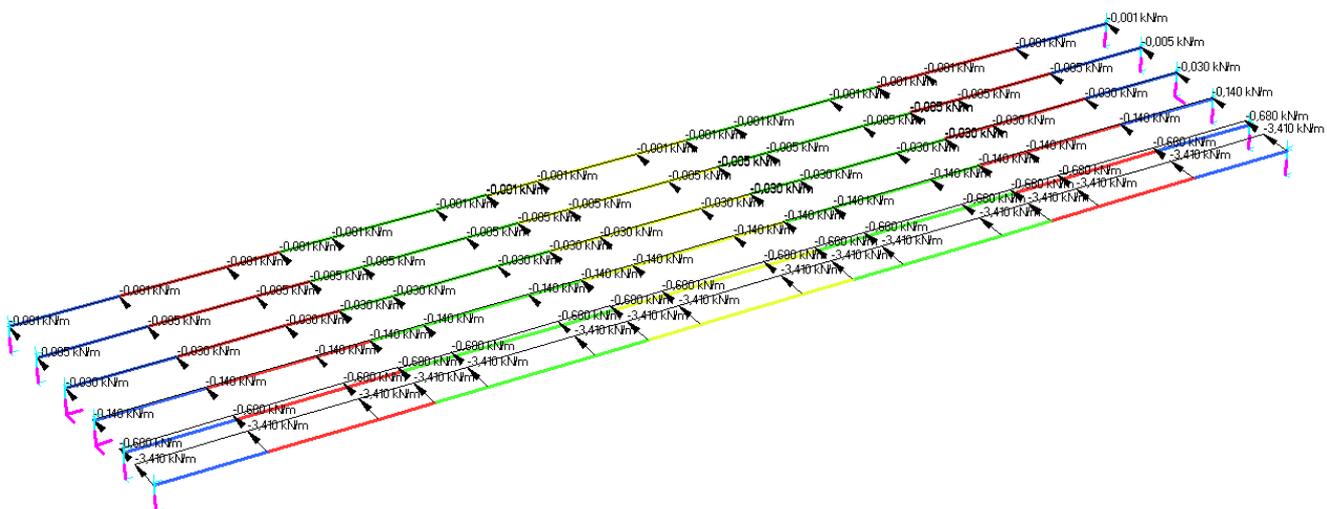


Figura 21 - Carico da vento sulle travi nella fase di varo

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	72

11.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G₂)

Nome	γ _G (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
PP (ponti ferroviari)	1.00 / 1.5	-	-	-

Le reazioni sulle travi in acciaio dovute ai carichi permanenti non strutturali e al ballast sono riassunte nella tabella seguente:

Nome	R ₁ [kN/m] (nodo 6)	R ₂ [kN/m] (nodo 11)	R ₃ [kN/m] (nodo 38)	R ₄ [kN/m] (nodo 39)	R ₅ [kN/m] (nodo 19)	R ₆ [kN/m] (nodo 24)
Ballast	9	31	26	26	31	9
Permanenti non strutturali						
Velette	18	-15	3	3	-15	18
Arredi	30	-13	5	5	-13	30
Barriere	44	-31	7	7	-31	44

Si noti che i valori suddetti sono riferiti al metro lineare, essendo stati calcolati su una sezione di soletta larga 1m. Inoltre, la voce riferita agli arredi è comprensiva delle reazioni ai carichi di cordolo, massetto, parapetto, muretto paraballast e FPP, ed anche del peso dei grigliati per ispezione, aggiunti nella misura di 1.00 kN/m per le travi di bordo e di 2.00 kN/m per le travi interne.

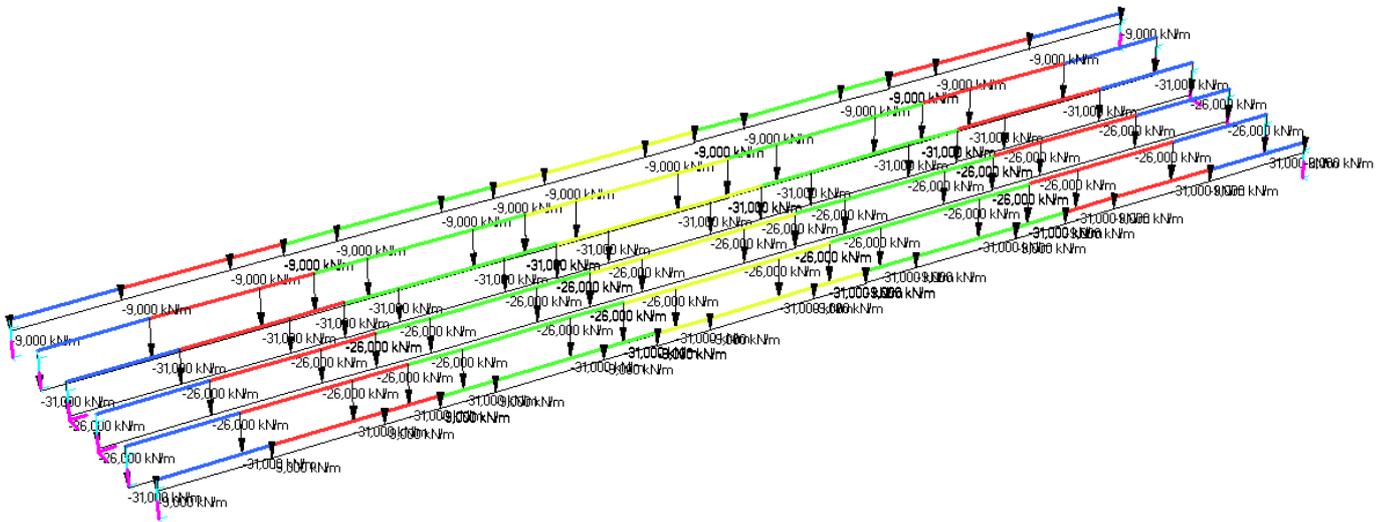


Figura 22 - Peso ballast

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	73

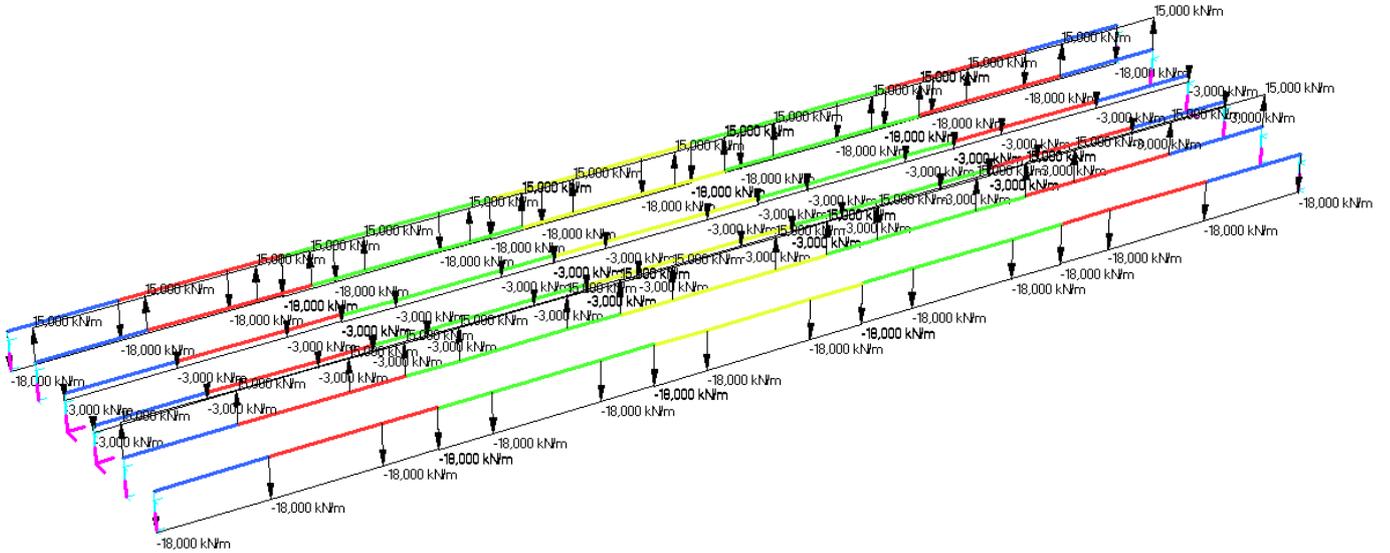


Figura 23 - Peso velette

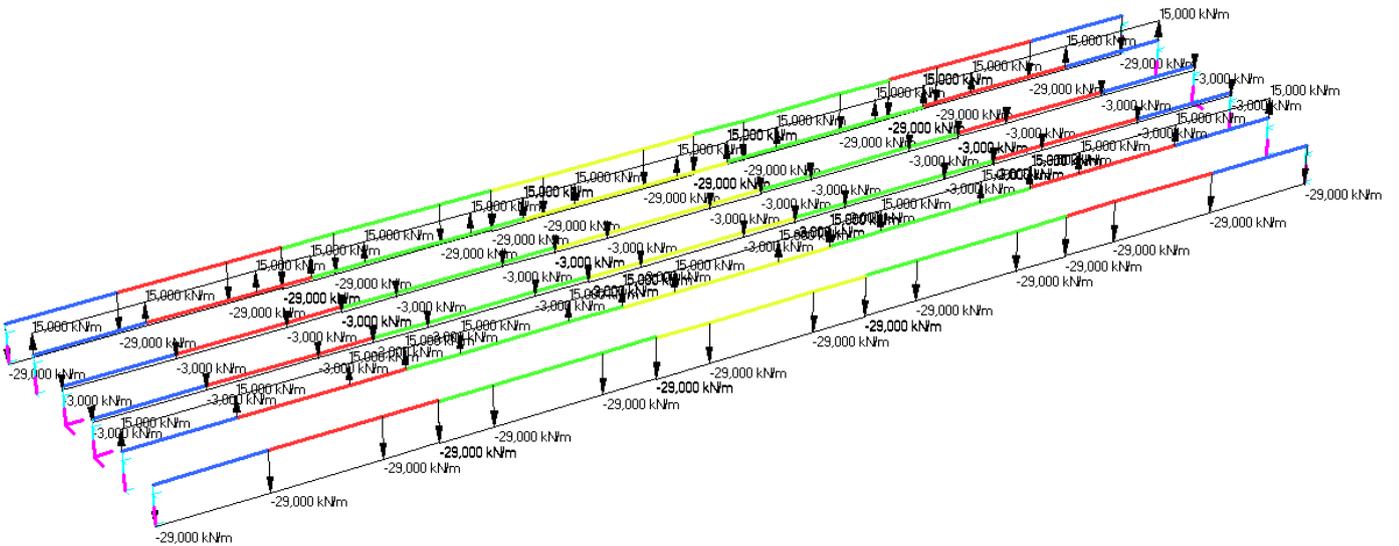


Figura 24 - Peso arredi

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	74

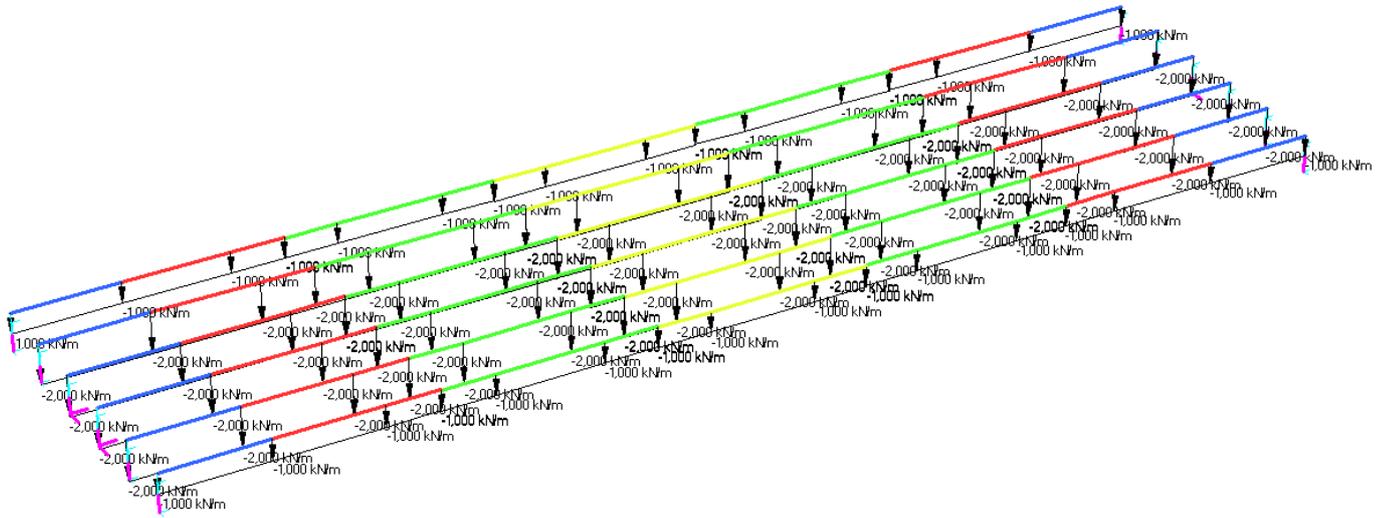


Figura 25 - Peso grigliato metallico

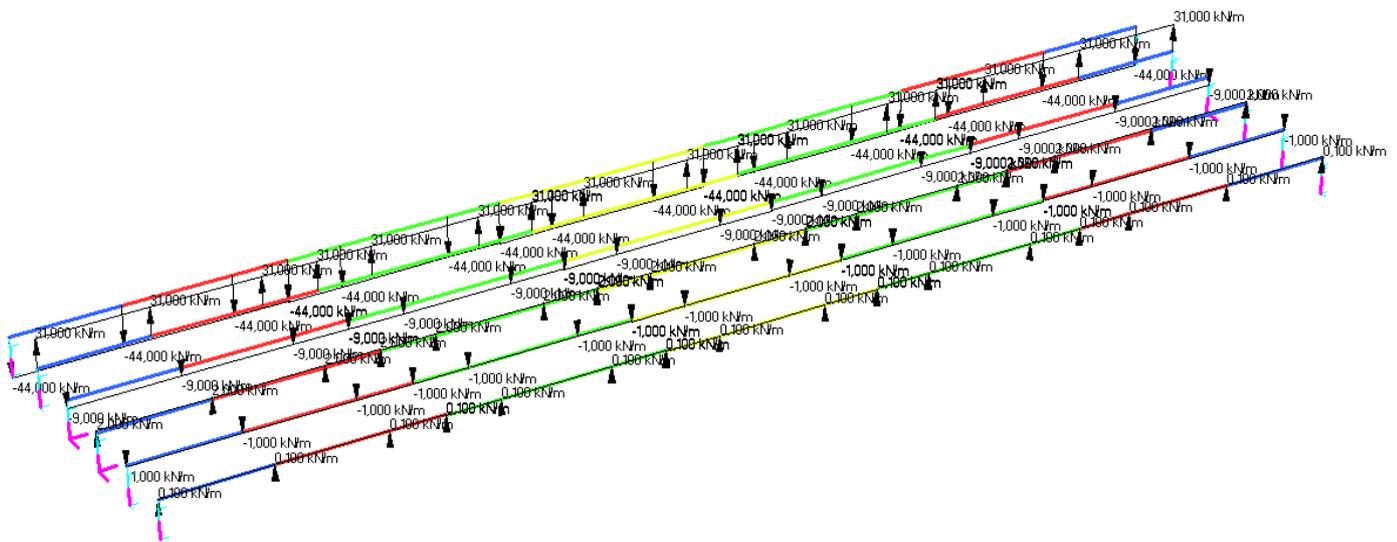


Figura 26 - Peso di una barriera antirumore sulla trave di bordo

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	75

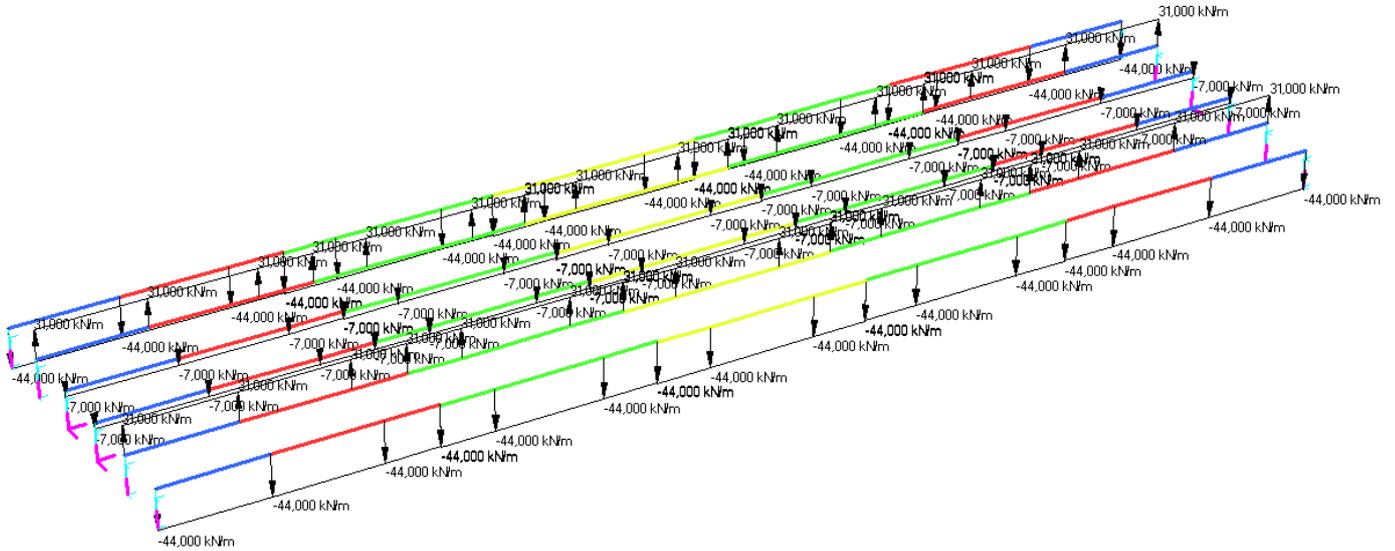


Figura 27 - Peso di due barriere antirumore

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	76

11.3 CARICHI VERTICALI DA TRENO

Le azioni verticali dovute al passaggio dei convogli sull'impalcato sono da definirsi secondo quanto riportato al par §8.4.2 della presente relazione. Tuttavia, nell'ambito dell'analisi longitudinale dei carichi, il valore del coefficiente dinamico ϕ_3 da adottarsi nell'amplificazione dei carichi da treno differirà da quello precedentemente calcolato, dovendo in questo caso considerarsi una lunghezza L_ϕ in funzione della luce degli elementi considerati.

In particolare si ha:

- Travi principali $L_\phi = L = 33$ m

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.12$$

- Traversi $L_\phi = L = 3.4$ m

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 2$$

Si riportano le reazioni delle travi ai carichi q_{vk} e Q_{vk} (considerati con i loro valori caratteristici) relativi ai treni di carico LM71 ed SW/2:

Nome	R ₁ [kN/m] (nodo 6)	R ₂ [kN/m] (nodo 11)	R ₃ [kN/m] (nodo 38)	R ₄ [kN/m] (nodo 39)	R ₅ [kN/m] (nodo 19)	R ₆ [kN/m] (nodo 24)
$q_{vk,1}$ (LM71)	2,72	45,29	33,92	-2,11	0,53	-0,08
$q_{vk,2}$ (LM71)	4,01	48,46	26,15	-1,72	0,43	-0,07
$Q_{vk,1}$ (LM71)	5,31	88,45	66,25	-4,12	1,04	-0,16
$Q_{vk,2}$ (LM71)	8,08	98,15	53,32	-3,51	0,88	-0,13
q_{vk} (SW/2)	6,42	89,57	57,4	-3,66	0,92	-0,14

Si noti che i valori suddetti sono riferiti al metro lineare, essendo stati calcolati su una sezione di soletta larga 1m. I pedici 1,2 per i carichi riferiti allo schema LM71 fanno riferimento alla diversa configurazione del carico ripartito in ragione dell'aver considerato l'eccentricità rispettivamente a destra o a sinistra dell'asse del binario.

In ragione dell'analisi longitudinale dell'impalcato, i treni di carico sono stati assunti come:

- SW/2 viaggiante sul binario 1;
- LM71 viaggiante sul binario 2, con eccentricità verso l'interno.

Le azioni ottenute dalla precedente tabella sono state moltiplicate per il coefficiente di amplificazione dinamica e per il coefficiente di adattamento pertinente.

Di seguito si riporta, in via esemplificativa, lo schema di carico associato alla condizione di massimo momento flettente positivo in mezzera della trave.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	77

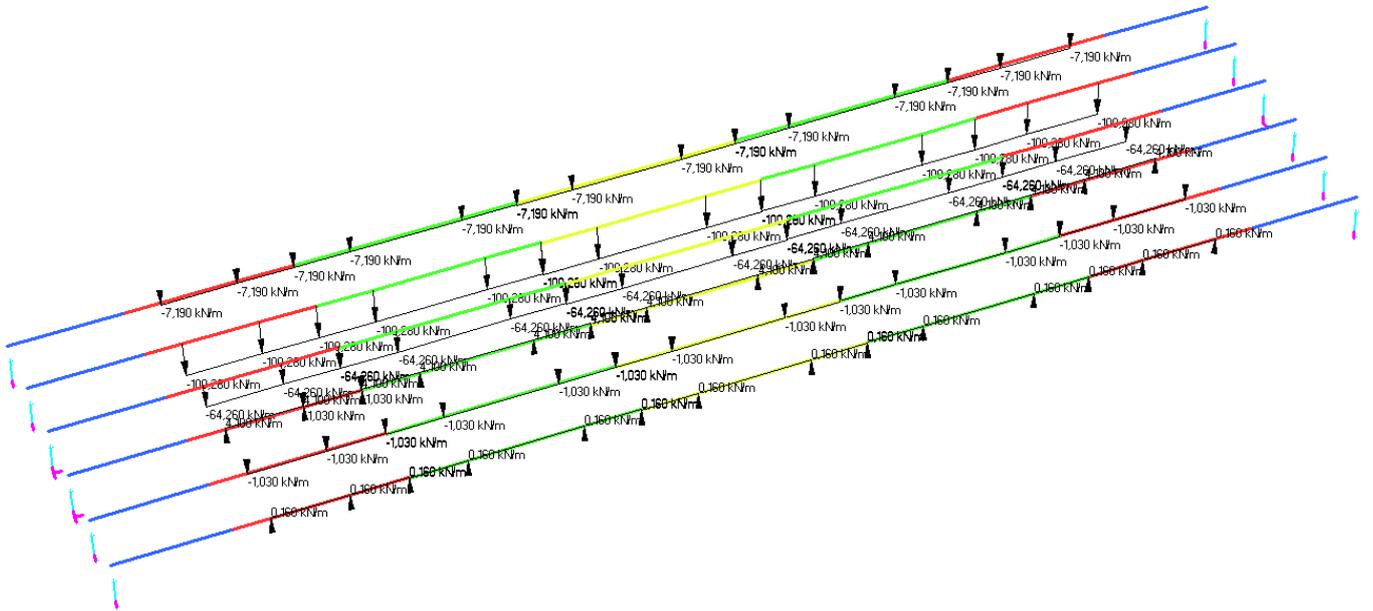


Figura 28 - Azioni sulle travi dovute al passaggio del treno SW/2 sul binario 1

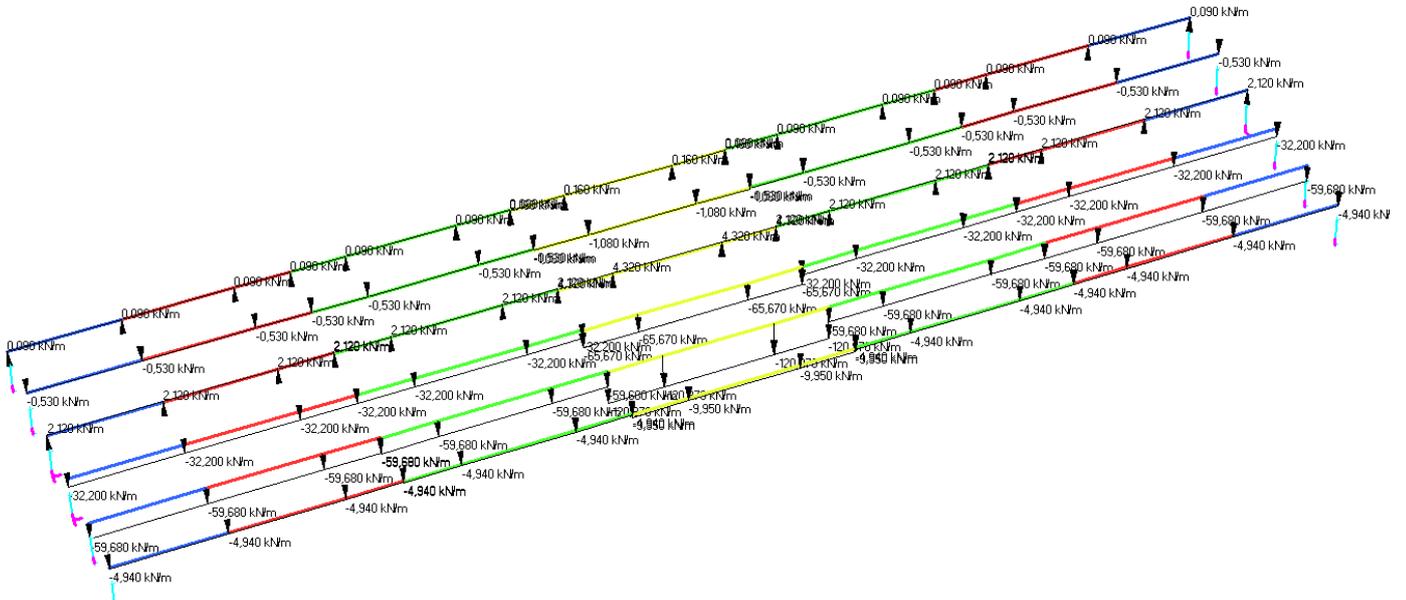


Figura 29 - Azioni sulle travi dovute al passaggio del treno LM71 sul binario 2

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	78

11.3.1 Verifiche a fatica

Con riferimento al MdP, il coefficiente di incremento dinamico ϕ 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_ϕ rappresenta la lunghezza caratteristica in metri, come definita in §2.5.1.4.2.5.3:

- travi principali ($L = 33.00\text{m}$) $L_\phi = L = 33.00\text{m}$ $\Phi_3 = 1.08$
- traversi ($L = 1.70\text{m}$) $L_\phi = 2*L = 3.40\text{m}$ $\Phi_3 = 1.67$

Di seguito si riportano, in via esemplificativa, gli schemi di carico associati alla condizione di massimo momento flettente positivo in mezzzeria della trave, per sovraccarico teorico di calcolo del ponte (LM71) su singolo binario e su doppio binario.

Le azioni applicate sono state moltiplicate per il coefficiente di amplificazione dinamica e per il coefficiente di adattamento pertinenti.

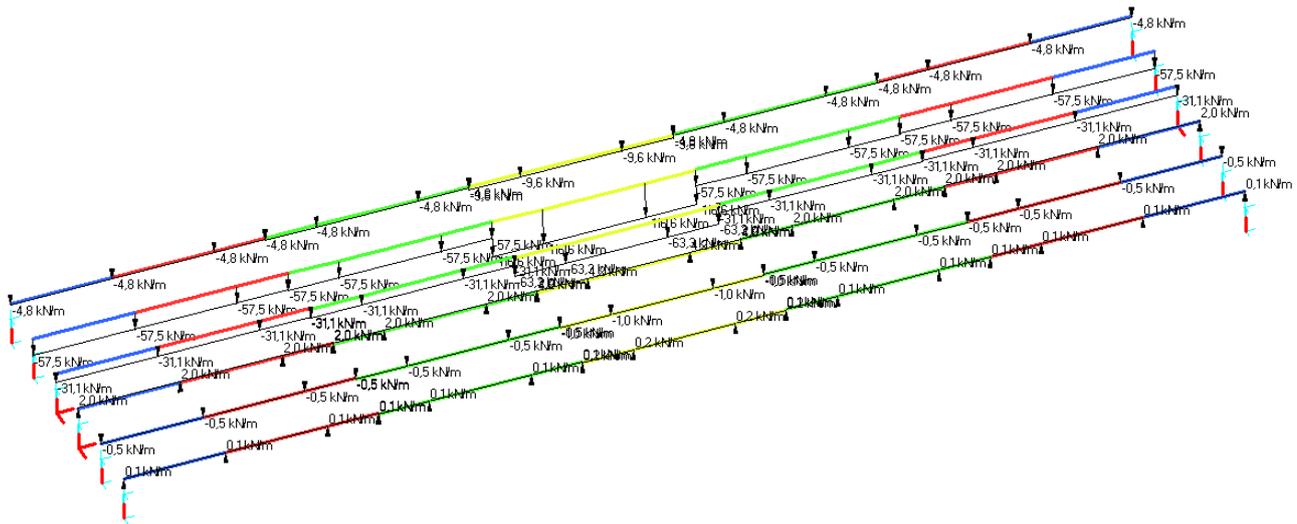


Figura 30 - Azioni sulle travi dovute al passaggio del treno di carico LM71 sul binario 1 – Mmax travi

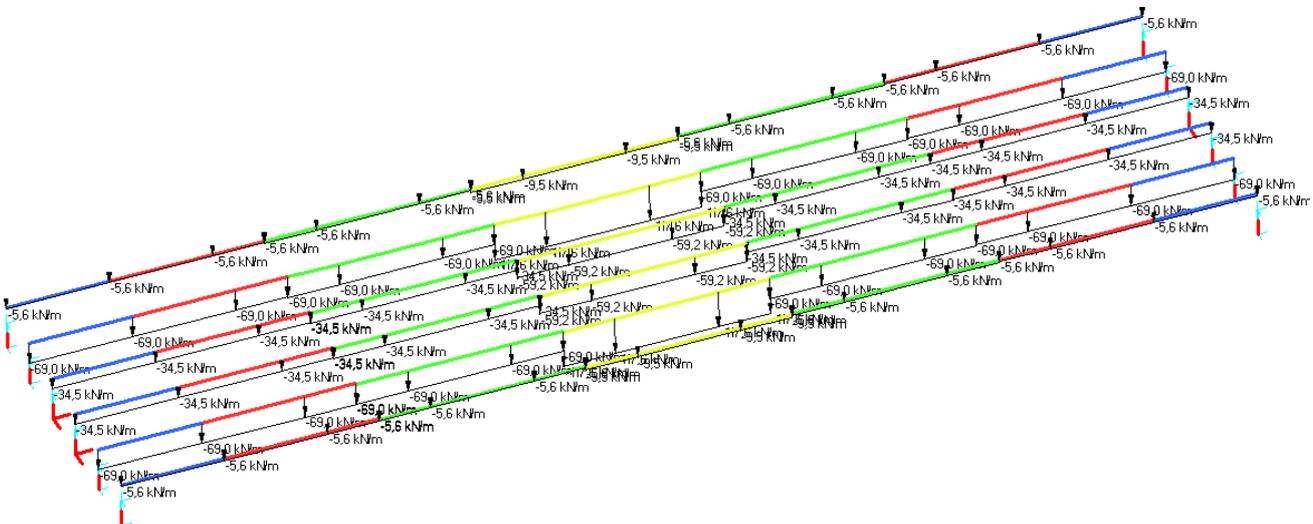


Figura 31 - Azioni sulle travi dovute al passaggio del treno di carico LM71 sui binari 1 e 2 – Mmax travi

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	79

11.4 DERAGLIAMENTO

Le azioni eccezionali dovute al deragliamento sono da definirsi secondo quanto riportato nelle NTC 2008. Le reazioni sulle travi dovute a tali carichi sono riportate nella tabella seguente. Esse sono state applicate sulle travi del modello longitudinale dell'impalcato cambiate di segno.

Nome	R ₁ [kN/m] (nodo 6)	R ₂ [kN/m] (nodo 11)	R ₃ [kN/m] (nodo 38)	R ₄ [kN/m] (nodo 39)	R ₅ [kN/m] (nodo 19)	R ₆ [kN/m] (nodo 24)
Q _{vk,ecc,1}	59,01	66,91	-7,48	1,97	-0,49	0,07
Q _{vk,ecc,2}	102,11	12,79	-3,66	0,97	-0,24	0,04

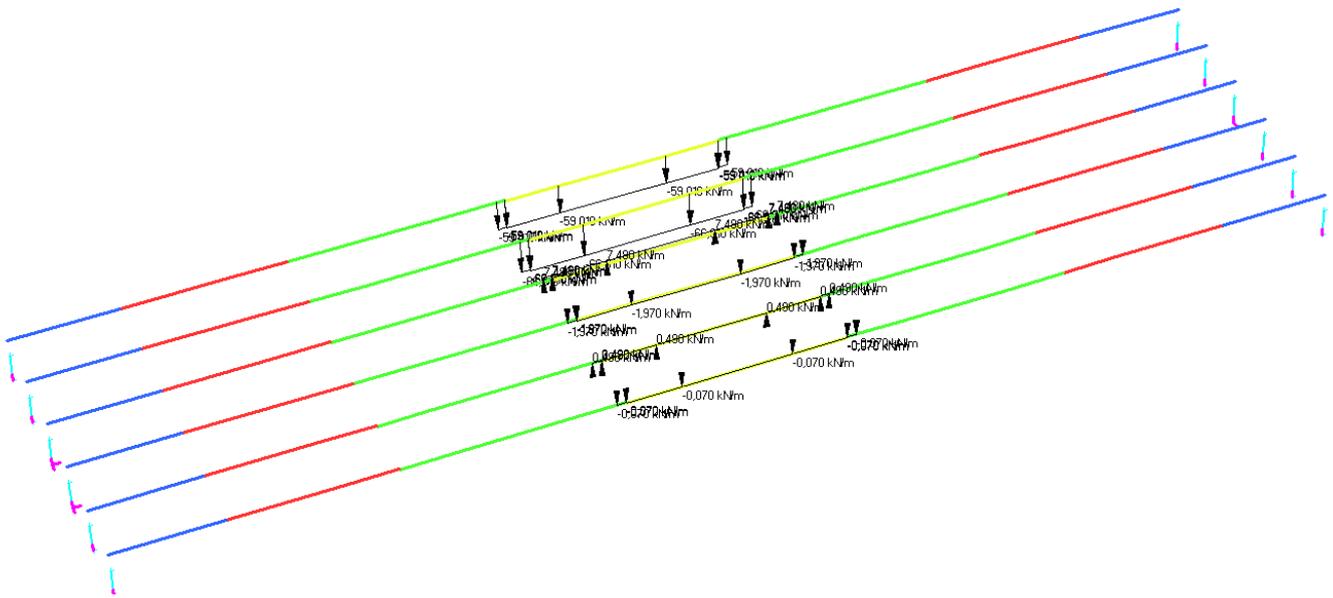


Figura 32 - Azioni associate al carico qvk,1

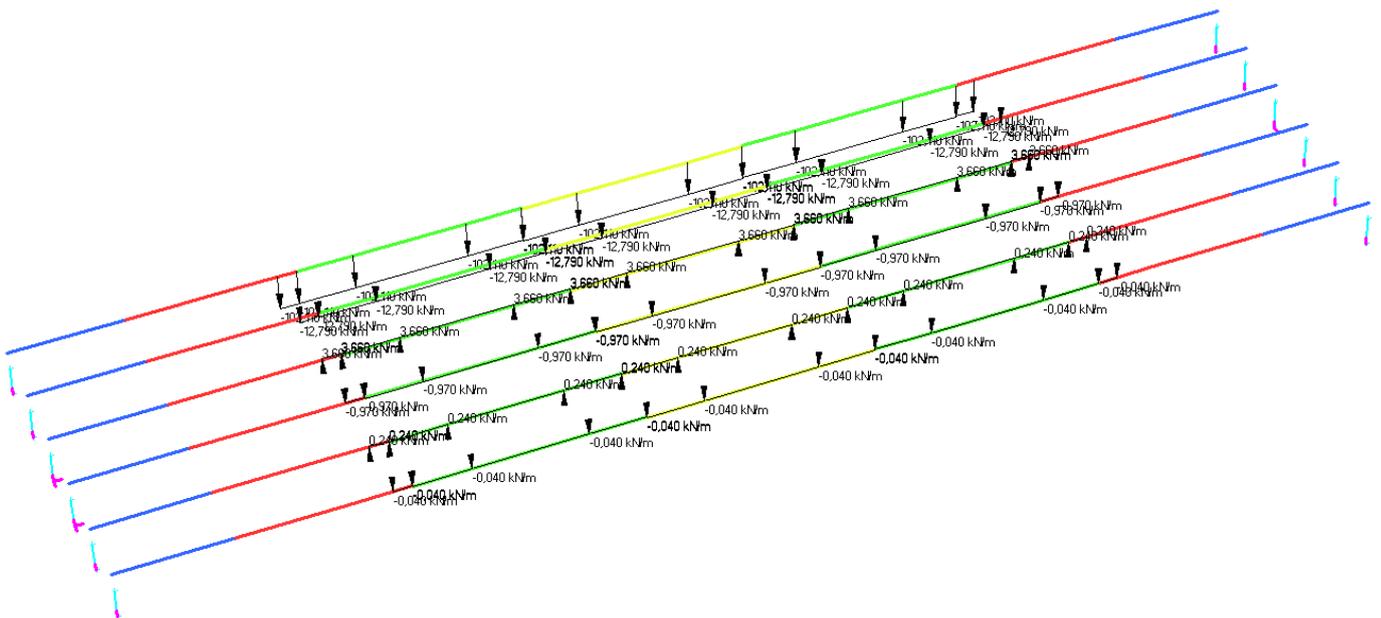


Figura 33 - Azioni associate al carico qvk,2

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	80

11.5 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI (Q)

11.5.1 Forza centrifuga (Q₄)

Nome	Tipo	γ _Q (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
CENTRIFUGA	Variabili da traffico ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

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 ² + ² SW/0)	Φ x 1 x 1 x (LM71 ² + ² SW/0)
		120	α	1	α x 1 x (LM71 ² + ² SW/0)	Φ x α x 1 x (LM71 ² + ² SW/0)
	≤ 120	V	α	1	α x 1 x (LM71 ² + ² SW/0)	

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	81

NOME: IMPALCATO L=35 m				CALCOLO FORZA CENTRIFUGA				Rev. 00
DATI DEL PROGETTO								
V (km/h)	200	Velocità di progetto					Distanza quota applicazione centrifuga - Htrave/2	3,95
R (m)	2200	Raggio di curvatura						
L _f (m)	35,00	Lunghezza di binario carico						
TRENO LM71 e SW/0				TRENO SW/2				
Q _{vk} (kN)	250,0			q _{vk} (kN/m)	150,0	Carichi verticali ferroviari caratteristico		
Caso 1		Caso 2		Caso 1				
V (km/h)	200	120		V (km/h)	100	Velocità di progetto		
α (-)	1,00	1,10		α (-)	1,00	Coefficiente di adattamento		
f (-)	0,668	1,000		f (-)	1,00	Fattore di riduzione		
Q _{tk} (kN)	23,91	14,17						
Q _{4,c} (kN)	23,9			q _{4,c} (kN/m)	5,4	Forza centrifuga caratt. trasversale		
M _{4,c} (kNm)	94,4			M _{4,c} (kNm)	21,2	Momento torcente forza centrifuga caratt.		
Nota: i valori iniziale di Q _{vk} sono caratteristici verticali (non amplificati per α o per Φ)								

I momenti applicati alle travi sono stati ottenuti moltiplicando il valore della componente trasversale della forza centrifuga per l'eccentricità tra la quota di applicazione dell'azione trasversale e metà dell'altezza della trave, alla cui quota è posto il piano di modellazione del modello FEM realizzato per l'analisi dell'impalcato. Si noti che il valore dei carichi così ottenuti sono stati ripartiti sulle 6 travi in modo tale che l'azione applicata al modello sia equivalente a quella calcolata.

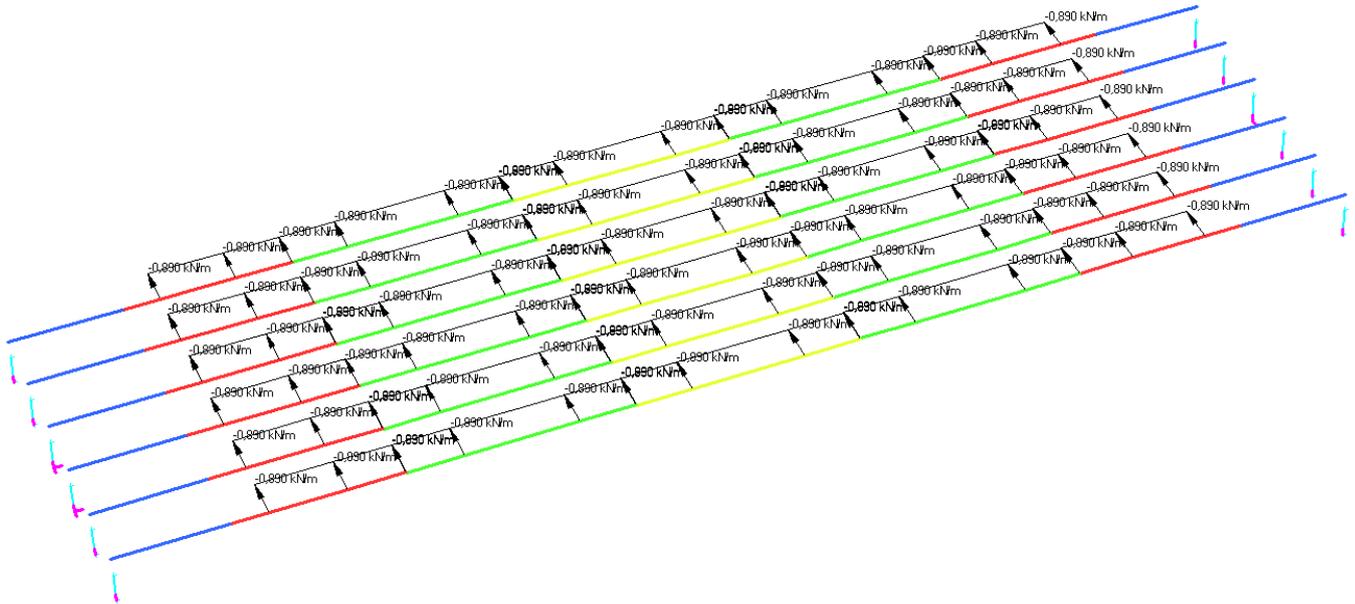


Figura 34 - Componente trasversale della forza centrifuga agente sull'impalcato - Carico SW/2

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	82

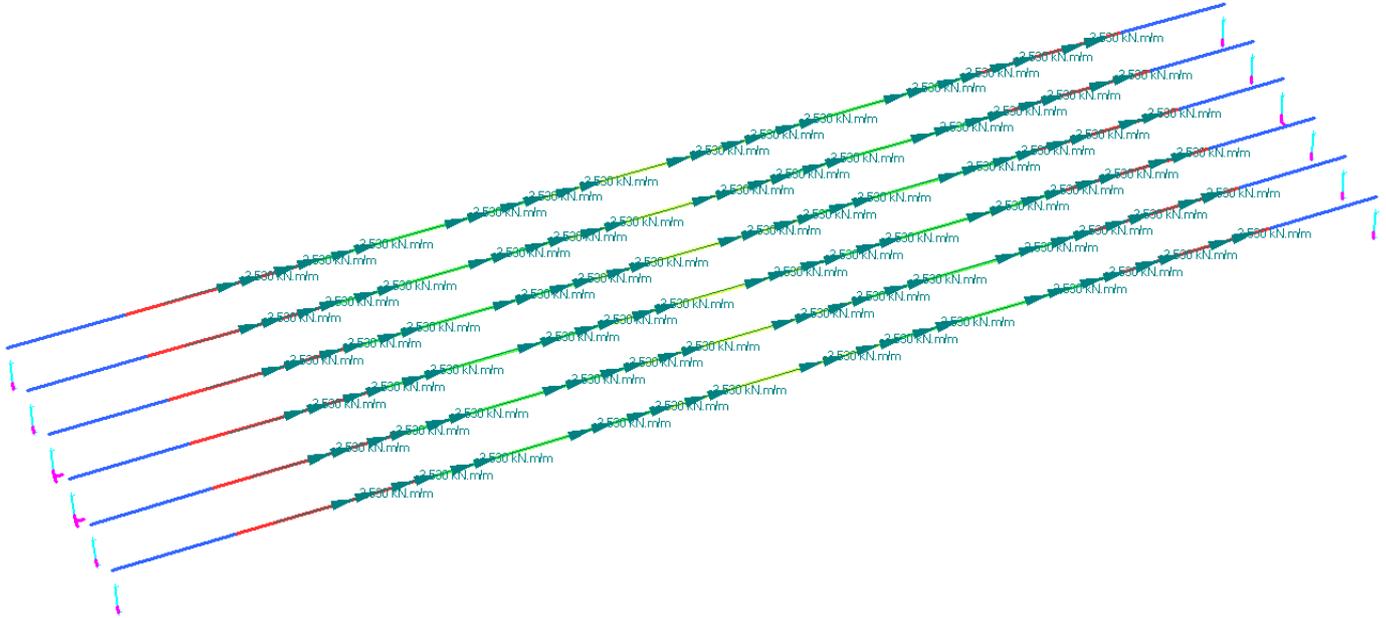


Figura 35 - Momento dovuto all'eccentricità dell'azione centrifuga - Carico SW/2

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

11.5.2 Azione laterale serpeggio (Q_5)

Nome	Tipo	γ_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
SERPEGGIO	Variabili da traffico ferroviario	0.0 / 1.45	0.80	0.50	0.00

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 agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario, del valore di 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per il coefficiente di adattamento α .

NOME: IMPALCATO L=35 m		CALCOLO FORZA SERPEGGIO		Rev. 00
Q_{sk} (kN)	100,0	Azione caratteristica di serpeggio	Distanza PF/Htrave/2	2,15
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2		
α (-)	1,10	α (-)	1,00	
$Q_{5,s}$ (kN)	110,0	$Q_{5,s}$ (kN)	100,0	Forza serpeggio caratt. trasversale
$M_{5,s}$ (kNm)	236,50	$M_{5,s}$ (kNm)	215,00	Momento torcente forza serpeggio caratt.

Secondo quanto prescritto dalla norma, la forza di serpeggio deve essere sempre combinata con i carichi verticali. I valori ottenuti in tabella per i carichi concentrati sono stati distribuiti su una lunghezza pari a quella del binario caricato con LM71 e SW/2 rispettivamente. Tenuto inoltre conto che il serpeggio viene applicato alla sommità della rotaia, l'eccentricità tra la quota di applicazione del carico e metà altezza trave comporta l'insorgenza di un momento che è stato tenuto in conto in fase di modellazione.

Si noti che il valore dei carichi così ottenuti sono stati ripartiti sulle 6 travi in modo tale che l'azione applicata al modello sia equivalente a quella calcolata.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	84

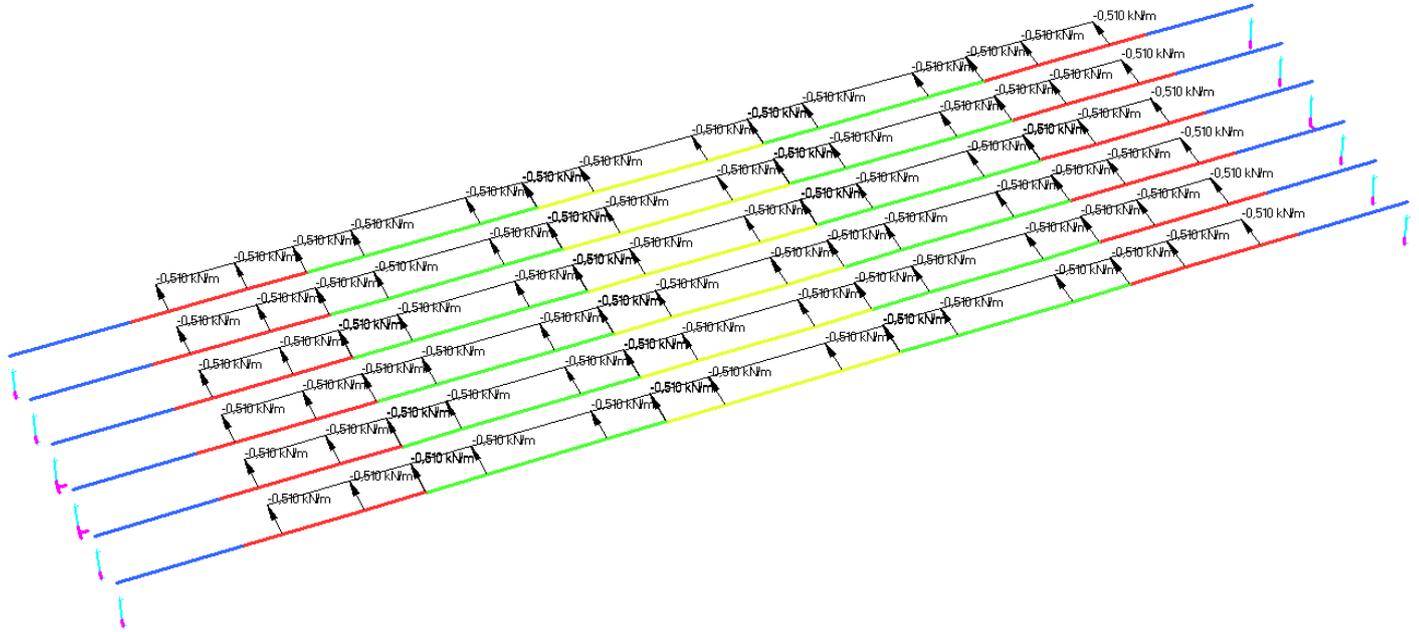


Figura 36 - Componente trasversale del serpeggio - Carico SW/2

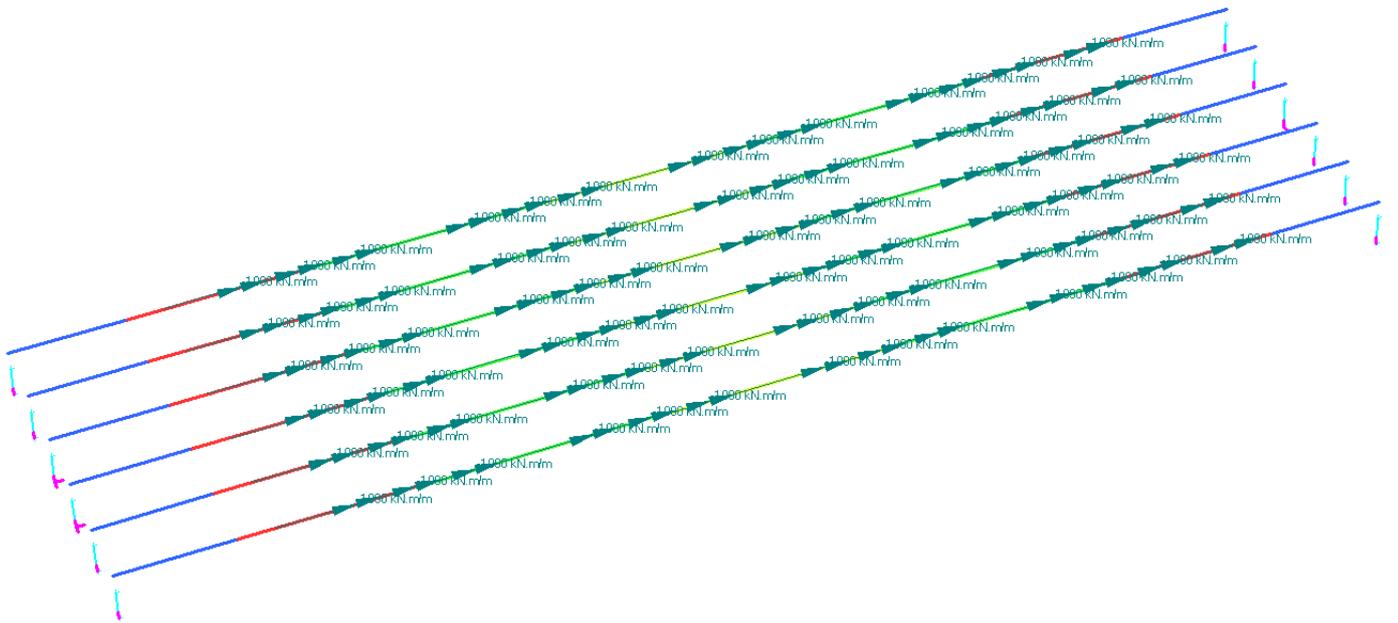


Figura 37 - Momento dovuto all'eccentricità del carico da serpeggio - Carico SW/2

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	85

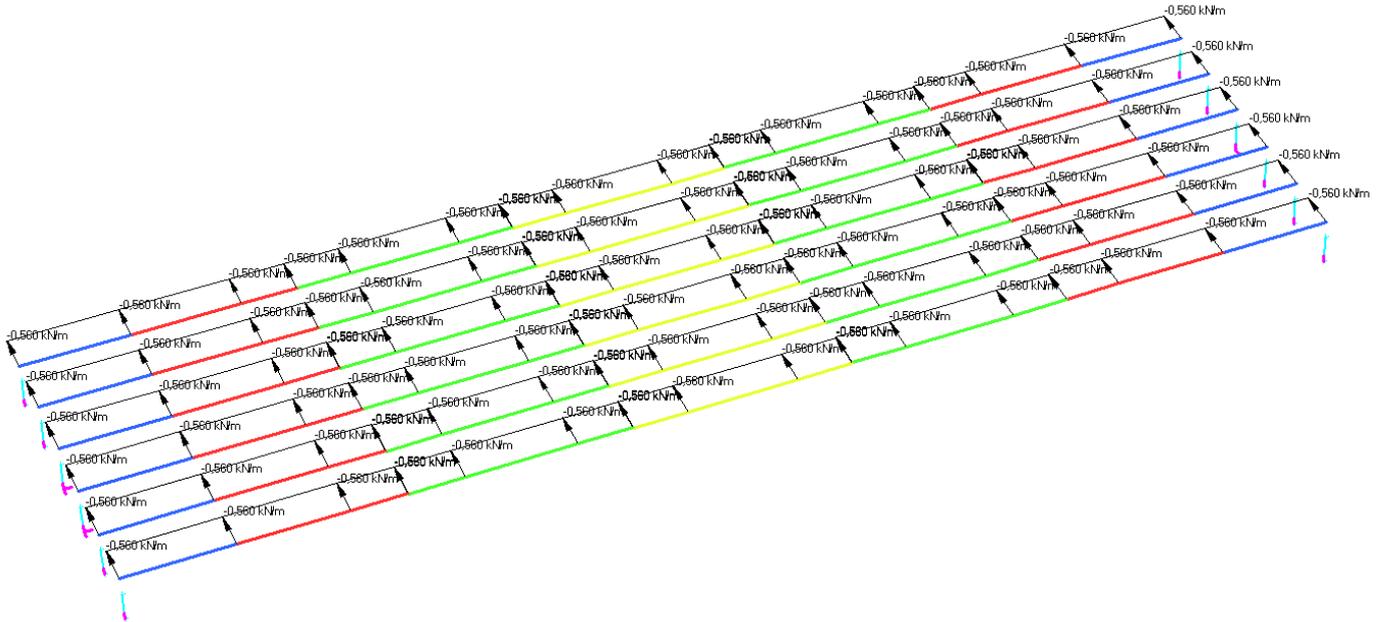


Figura 38 - Componente trasversale del serpeggio - Carico LM71

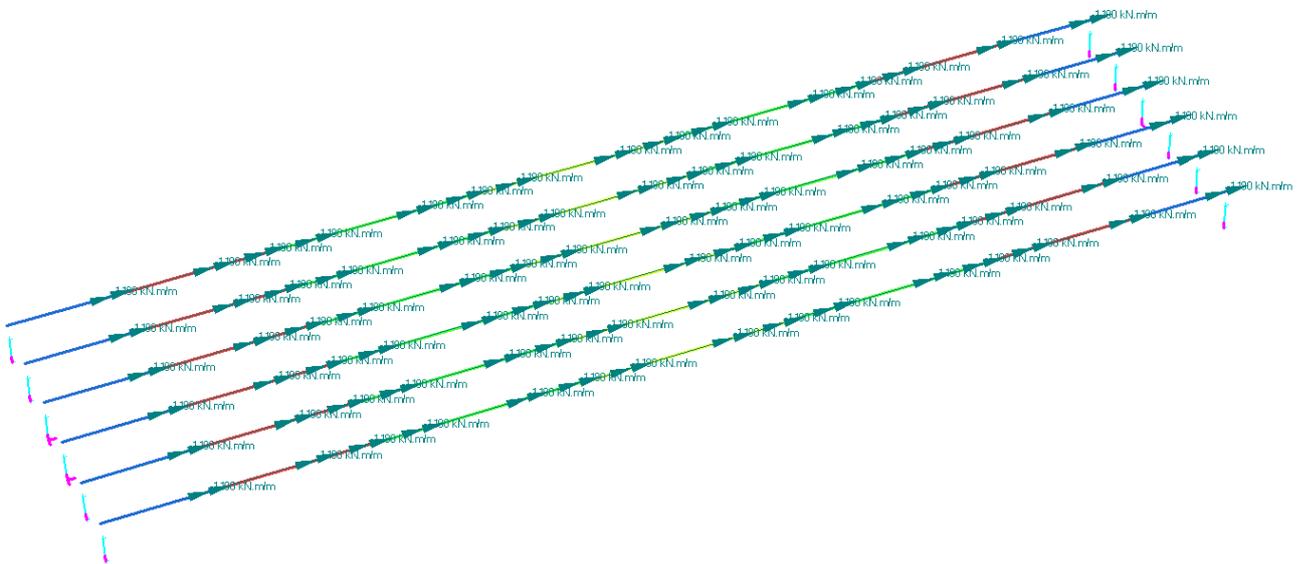


Figura 39 - Momento dovuto all'eccentricità del carico trasversale da serpeggio - Carico LM71

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	86

11.5.1 Azioni di avviamento e frenatura (Q₃)

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.

Nome	Tipo	γ_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
TRAFFICO LM71	Carichi da traffico	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00
TRAFFICO SW/2	ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

I valori caratteristici da considerare, da moltiplicare per i coefficienti di adattamento α , sono:

Avviamento

$Q_{3a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN}$ modelli di carico LM71, SW/0, SW/2

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

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) si può avere:

NOME: IMPALCATO L=35 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA		Rev. 00
L calcolo (m)	33,00	Lunghezza tra appoggi	Distanza PF/Htrave/2	2,15
L (m)	35,00	Lunghezza di binario carico		
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2		
α (-)	1,10	α (-)	1,00	
$Q_{3,f}$ (kN)	770,0	$Q_{3,f}$ (kN)	1225,0	Forza frenatura caratt. longitudinale
$V_{3,f}$ (kNm)	50,2	$V_{3,f}$ (kNm)	79,8	Forza frenatura caratt. verticale
$Q_{3,a}$ (kN)	1100,0	$Q_{3,a}$ (kN)	1000,0	Forza avviamento caratt. longitudinale
$V_{3,a}$ (kNm)	71,7	$V_{3,a}$ (kNm)	65,2	Forza avviamento caratt. verticale

Le azioni da avviamento e frenatura sono state applicate alle travi del modello agli EF di impalcato sotto forma di carichi uniformemente distribuiti. In particolare, il valore caratteristico dell'azione, moltiplicato per l'opportuno coefficiente di adattamento, è stato diviso per 6, trattandosi di azioni assiali.

Inoltre, per tenere conto dell'eccentricità dell'azione rispetto a metà altezza della sezione corrente (livello del piano di modellazione del graticcio di impalcato), un momento distribuito è stato applicato a ciascuna delle travi di impalcato, ottenuto come prodotto delle suddette azioni assiali per l'eccentricità.

Nell'ambito dell'analisi, per massimizzare lo stato di sollecitazione nell'impalcato, si è scelto di applicare avviamento e frenatura nello stesso verso.

In via esemplificativa si riportano di seguito gli schemi di carico per l'azione di frenatura associati al treno di carico SW/2.

Si noti infine che le azioni considerate sono state:

- Frenatura per modello di carico SW/2

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	87

- Avviamento per modello di carico LM71

$$f_{avv} = 33 \text{ [kN/m]} * 1.1 / 6 = 6.05 \text{ kN/m}$$

$$m_{avv} = f_{avv} * e = 6.05 \text{ kN/m} * 2.15 \text{ m} = 13.01 \text{ kNm/m}$$

$$f_{fren} = 35 \text{ [kN/m]} * 1 / 6 = 5.83 \text{ kN/m}$$

$$m_{fren} = f_{fren} * e = 5.83 \text{ [kN/m]} * 2.15 = 12.54 \text{ kNm/m}$$

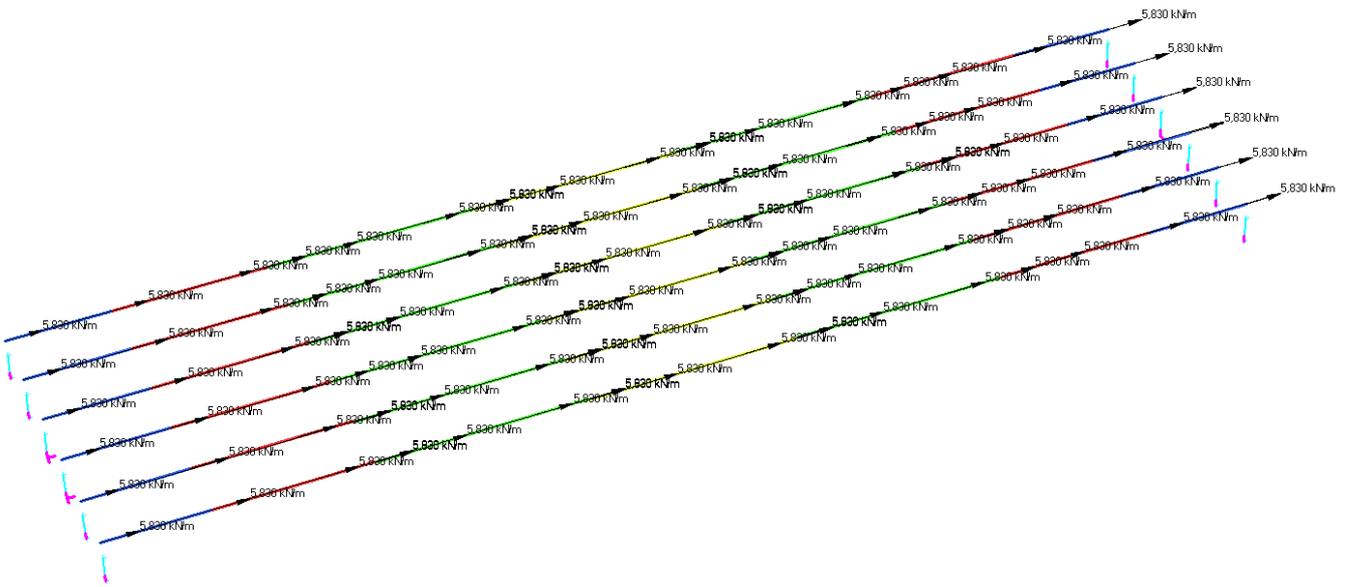


Figura 40 - Carico assiale uniformemente distribuito dovuto a frenatura SW/2

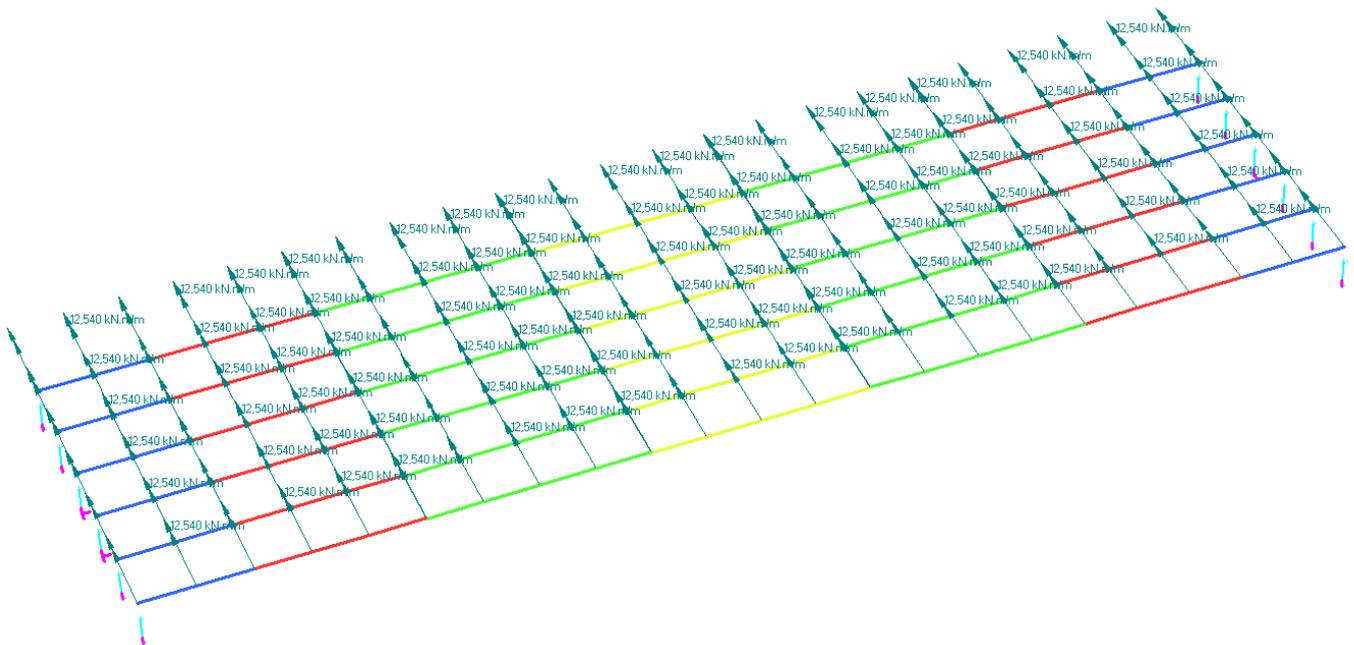


Figura 41 - Momento distribuito applicato alle singole travi dovuto all'eccentricità del carico da frenatura SW/2

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

11.6 AZIONE DEL VENTO (Q₆)

Nome	Tipo	Y _Q (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ 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 raccomandazioni CNR DT207 R1/2008, l'azione del vento 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:

$$c_e(z) = k_f^2 \cdot c_i(z) \cdot \ln(z/z_0) (7 + c_i(z) \cdot \ln(z/z_0)) \quad Z \geq Z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad Z < Z_{min}$$

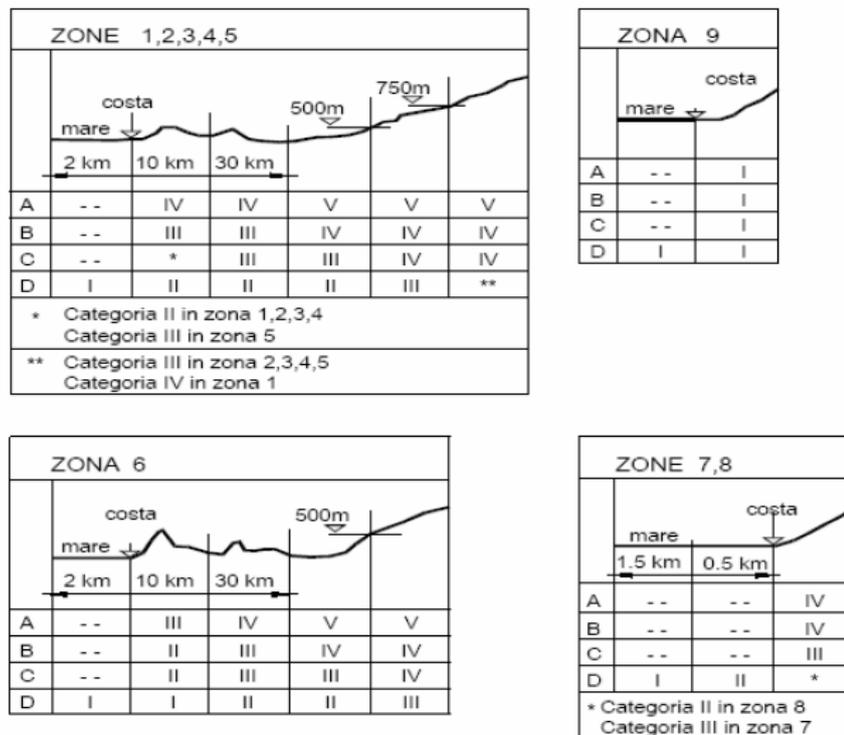


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_z	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 16 - Criterio di assegnazione della categoria di esposizione per le diverse zone italiane

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 17 - Classi di rugosità del terreno

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

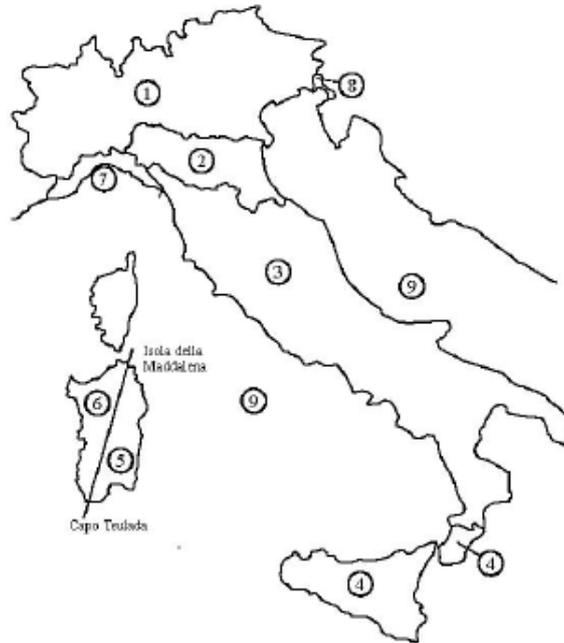


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 42 - Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di riferimento

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 18 - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 e k_s per le diverse zone italiane

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004	REV C

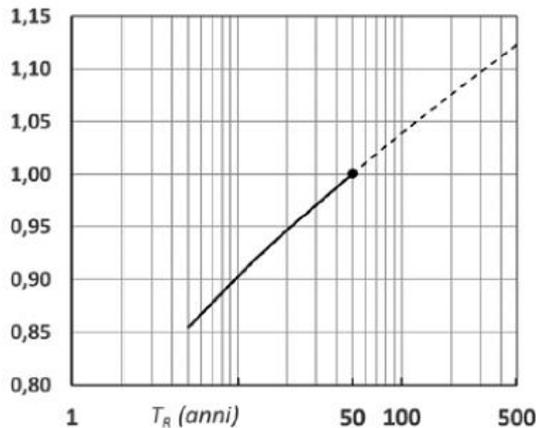


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente α_R in funzione del periodo di ritorno T_R (asse in scala logaritmica),

Figura 43 - Diagramma del coefficiente di ritorno α_r in funzione del periodo di ritorno T_R

NOME: IMPALCATO 35m		CALCOLO AZIONE VENTO IMPALCATO NTC08		Rev. 00
PARAMETRI VENTO DI PROGETTO		DATI GEOMETRICI IMPALCATO		
Zona	3 (Tab.3.I)	h_{tot} (m)	7,50	Altezza impalcato
$v_{b,0}$ (m/s)	27,00 Velocità base liv. mare (Tab.3.I)	d (m)	13,70	Larghezza impalcato
c_a	1,00 Coeff. altitudine	d/h_{tot}	1,83	(§G.10.3)
v_b (m/s)	27,00 Velocità base riferimento vento	z (m)	20,00	Altezza dal suolo impalcato
T_R (anni)	75 Tempo ritorno vento	c_e	2,81	Coeff. esposizione
c_r	1,037 Coeff. tempo ritorno	ρ (kg/m ³)	1,25	Massa specifica aria
v_r (m/s)	27,00 Velocità riferimento vento	q_b (Pa)	456	Pressione cinetica di riferimento (N/m ²)
k_a	0,02 Fattore altitudine (Tab.3.I)	ϕ	1,00	
a_s (m s.l.m.)	20 Altitudine sito	c_p	1,40	
a_0 (m s.l.m.)	500 Altitudine base (Tab.3.I)	c_d	1,00	
Categoria	2 (Tab. 3.II - 3.III)	p_c (kN/m ²)	1,79	Pressione del vento
k_r	0,19 Fattore terreno (Tab.3.II)			
z_{min} (m)	4,00 Altezza minima (Tab.3.II)			
z_0 (m)	0,05 Altezza rugosità (Tab.3.II)			
c_t	1,00 Coeff. topografico			

Dunque, il vento esercita una pressione su tutti gli elementi costituenti la superficie esposta sopravento di:
 $p_c = 1.79 \text{ kN/m}^2$ (ponte carico)

Essendo l'impalcato costituito da 6 travi affiancate, è necessario considerare una pressione agente sulla superficie laterale delle travi sottovento dovuta alla depressione che si instaura, secondo quanto indicato nella Circolare Ministeriale del 02/02/2009 al par. C3.3.10.4.2 "Travi multiple". In accordo con quanto riportato nel decreto, essendo le travi disposte parallelamente a una distanza d inferiore al doppio dell'altezza h , il valore della pressione sulla trave adiacente successiva è pari a quello che insiste sulla precedente moltiplicato per un coefficiente riduttivo μ , con:

$$\mu = 1 - 1.2\Phi \quad \text{con } \Phi \leq \frac{2}{3}$$

$$\mu = 0.2 \quad \text{altrimenti}$$

La norma prescrive inoltre che:

- Per $d/h \geq 5$ gli elementi vengano considerati come isolati;
- Per $2 < d/h < 5$ si proceda all'interpolazione lineare.

Nel caso in esame risulta:

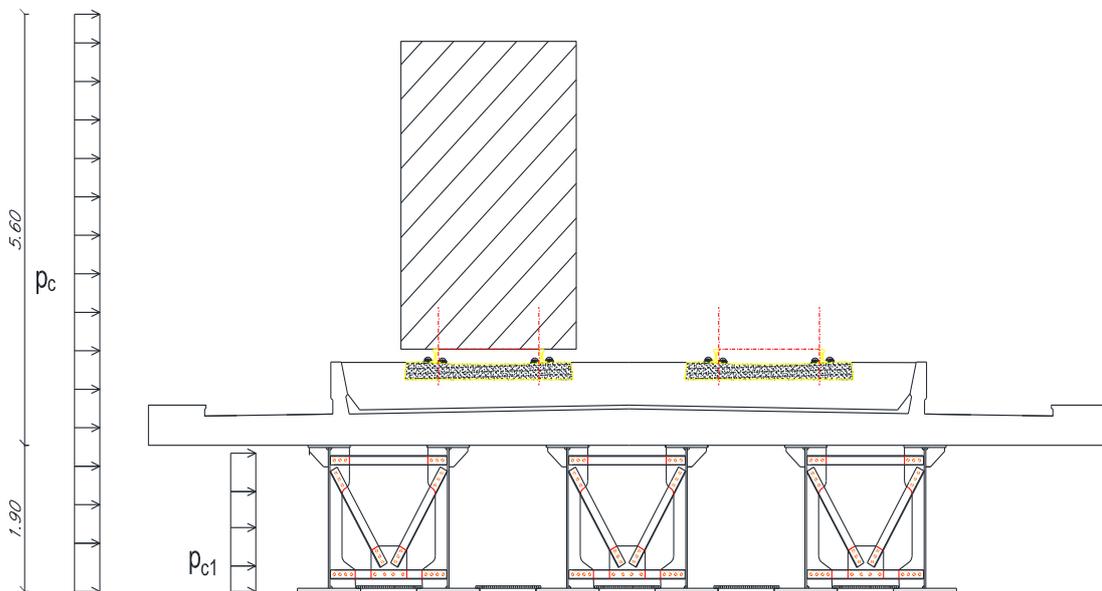
$$i = 1.70 \text{ m (interasse travi)}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

$h = 1.90 \text{ m}$ (altezza travi)
 $i/h = 0.9 < 2$
pertanto si pone $\mu = 0.2$.

Conseguentemente, restano individuati i seguenti valori di pressione in corrispondenza di ciascuna delle travi di impalcato:

Nome	p_{c1} [kN/m ²]	p_{c2} [kN/m ²]	p_{c3} [kN/m ²]	p_{c4} [kN/m ²]	p_{c5} [kN/m ²]	p_{c6} [kN/m ²]
Pressione vento	0.001	0.003	0.014	0.07	0.36	1.79



Determinati i valori della pressione in corrispondenza di ciascuna trave, la forza orizzontale risultante, agente nel baricentro della trave, è ottenuta moltiplicando i suddetti valori per l'altezza dell'elemento $h=1.90\text{m}$, ottenendo:

Nome	F_1 [kN/m]	F_2 [kN/m]	F_3 [kN/m]	F_4 [kN/m]	F_5 [kN/m]	F_6 [kN/m]
F trave	0.001	0.01	0.03	0.14	0.68	3.41

Oltre alle componenti orizzontali dell'azione, su ciascuna trave insistono anche un momento torcente e una forza verticale distribuiti e dovuti alla pressione che il vento esercita sul treno e/o sulle barriere antirumore. Supponendo dunque la presenza di queste ultime, si valutano:

$$H = p_c * 5.60\text{m} = 10.04 \text{ kN/m}$$

$$M_t = H * (5.60\text{m}/2) = 28.10 \text{ kNm/m}$$

La forza H che si calcola agente sulla barriera viene ripartita per il numero di travi e applicata sulle stesse sotto forma di un carico distribuito, andandosi dunque a sommare ai valori sopra esposti, risultando in un carico totale pari a:

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	93

Nome	F ₁ [kN/m]	F ₂ [kN/m]	F ₃ [kN/m]	F ₄ [kN/m]	F ₅ [kN/m]	F ₆ [kN/m]
F vento	1,67	1,68	1,70	1,81	2,35	5,08

Il momento torcente genera sull'impalcato delle forze verticali che vengono calcolate con il metodo di Courbon, per cui l'azione verticale in corrispondenza della i-esima trave è data da:

$$V_i = \frac{(x_i M_t)}{\sum_j x_j^2}$$

Indicando x_i la distanza della i-esima trave dall'asse di simmetria dell'impalcato.

Sulla base di tali considerazioni, si ottiene:

Nome	V ₁ [kN/m]	V ₂ [kN/m]	V ₃ [kN/m]	V ₄ [kN/m]	V ₅ [kN/m]	V ₆ [kN/m]
V vento	-2.36	-1.42	-0.47	0.47	1.42	2.36

Infine, considerando H come agente in corrispondenza dell'estradosso delle travi, l'eccentricità rispetto al baricentro delle stesse determina l'insorgenza di un'ulteriore azione torcente, il cui valore questa volta è da considerarsi come ripartito equamente sulle stesse. Precisamente risulta:

$$M_{t2} = H * (1.90m - y_G) = H * (1.9m/2) = 9.54 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ti} = M_{t2} / 6 = 1.59 \text{ kNm/m}$$

Nome	M _{t1} [kNm/m]	M _{t2} [kNm/m]	M _{t3} [kNm/m]	M _{t4} [kNm/m]	M _{t5} [kNm/m]	M _{t6} [kNm/m]
M _t vento	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59

I valori delle azioni riassunti nelle precedenti tabelle sono da intendersi applicati in corrispondenza del piano di modellazione.

Nell'ambito dell'analisi longitudinale dell'impalcato non si tiene conto dell'azione aerodinamica dovuta al traffico ferroviario, trattandosi di un'azione di tipo locale.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	94

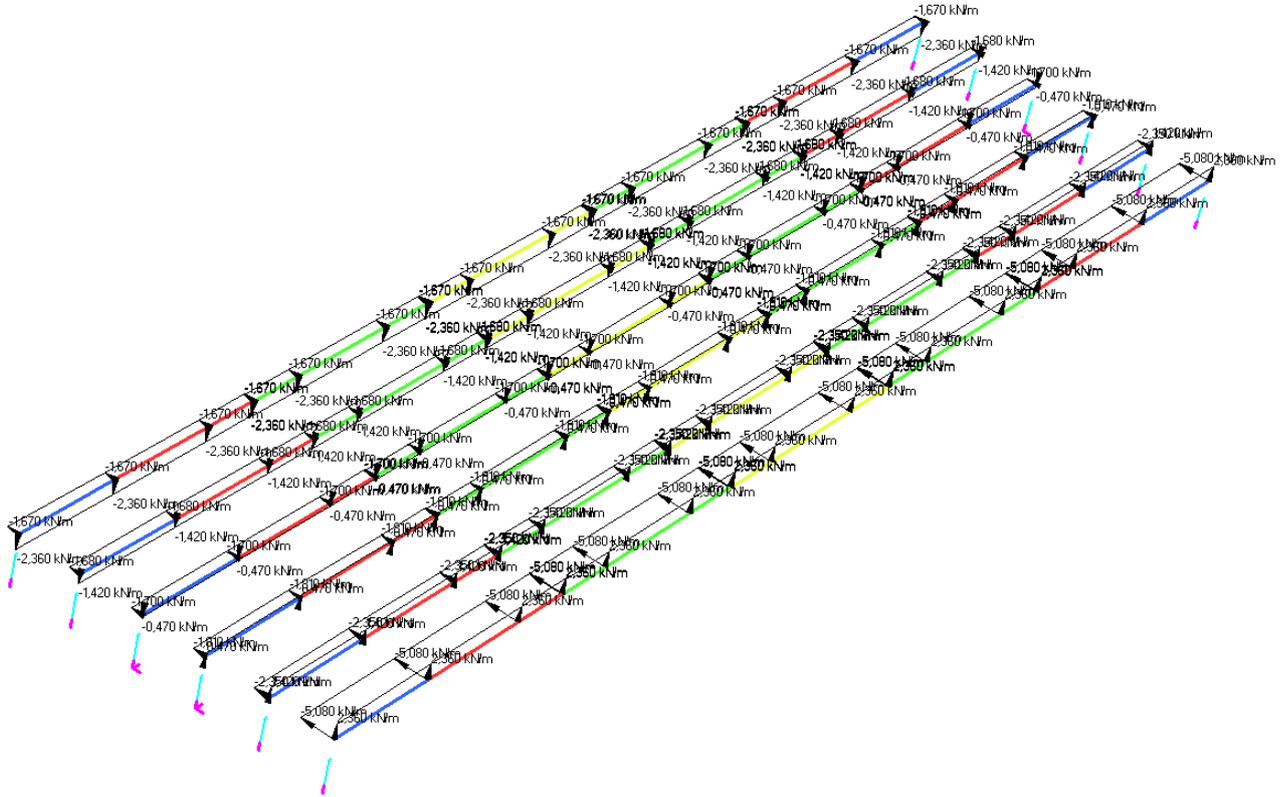


Figura 44 - Modello fase 3b - Componente trasversale e verticale dell'azione da vento

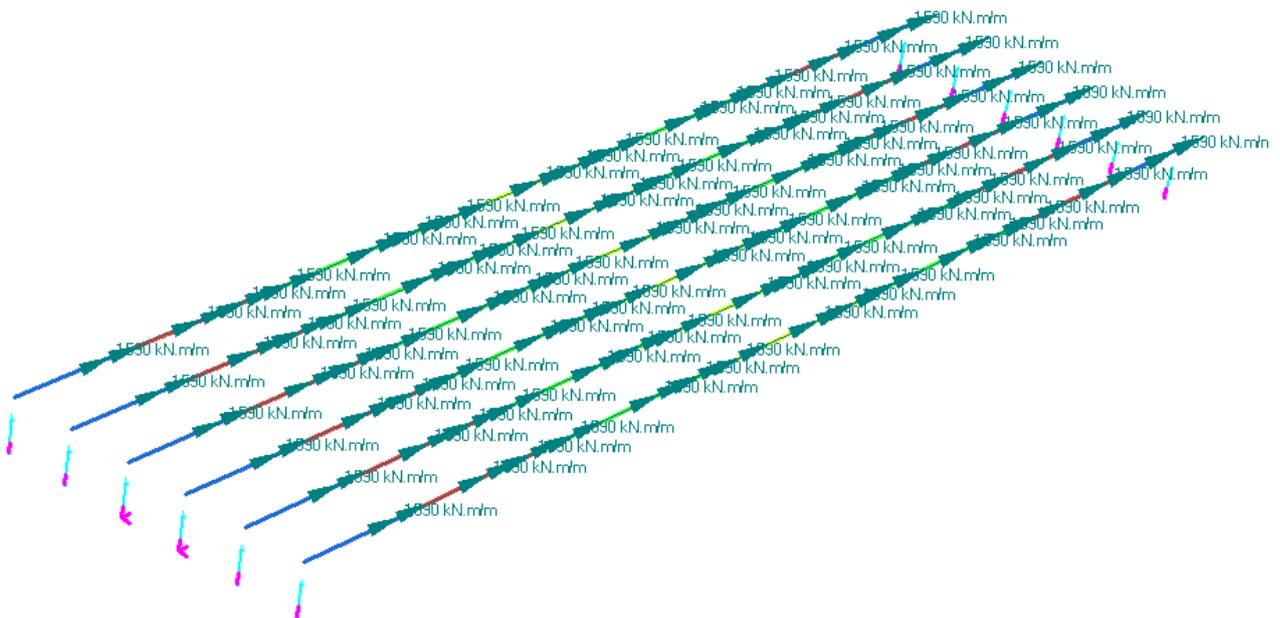


Figura 45 - Modello fase 3b - Momento dovuto al carico da vento

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	95

11.7 AZIONE SISMICA (E)

Nome	Tipo	γ_E (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
SISMA	Sismiche	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

L'azione sismica, necessaria per la valutazione delle massime azioni sugli apparecchi di appoggio, è stata trattata allo scopo direttamente nel calcolo delle sottostrutture, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

11.8 VARIAZIONI TERMICHE

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

Nelle verifiche dei singoli elementi è stata considerata una variazione termica uniforme, una variazione volumetrica ed una variazione termica non uniforme. La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per un impalcato a struttura mista acciaio-clc risulta pari a $\pm 15^\circ$.

In aggiunta alla variazione termica uniforme è stata considerata una differenza pari a 5°C tra trave metallica e soletta in c.a..

11.9 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 HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

11.10 RITIRO DEL CALCESTRUZZO (E_2)

Nome	Tipo	γ_{e2} (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 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 che può essere schematizzata come nella figura seguente.

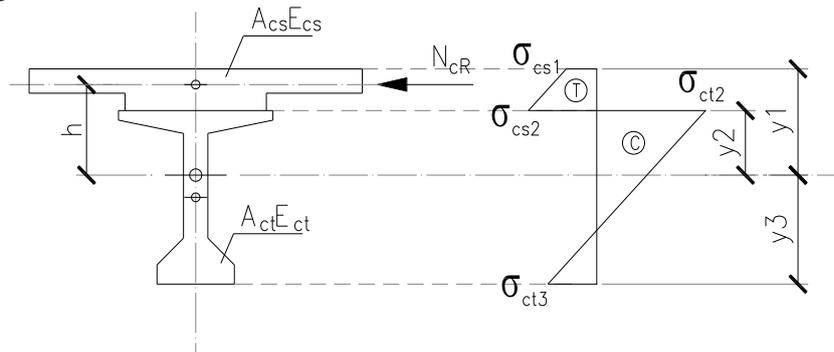


Figura 46 - Schema delle tensioni di ritiro primario sulla sezione mista

N'_{cR}	Azione assiale equivalente di ritiro primario
A_{cs}	Area sezione soletta
A_{ct}	Area sezione trave
E_{cs}	Modulo elastico calcestruzzo soletta
E_{ct}	Modulo elastico calcestruzzo trave
$A = n \cdot A_{cs} + A_{ct}$	Area sezione mista omogeneizzata alla trave
$E = E_{ct} = n \cdot E_{cs}$	Modulo elastico sezione mista omogeneizzato alla trave
$I = n \cdot I_{cs} + I_{ct}$	Momento d'inerzia sezione mista omogeneizzato alla trave
$n = E_{ct} / E_{cs}$	Rapporto omogeneizzazione calcestruzzi
$\sigma_{cs1} = -N'_{cR} / (n \cdot A) - N'_{cR} \cdot h / (n \cdot I) \cdot y_1 + N'_{cR} / A_{cs}$	Tensione ritiro primario calcestruzzo
$\sigma_{cs2} = -N'_{cR} / (n \cdot A) - N'_{cR} \cdot h / (n \cdot I) \cdot y_2 + N'_{cR} / A_{cs}$	
$\sigma_{ct2} = -N'_{cR} / A - N'_{cR} \cdot h / I \cdot y_2$	Tensione ritiro primario acciaio
$\sigma_{ct3} = -N'_{cR} / A - N'_{cR} \cdot h / I \cdot y_3$	

Nel secondo caso l'accorciamento secondario della soletta determina l'insorgenza di reazioni iperstatiche sulla statica globale dell'impalcato. Il calcolo consiste nel caricare la struttura continua del modello di calcolo con dei carichi di distorsione geometrica, quali quelli termici, come riportato nello schema di calcolo seguente. 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.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	97

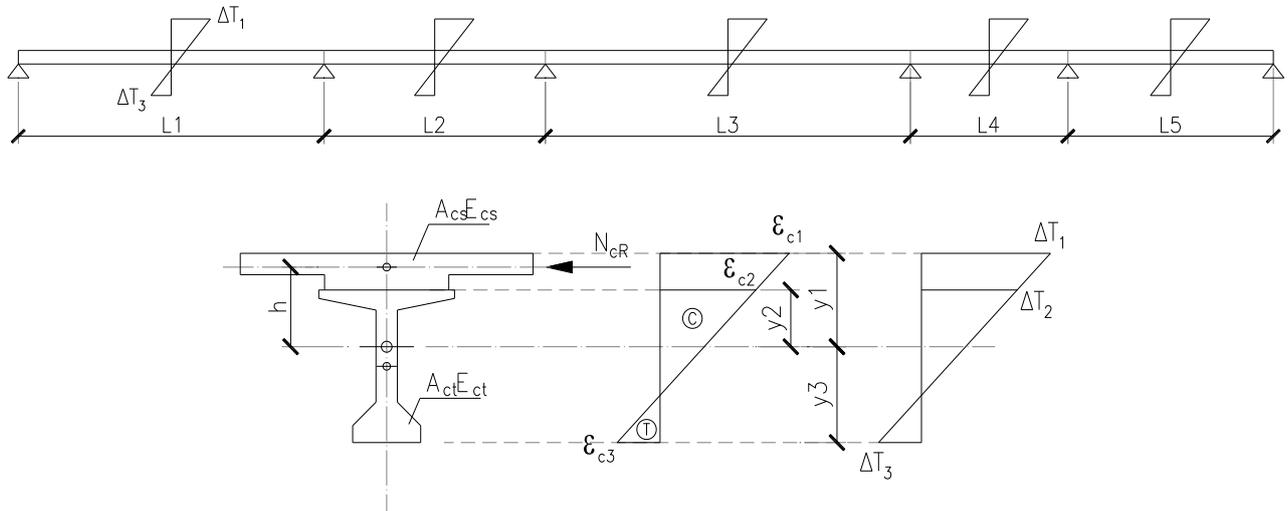


Figura 47 - Schema di calcolo delle iperstatiche di ritiro secondario

N''_{cR}

$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$\Delta T_1 = - N''_{cR} / (\alpha \cdot A \cdot E) - N''_{cR} \cdot h / (\alpha \cdot I \cdot E) \cdot y_1$
secondario

$\Delta T_3 = - N''_{cR} / (\alpha \cdot A \cdot E) - N''_{cR} \cdot h / (\alpha \cdot I \cdot E) \cdot y_3$

Azione assiale equivalente di ritiro secondario

Coefficiente di dilatazione termica sezione mista

Carico termico equivalente sezione mista ritiro

Tab. 11.2.Va - Valori di ϵ_{c0}

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

Tabella 19 - Valori del parametro ϵ_{c0} (‰)

Tab. 11.2.Vb - Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1,00
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Tabella 20 - Valori del parametro kh

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	98

CALCOLO TEMPORALE RITIRO SOLETTA (CEB-FIB MODEL CODE 1990)

PARAMETRI RITIRO CLS SOLETTA

A_c (m ²)	5,05	Area cls soletta	e_{cs0}	-0,036%
u_r (m)	14,340	Perimetro esposto aria cls soletta	$e_s(f_{cm})$	0,00040
h_0 (mm)	704	Dimensione fittizia	β_{sRH}	0,5781
RH (%)	75	Umidità relativa ambiente maturazione	β_{RH}	-0,8961
β_{sc}	5	Tipo di cemento (maturazione)		
t_s	28	Tempo di messa in carico		

PARAMETRI RESISTENZA CLS SOLETTA

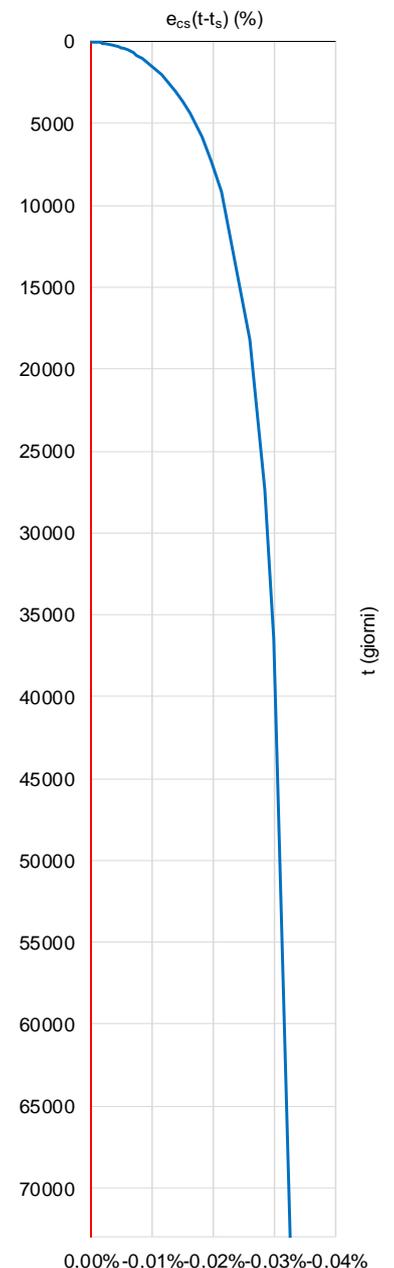
f_{cm} (MPa)	41,20	Resistenza media cls soletta
s	0,25	Tipo di cemento (maturazione)

PARAMETRI RITIRO ACCIAIO TRAVE

$e_{cs}(t-t_s)$	0,000%
-----------------	---------------

— Def. Trave acciaio
— Def. soletta cls

t (anni)	t (gg)	t (ore)	$e_{cs}(t-t_s)$ (%)	$f_{cm}(t)$ (MPa)	$\beta(t-t_s)$	$e_{cs}(t-t_s)$ (%)	$\Delta e_{cs}(t-t_s)$ (%)	$\Delta e_{cs}/\Delta e_{cs,max}$ (%)
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	0,01073	-0,0004%	0,0004%	1%
0,1	35	840	0,0000%	42,30	0,02007	-0,0007%	0,0007%	2%
0,1	40	960	0,0000%	42,92	0,02628	-0,0010%	0,0010%	3%
0,1	45	1080	0,0000%	43,43	0,03128	-0,0011%	0,0011%	3%
0,1	50	1200	0,0000%	43,88	0,03557	-0,0013%	0,0013%	4%
0,2	55	1320	0,0000%	44,26	0,03940	-0,0014%	0,0014%	4%
0,2	60	1440	0,0000%	44,60	0,04289	-0,0016%	0,0016%	5%
0,2	65	1560	0,0000%	44,90	0,04611	-0,0017%	0,0017%	5%
0,2	70	1680	0,0000%	45,17	0,04912	-0,0018%	0,0018%	5%
0,2	75	1800	0,0000%	45,41	0,05196	-0,0019%	0,0019%	6%
0,2	80	1920	0,0000%	45,63	0,05464	-0,0020%	0,0020%	6%
0,2	85	2040	0,0000%	45,83	0,05720	-0,0021%	0,0021%	6%
0,2	90	2160	0,0000%	46,02	0,05965	-0,0022%	0,0022%	7%
0,3	95	2280	0,0000%	46,19	0,06200	-0,0022%	0,0022%	7%
0,3	100	2400	0,0000%	46,35	0,06426	-0,0023%	0,0023%	7%
0,5	200	4800	0,0000%	48,18	0,09904	-0,0036%	0,0036%	11%
0,8	300	7200	0,0000%	49,01	0,12419	-0,0045%	0,0045%	14%
1,0	365	8760	0,0000%	49,36	0,13799	-0,0050%	0,0050%	15%
1,1	400	9600	0,0000%	49,52	0,14483	-0,0052%	0,0052%	16%
1,4	500	12000	0,0000%	49,86	0,16268	-0,0059%	0,0059%	18%
1,6	600	14400	0,0000%	50,12	0,17859	-0,0065%	0,0065%	20%
1,9	700	16800	0,0000%	50,32	0,19303	-0,0070%	0,0070%	21%
2,2	800	19200	0,0000%	50,48	0,20633	-0,0075%	0,0075%	23%
2,5	900	21600	0,0000%	50,62	0,21868	-0,0079%	0,0079%	24%
2,7	1000	24000	0,0000%	50,73	0,23025	-0,0083%	0,0083%	26%
5,5	2000	48000	0,0000%	51,36	0,31936	-0,0116%	0,0116%	36%
8,2	3000	72000	0,0000%	51,64	0,38230	-0,0138%	0,0138%	43%
10,0	3650	87600	0,0000%	51,76	0,41546	-0,0150%	0,0150%	46%
12,0	4380	105120	0,0000%	51,85	0,44768	-0,0162%	0,0162%	50%
14,0	5110	122640	0,0000%	51,93	0,47584	-0,0172%	0,0172%	53%
16,0	5840	140160	0,0000%	51,99	0,50079	-0,0181%	0,0181%	56%
18,0	6570	157680	0,0000%	52,05	0,52314	-0,0189%	0,0189%	58%
20,0	7300	175200	0,0000%	52,09	0,54332	-0,0197%	0,0197%	60%
25,0	9125	219000	0,0000%	52,17	0,58635	-0,0212%	0,0212%	65%
50,0	18250	438000	0,0000%	52,39	0,71560	-0,0259%	0,0259%	80%
75,0	27375	657000	0,0000%	52,48	0,78209	-0,0283%	0,0283%	87%
100,0	36500	876000	0,0000%	52,54	0,82309	-0,0298%	0,0298%	92%
200,0	73000	1752000	0,0000%	52,64	0,89878	-0,0325%	0,0325%	100%
Valori massimi			0,0000%			-0,0325%	0,0325%	100%



**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	99

Le deformazioni differenziali secondarie tra soletta e trave sono modellate con uno stato di distorsione equivalente di tipo termico applicato all'intera sezione omogeneizzata, secondo la tabella seguente. Si considera che il ritiro secondario della soletta sia il 50% del ritiro totale.

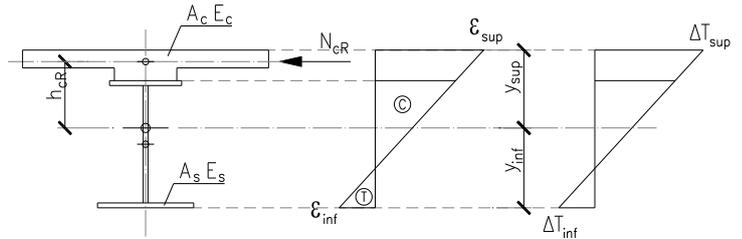
CALCOLO AZIONE EQUIVALENTE RITIRO SECONDARIO

DATI SOLETTA

A_c (cm ² /m)	5950	Area cls soletta
$y_{c,inf}$ (cm)	207,50	Distanza inferiore int. trave - baricentro soletta
ϵ_{cs}	0,016%	Def. cls a breve termine (ritiro primario)
ϵ'_{cs}	0,033%	Def. cls a lungo termine
$\Delta\epsilon_{cs}$	0,016%	Def. diff. cls a lungo termine (ritiro secondario)

AZIONE DA RITIRO SECONDARIO

N_{cR} (kN/m)	3256,63	
h_{cR} (cm)	57,64	
α (°C ⁻¹)	0,000012	Coeff. dilatazione termica
E_s (MPa)	210000	Modulo elastico trave
E_c (MPa)	33643	Modulo elastico soletta
n	6,242	Coeff. omog. trave/soletta lungo termine



DATI SEZIONE MISTA (lungo termine)

A (cm ²)	1690
I_x (cm ⁴)	11689944
y_i (cm)	149,86
y_s (cm)	40,14

AZIONE TERMICA EQUIVALENTE

ΔT_{sup} (°C/m)	-7,90
ΔT_{inf} (°C/m)	-8,60
ΔT_{unif} (°C/m)	-8,25
ΔT_{grad} (°C/m)	±0,35

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	100

11.11 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche strutturali sono state svolte in accordo con le prescrizioni di normativa, secondo quanto riportato nella presente relazione tecnica al §.5.2.1.

Sono state considerate un totale di 153 combinazioni di calcolo per la valutazione degli effetti indotti dai carichi applicati in condizioni di esercizio ed ultime. I carichi ferroviari verticali sono stati applicati in modo tale da riprodurre una condizione di massimo momento flettente in mezzeria, massimo taglio in corrispondenza degli appoggi e massima torsione dell'impalcato.

Si riportano nel seguito le combinazioni di carico utilizzate per ciascuno dei modelli considerati.

Modello fase 1	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	RA1	RA2	FR1	FR2
PP trave	1,35	1,35	1	1	1	1	1	1
PP traversi	1,35	1,35	1	1	1	1	1	1
Soletta	1,35	1,35	1	1	1	1	1	1
Vento t6	0	1,5	1,5	0	1	0	0,5	0

Modello fase 2a	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	RA1	RA2	RA3	FR1	FR2	FR3
PPNS Ballast	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1
PPNS velette	1,5	1,5	1,5	0	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1
PPNS barriere antirumore	0	0	1,5	0	0	0	1,5	0	0	1	0	0	1
PPNS barriera antirum (1)	0	1,5	0	0	0	1,5	0	0	1	0	0	1	0
PPNS Arredi	1,5	1,5	1,5	0	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1
PPNS grigliato metallico	1,5	1,5	1,5	0	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1

Modello fase 2b	SLU 1	RA1	FR2
Ritiro uniforme	1,2	1	1
Ritiro lineare	1,2	1	1

Modello fase 3a	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	RA1	RA2	RA3	RA4	FR1	FR2	FR3	FR4
T uniforme -	0,9	0	1,5	0	0,6	0	1	0	0,5	0	0,6	0
T uniforme +	0	0,9	0	1,5	0	0,6	0	1	0	0,5	0	0,6
T lineare -	0,9	0	1,5	0	0,6	0	1	0	0,5	0	0,6	0
T lineare +	0	0,9	0	1,5	0	0,6	0	1	0	0,5	0	0,6

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	101

Modello fase 3b	Gruppo 1 (massima azione verticale e laterale)																				Vento dominante
	Assenza di vento										Presenza di vento										
	Mmax					Vmax					Mmax					Vmax					
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21
Mmax: SW/2	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0
Mmax: LM71	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0
Mmax: LM71 caso b	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTR: Mmax SW/2	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTR - caso A: Mmax LM71	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTR - caso B: Mmax LM71	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: SW/2	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Vmax: LM71	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	1,45
Vmax: LM71 caso b	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0
CENTR: Vmax SW/2	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	0	0	0
CENTR - caso A: Vmax LM71	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0
CENTR - caso B: Vmax LM71	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0
Mmax: serpeggio SW/2	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0
Vmax: serpeggio SW/2	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Mmax: serpeggio LM71	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0
Vmax: serpeggio LM71	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0	0	1,45
F frenatura sw2	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Mmax: F avviamento SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: F avviamento SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F frenatura LM71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mmax: F avviamento lm71	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0	0	0
Vmax: F avviamento lm71	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0	0	0,73
ECC: Mmax qA1deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECC: Mmax qA2deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECC: Vmax qA1deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECC: Vmax qA2deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vento con barriere su 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50

Modello fase 3b	Gruppo 3 (massima azione longitudinale)																							
	Assenza di vento										Presenza di vento													
	Mmax					Vmax					Mmax					Vmax								
	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLU41	ECC1	ECC2	ECC3	ECC4
Mmax: SW/2	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mmax: LM71	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mmax: LM71 caso b	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTR: Mmax SW/2	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTR - caso A: Mmax LM71	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTR - caso B: Mmax LM71	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: SW/2	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0
Vmax: LM71	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	1,45	0	0	0	0
Vmax: LM71 caso b	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0
CENTR: Vmax SW/2	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0
CENTR - caso A: Vmax LM71	0	0	0	0	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0
CENTR - caso B: Vmax LM71	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0	0	0	0	0	0
Mmax: serpeggio SW/2	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: serpeggio SW/2	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0	0	0
Mmax: serpeggio LM71	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: serpeggio LM71	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0	0	0	0,73	0,73	0	0,73	0	0	0	0
F frenatura sw2	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0
Mmax: F avviamento SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: F avviamento SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F frenatura LM71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mmax: F avviamento lm71	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vmax: F avviamento lm71	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0	1,45	0	0	0	0
ECC: Mmax qA1deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0	0
ECC: Mmax qA2deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0
ECC: Vmax qA1deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00
ECC: Vmax qA2deragliament BIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00
Vento con barriere su 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0	0	0

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	104

12. ANALISI IMPALCATO

12.1 FASI DI CALCOLO

Trattandosi di un sistema misto acciaio – cls, l'analisi dell'impalcato viene condotta in riferimento 3 fasi, ciascuna delle quali permette di tenere conto il grado di maturazione del getto di calcestruzzo della soletta e dunque i diversi livelli di rigidità e caratteristiche statiche delle sezioni.

Conseguentemente, gli effetti dei vari carichi vengono sovrapposti con riferimento alle diverse fasi considerate e qui illustrate:

- Modello fase 1: fase di varo dell'acciaio e getto della soletta in calcestruzzo; la sezione resistente è costituita dal solo acciaio di travi e traversi, essendo la soletta non ancora collaborante; i carichi agenti sono il peso proprio di travi e traversi nonché il peso del getto della soletta.
- Modello fase 2a: si considerano i pesi permanenti non strutturali;
- Modello fase 2b: si considerano esauriti i fenomeni di ritiro che interessano la soletta dell'impalcato; La sezione resistente è costituita dalla sezione composta acciaio/calcestruzzo, omogeneizzata tenendo conto dei coefficienti di omogeneizzazione descritti qui di seguito.
- Modello fase 3a: si considera l'azione del carico termico;
- Modello fase 3b: si considerano le azioni accidentali dovute al traffico ferroviario e l'azione del vento. La sezione resistente è quella composta acciaio/calcestruzzo, omogeneizzata rispetto al coefficiente n_0 di breve durata.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	105

12.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM comprensivo di tutti gli elementi strutturali costituenti l'impalcato.

L'impalcato è stato modellato con elementi di tipo trave rappresentativi di:

- travi longitudinali in acciaio;
- trasversi connessi con le travi (2 trasversi di testata e 10 intermedi).

Agli elementi beam costituenti le travi longitudinali sono state attribuite degli offset per tenere in conto la posizione del baricentro reale della sezione omogeneizzata (diverso per ciascuna fase) rispetto al piano di modellazione (metà altezza trave).

Gli assi di riferimento sono:

- x = asse longitudinale impalcato
- y = asse verticale impalcato
- z = asse trasversale impalcato

Nelle figure seguenti sono rappresentate alcune viste del modello utilizzato.

Nel modello sono state implementate le seguenti condizioni di vincolo:

- bracci rigidi tra l'asse delle travi e intradosso;
- appoggi in corrispondenza dell'intradosso delle travi.

In corrispondenza degli appoggi, sono stati utilizzati i vincoli coerenti con lo schema previsto nel §21.

Si riporta nel seguito, a scopo esemplificativo, una vista del modello rappresentativo degli elementi utilizzati nonché di offset e condizioni di vincolo.

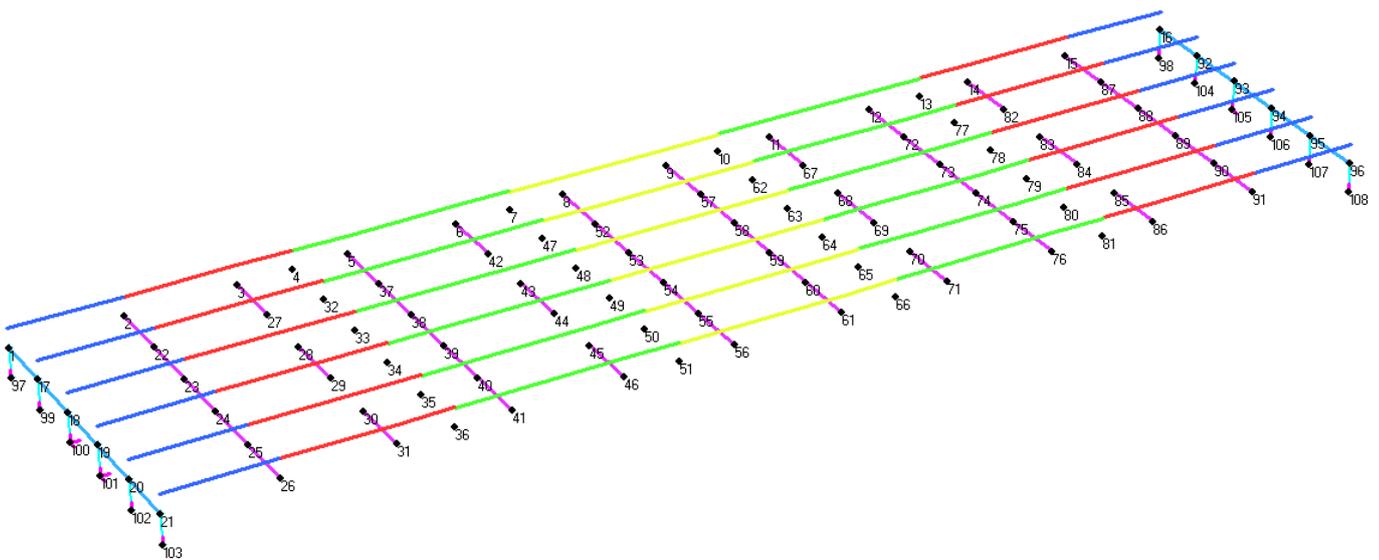


Figura 48 - Modello fase 1, 2a, 2b, 3a, 3b - Numerazione nodi

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	106

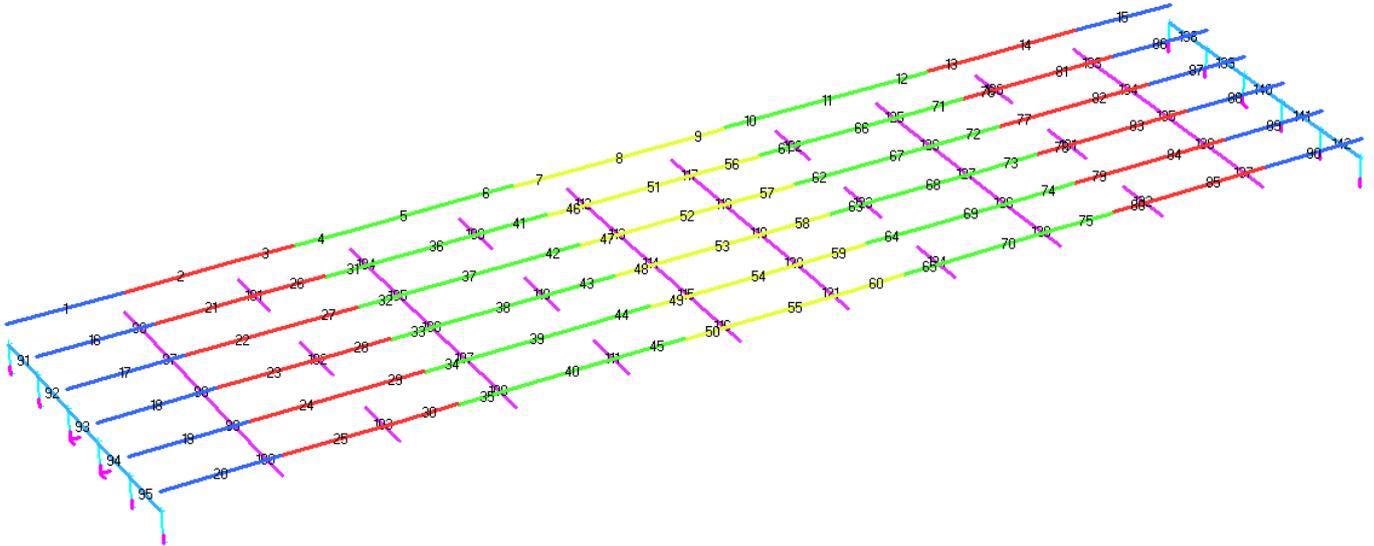


Figura 49 - Modello fase 1, 2a, 2b, 3a, 3b - Numerazione elementi

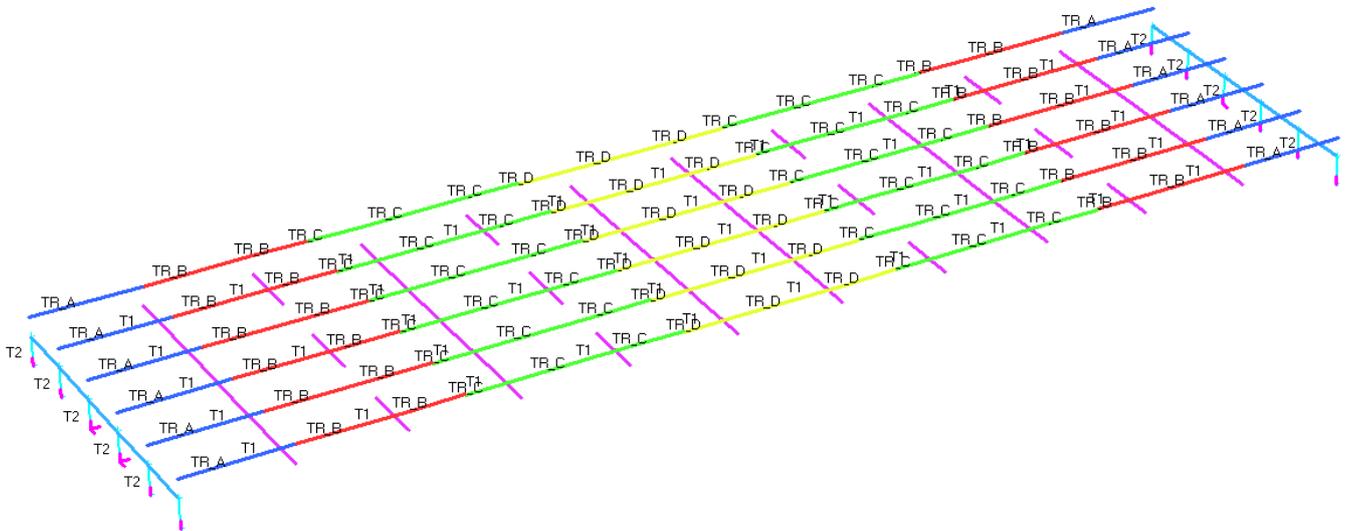


Figura 50 - Modello fase 1, 2a, 2b, 3a, 3b - Proprietà elementi

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	107

12.2.1 Coefficienti di omogeneizzazione

In funzione della durata del carico si distingue tra:

- n_0 coefficiente di omogeneizzazione per carichi di breve durata
- n_L coefficiente di omogeneizzazione per carichi di lunga durata

In particolare n_0 è pari al rapporto tra modulo elastico dell'acciaio e quello del calcestruzzo, ovvero:

$$n_0 = E_s/E_{cm} = 6.24$$

Il coefficiente di omogeneizzazione per carichi di lunga durata, invece, viene valutato in accordo alla norma EN 1994-2 al punto 5.4.2.2, in funzione della fase di vita in esame e del tipo di carico applicato, nel seguente modo:

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \phi_t)$$

$$n_0 = E_a / E_{cm}$$

ψ_L = moltiplicatore di viscosità, funzione del tipo di carico applicato ϕ_t = coefficiente di viscosità

dove:

$$\psi_L = 1.10 \quad \text{carichi permanenti}$$

$$\psi_L = 1.50 \quad \text{cedimenti vincolari}$$

$$\psi_L = 0.55 \quad \text{azione di ritiro}$$

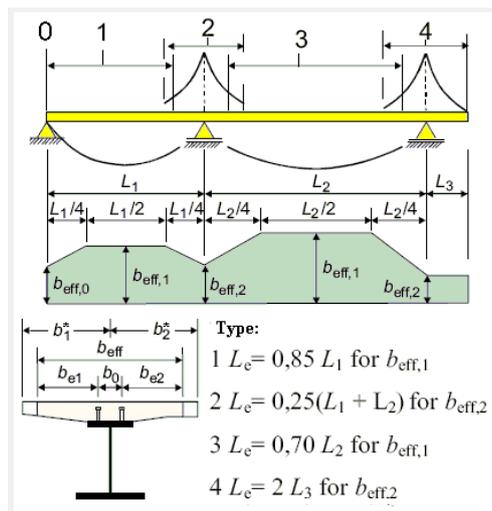
Si assume:

- $n_1 = \infty$ assunto in fase 1, ossia per la fase di montaggio in cui la soletta in calcestruzzo non è collaborante, e per ragioni puramente numeriche lo si considera nullo;
- $n_{L\ 2a} = 16.87$ assunto in fase 2a, per i carichi permanenti;
- $n_{L\ 2b} = 14.95$ assunto in fase 2b, per l'azione di ritiro;
- $n_0 = 6.24$ assunto in fase 3, per i carichi accidentali.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

12.2.2 Larghezze collaboranti

Per la valutazione della larghezza collaborante della soletta sono state prese a riferimento le prescrizioni della Normativa Nazionale D.M.'08.



X (m)	b1* (mm)	b2* (mm)	b0 (mm)	Tipo	beff (mm)	Le (m)	be1 (mm)	be2 (mm)	beta1	beta2
0	850	850	300	0	1.700	33	700	700	1	1
8,25	850	850	300	1	1.700	33	700	700	1	1
24,75	850	850	300	1	1.700	33	700	700	1	1
33	850	850	300	0	1.700	33	700	700	1	1

Figura 51 - Riepilogo larghezze collaboranti delle sezioni trave

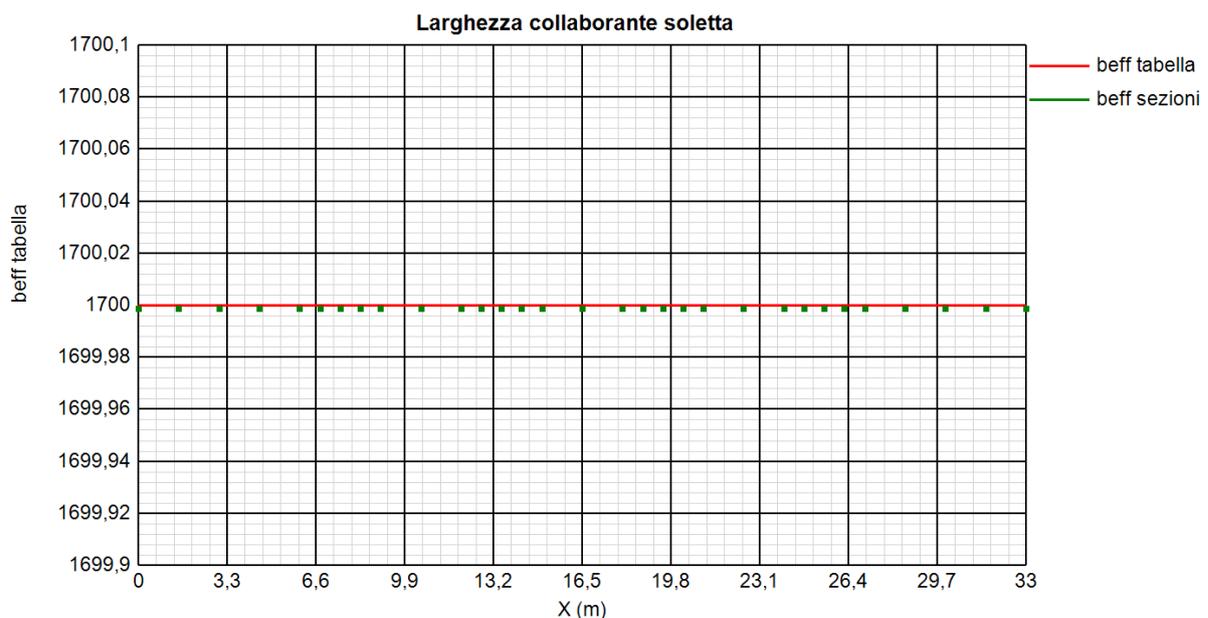


Figura 52 - Riepilogo larghezze collaboranti delle sezioni trave lungo l'asse impalcato

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	109

12.2.3 Valutazione delle rigidezze torsionali travi

Essendo l'impalcato torsio-rigido per la presenza della soletta e dei controventi inferiori, la rigidezza torsionale viene valutata considerando una sezione a cassone equivalente.

In Fase 1 la sezione a cassone equivalente è definita lateralmente dalle anime delle travi principali, superiormente ed inferiormente da una piastra di spessore equivalente ai controventi posta nel piano delle ali dei traversi.

In Fase 2 e 3 la sezione a cassone equivalente è definita lateralmente dalle anime delle travi principali, inferiormente da una piastra di spessore equivalente ai controventi posta nel piano delle ali dei traversi e superiormente dalla soletta in c.a. che in questa fase costituisce un elemento strutturale.

Per la valutazione dell'inerzia torsionale si utilizza la formula:

$$J_t = 4A^2 / (\sum l_i / t_i)$$

dove:

A = area cellula torsio-rigida

l_i = lunghezza parete i-esima della cellula

t_i = spessore parete i-esima della cellula

Lo spessore di piastra equivalente ai controventi viene calcolato come:

$$t^* = 2 \cdot E/G \cdot A \cdot a/b^2 \cdot \sin^3 \alpha$$

dove:

a, b = dimensioni campo controventato

A = area di un controvento

α = angolazione controvento

E = modulo elastico acciaio

G = modulo di elasticità tangenziale acciaio

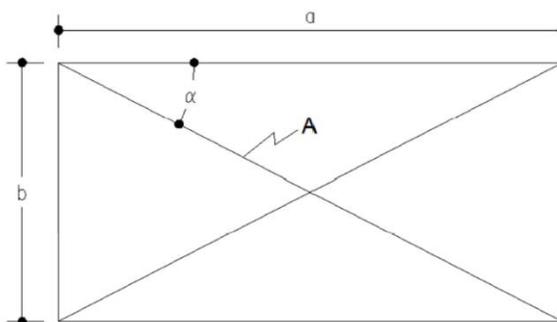
Nelle Fasi 2 e 3 lo spessore di piastra equivalente alla soletta d'impalcato viene calcolato come:

$$t^* = h_{sol} / n_e$$

dove:

h_{sol} = 32 cm spessore soletta d'impalcato in c.a.

n_e = coefficiente di omogeneizzazione



Posto che ciascuna trave di impalcato si compone di 5 conci, di quelli di estremità uguali, si valutano per ciascuno di essi le proprietà da assegnare agli elementi beam nel modello FEM, tenuto presente della differente tipologia e configurazione dei profili utilizzati nei controventi.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00		PROGR 004

12.2.4 Travi

Nel seguito un riepilogo delle proprietà meccaniche assegnate alle travi.

NOME TRAVE: TR_A		PROPRIETA' GEOMETRICHE ELEMENTI TRAVE					Rev. 00	
GEOMETRIA TRAVE		Trave esterna		GEOMETRIA SOLETTA				
Altezza	H (mm)	1900		Sezione Fessurata NO				
Piattabanda superiore	B ₁ (mm)	600		Calcestruzzo	Soletta	Predalle		
	t ₁ (mm)	30			B _{sol} (mm)	1700	0	
Raddoppio superiore	B ₂ (mm)	900		H _{sol} (mm)	320	50		
	t ₂ (mm)	30		Armatura	Strato 1	Strato 2		
Piattabanda inferiore	B ₃ (mm)	900			n°	0	0	
	t ₃ (mm)	30		Ø (mm)	20	20		
Raddoppio inferiore	B ₄ (mm)	20		d _i (mm)	40	280		
	t ₄ (mm)	20		A _{si} (cm ²)	0,00	0,00		
Anima	t ₅ (mm)	20						
GEOMETRIA CONTROVENTI		INERZIE TORSIONALI						
	Cnv sup.	Cnv inf.		Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b
	2xL100x10	2xL150x15		Ω (cm ²)	124100	539963	539963	539963
d _{sup (inf)} (mm)	195	245		J _T (cm ⁴)	2015022	44201468	47507314	71894257
a _{cnv,sup (inf)} (mm)	3000	3000		t* _{cnv,sol} (mm)		19,0	21,4	51,3
b _{cnv,sup (inf)} (mm)	1700	1700		H _{cnv,sol} (mm)	1460	1815	1815	1815
A _{cnv,sup (inf)} (cm ²)	38,40	86,04		Sezione torsorigida		n° travi	b _{sol} (mm)	
Schema tipo	Croce	Croce				6	10200	
t* _{cnv,sup (inf)} (mm)	2,5	5,6						
CARATTERISTICHE INERZIALI ELEMENTO TRAVE								
FASE 1 (varo acciaio)				Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b
FASE 2a (permanenti)			A _a (cm ²)	818,0	1140,5	1181,9	1689,5	1689,5
FASE 2b (ritiro)			Y _{i,a} (mm)	847,1	1204,2	1235,9	1498,6	1498,6
FASE 3a (termica)			I _{xx,a} (cm ⁴)	4886033	8602256	8933670	11689944	11689944
FASE 3b (accidentale)			I _{yy,a} (cm ⁴)	236373	1012978	1112716	2335273	2335273
			I _{torc,a} (cm ⁴)	2016863	44313377	47633359	72193575	72193575
(*) da valutare in base agli elementi di composizione			n _L =	-	16,87	14,95	6,24	6,24
(**) distanza verticale da metà altezza trave FS1			Offset (**)	102,9	-254,2	-285,9	-548,6	-548,6
PESO ACCIAIO ELEMENTO TRAVE (modello strutturale)								
	Trave	Cnv sup.	Cnv inf.	Teorico	Increment.	Modello		
Peso trave esterna (*)	6,42	0,35	0,78	7,54	(+15%)	8,68	(*) da valutare in base agli elementi di composizione	
Peso trave interna (*)	6,42	0,69	1,55	8,67	(+15%)	9,97		

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	111

NOME TRAVE: TR_B			PROPRIETA' GEOMETRICHE ELEMENTI TRAVE					Rev. 00
GEOMETRIA TRAVE			Trave esterna			GEOMETRIA SOLETTA		
Altezza	H (mm)	1900	Sezione Fessurata			NO		
Piattabanda superiore	B ₁ (mm)	600	Calcestruzzo			Soletta	Predalle	
	t ₁ (mm)	30				B _{sol} (mm)	1700	0
Raddoppio superiore	B ₂ (mm)					H _{sol} (mm)	320	50
	t ₂ (mm)		Armatura			Strato 1	Strato 2	
Piattabanda inferiore	B ₃ (mm)	900				n°	0	0
	t ₃ (mm)	30				Ø (mm)	20	20
Raddoppio inferiore	B ₄ (mm)					d _i (mm)	40	280
	t ₄ (mm)					A _{si} (cm ²)	0,00	0,00
Anima	t ₅ (mm)	20						
GEOMETRIA CONTROVENTI			INERZIE TORSIONALI					
	Cnv sup.	Cnv inf.						
		2xL150x15	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b	
d _{sup (inf)} (mm)	195	245	Ω (cm ²)	0	539963	539963	539963	539963
a _{cnv, sup (inf)} (mm)	3000	3000	J _T (cm ⁴)	0	44201468	47507314	71894257	71894257
b _{cnv, sup (inf)} (mm)	1700	1700	t* _{cnv, sol} (mm)		19,0	21,4	51,3	51,3
A _{cnv, sup (inf)} (cm ²)	0,00	86,04	H _{cnv, sol} (mm)	1460	1815	1815	1815	1815
Schema tipo	Croce	Croce	Sezione torsorigida		n° travi	b _{sol} (mm)		
t* _{cnv, sup (inf)} (mm)	0,0	5,6			6	10200		
CARATTERISTICHE INERZIALI ELEMENTO TRAVE								
FASE 1 (varo acciaio)			Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b	
FASE 2a (permanenti)			A _a (cm ²)	818,0	1140,5	1181,9	1689,5	1689,5
FASE 2b (ritiro)			Y _{i,a} (mm)	847,1	1204,2	1235,9	1498,6	1498,6
FASE 3a (termica)			I _{xx,a} (cm ⁴)	4886033	8602256	8933670	11689944	11689944
FASE 3b (accidentale)			I _{yy,a} (cm ⁴)	236373	1012978	1112716	2335273	2335273
			I _{torc,a} (cm ⁴)	1841	44313377	47633359	72193575	72193575
(*) da valutare in base agli elementi di composizione			n _L =	-	16,87	14,95	6,24	6,24
(**) distanza verticale da metà altezza trave FS1			Offset (**)	102,9	-254,2	-285,9	-548,6	-548,6
PESO ACCIAIO ELEMENTO TRAVE (modello strutturale)								
	Trave	Cnv sup.	Cnv inf.	Teorico	Increm.	Modello		
Peso trave esterna (*)	6,42	0,00	0,78	7,20	(+15%)	8,28		
Peso trave interna (*)	6,42	0,00	1,55	7,97	(+15%)	9,17		

(*) da valutare in base agli elementi di composizione

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	112

NOME TRAVE: TR_C			PROPRIETA' GEOMETRICHE ELEMENTI TRAVE						Rev. 00	
GEOMETRIA TRAVE			Trave esterna			GEOMETRIA SOLETTA				
Altezza	H (mm)	1900	Sezione Fessurata			NO				
Piattabanda superiore	B ₁ (mm)	600	Calcestruzzo			Soletta	Predalle			
	t ₁ (mm)	35	B _{sol} (mm)			1700	0			
Raddoppio superiore	B ₂ (mm)		H _{sol} (mm)			320	50			
	t ₂ (mm)		Armatura			Strato 1	Strato 2			
Piattabanda inferiore	B ₃ (mm)	900	n°			0	0			
	t ₃ (mm)	35	Ø (mm)			20	20			
Raddoppio inferiore	B ₄ (mm)		d _i (mm)			40	280			
	t ₄ (mm)		A _{si} (cm ²)			0,00	0,00			
Anima	t ₅ (mm)	18								
GEOMETRIA CONTROVENTI			INERZIE TORSIONALI							
	Cnv sup.	Cnv inf.	Fase 1			Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b	
		2xL140x13	Ω (cm ²)			0	541450	541450	541450	541450
d _{sup (inf)} (mm)	195	240	J _T (cm ⁴)			0	40966960	43774672	63518826	63518826
a _{cnv, sup (inf)} (mm)	3000	3000	t* _{cnv, sol} (mm)				19,0	21,4	51,3	51,3
b _{cnv, sup (inf)} (mm)	1700	1700	H _{cnv, sol} (mm)			1465	1820	1820	1820	1820
A _{cnv, sup (inf)} (cm ²)	0,00	69,90	Sezione torsorigida						n° travi	b _{sol} (mm)
Schema tipo	Croce	Croce							6	10200
t* _{cnv, sup (inf)} (mm)	0,0	4,5								
CARATTERISTICHE INERZIALI ELEMENTO TRAVE										
FASE 1 (varo acciaio)			Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b			
FASE 2a (permanenti)	A _a (cm ²)		854,4	1176,9	1218,3	1725,9	1725,9			
FASE 2b (ritiro)	Y _{i,a} (mm)		835,4	1184,6	1216,1	1479,0	1479,0			
FASE 3a (termica)	I _{xx,a} (cm ⁴)		5372774	9203625	9549721	12456259	12456259			
FASE 3b (accidentale)	I _{yy,a} (cm ⁴)		275714	1052319	1152057	2374614	2374614			
	I _{torc,a} (cm ⁴)		2500	41079528	43901376	63818803	63818803			
(*) da valutare in base agli elementi di composizione	n _L =		-	16,87	14,95	6,24	6,24			
(**) distanza verticale da metà altezza trave FS1	Offset (**)	(m)	114,6	-234,6	-266,1	-529,0	-529,0			
PESO ACCIAIO ELEMENTO TRAVE (modello strutturale)										
	Trave	Cnv sup.	Cnv inf.	Teorico	Increm.	Modello				
Peso trave esterna (*)	6,71	0,00	0,63	7,34	(+15%)	8,44	(*) da valutare in base agli elementi di composizione			
Peso trave interna (*)	6,71	0,00	1,26	7,97	(+15%)	9,16				

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	113

NOME TRAVE: TR_D			PROPRIETA' GEOMETRICHE ELEMENTI TRAVE						Rev. 00	
GEOMETRIA TRAVE			<u>Trave esterna</u>			GEOMETRIA SOLETTA				
Altezza	H (mm)	1900	Sezione Fessurata			NO				
Piattabanda superiore	B ₁ (mm)	600	Calcestruzzo			Soletta	Predalle			
	t ₁ (mm)	40	B _{sol} (mm)			1700	0			
Raddoppio superiore	B ₂ (mm)		H _{sol} (mm)			320	50			
	t ₂ (mm)		Armatura			Strato 1	Strato 2			
Piattabanda inferiore	B ₃ (mm)	900	n°			0	0			
	t ₃ (mm)	40	Ø (mm)			20	20			
Raddoppio inferiore	B ₄ (mm)		d _i (mm)			40	280			
	t ₄ (mm)		A _{si} (cm ²)			0,00	0,00			
Anima	t ₅ (mm)	18								
GEOMETRIA CONTROVENTI			INERZIE TORSIONALI							
			Cnv sup.	Cnv inf.		Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b
			2xL140x13			Ω (cm ²)	0	541450	541450	541450
d _{sup (inf)} (mm)	195	240				J _T (cm ⁴)	0	40966960	43774672	63518826
a _{cnv,sup (inf)} (mm)	3000	3000				t* _{cnv,sol} (mm)		19,0	21,4	51,3
b _{cnv,sup (inf)} (mm)	1700	1700				H _{cnv,sol} (mm)	1465	1820	1820	1820
A _{cnv,sup (inf)} (cm ²)	0,00	69,90				Sezione torsorigida			n° travi	b _{sol} (mm)
Schema tipo	Croce	Croce							6	10200
t* _{cnv,sup (inf)} (mm)	0,0	4,5								
CARATTERISTICHE INERZIALI ELEMENTO TRAVE										
FASE 1 (varo acciaio)						Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 3a	Fase 3b
FASE 2a (permanenti)					A _a (cm ²)	927,6	1250,1	1291,5	1799,1	1799,1
FASE 2b (ritiro)					Y _{i,a} (mm)	829,7	1160,0	1190,4	1449,9	1449,9
FASE 3a (termica)					I _{xx,a} (cm ⁴)	5960219	9910049	10275388	13400176	14400176
FASE 3b (accidentale)					I _{yy,a} (cm ⁴)	315088	1091694	1191432	2413988	2413988
					I _{torc,a} (cm ⁴)	3554	41080582	43902430	63819857	63819857
(*) da valutare in base agli elementi di composizione					n _L =	-	16,87	14,95	6,24	6,24
(**) distanza verticale da metà altezza trave FS1					Offset (**)	120,3	-210,0	-240,4	-499,9	-499,9
PESO ACCIAIO ELEMENTO TRAVE (modello strutturale)										
			Trave	Cnv sup.	Cnv inf.	Teorico	Increment.	Modello		
Peso trave esterna (*)	7,28	0,00	0,63	7,91	(+15%)	9,10	(*) da valutare in base agli elementi di composizione			
Peso trave interna (*)	7,28	0,00	1,26	8,54	(+15%)	9,82				

A favore di sicurezza, il peso teorico delle travi è stato incrementato del 15% per tenere conto dei pesi di saldature, irrigidimenti, pioli, bullonature, imbottiture etc.

Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	114

12.2.5 Traversi

I traversi intermedi sono costituiti da:

- Briglia superiore: n.2 L100x10 accoppiati
- Briglia inferiore: n.2 L120x12 accoppiati
- Diagonali n.2 L120x12 accoppiati

I traversi di testata sono costituiti da profili del tipo indicato nella seguente figura, caratterizzati da:

- spessore anima 20mm
- spessore flangia superiore e inferiore 20mm
- spessore flange a ridosso del foro 15mm
- larghezza flangia 300mm

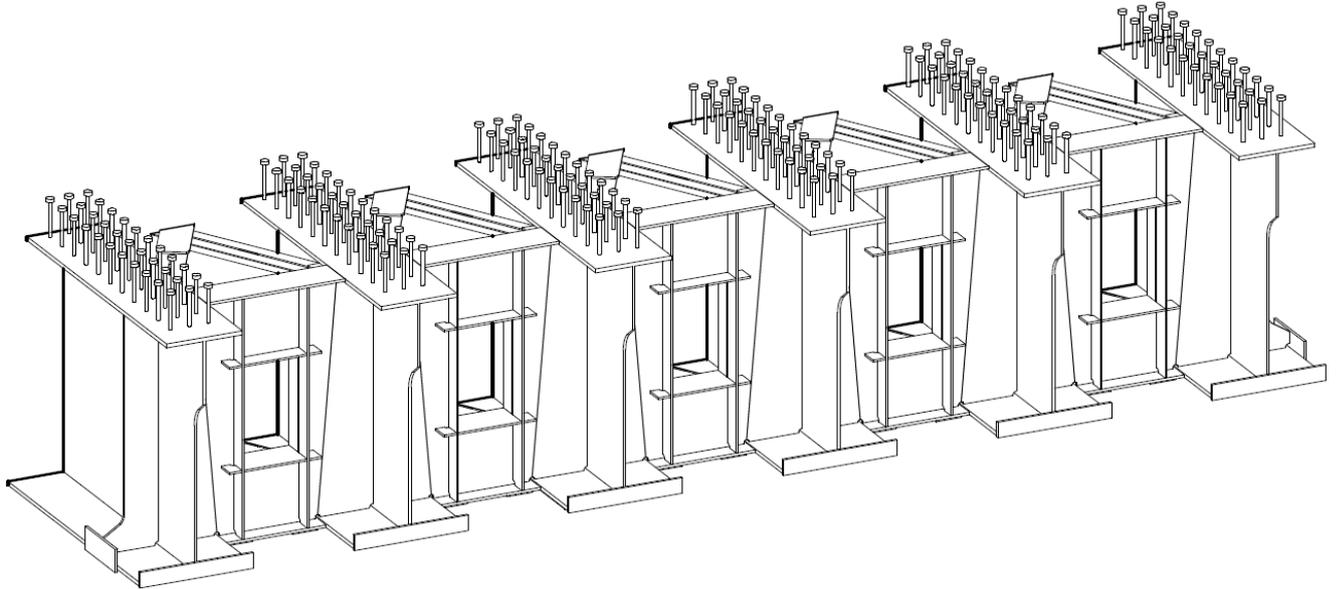


Figura 53 - Stralcio assometrico del traverso di testata

NOME TRAVERSO: T1			PROPRIETA' GEOMETRICHE ELEMENTI TRAVERSO RETICOLARE			Rev. 00
DATI GEOMETRICI PROFILI			DATI GEOMETRICI SEZIONE			
	Corr. sup.	Corr. inf.	Altezza trave	H (mm)		1900
d_{sup} (mm)	205	230	Baricentro trave FS1	$Y_{i,t}$ (mm)		
Profilo	L100x10	L120x12	Offset verticale metà altezza trave	offset (mm)		118
Schema tipo	2	2	CARATTERISTICHE INERZIALI ELEMENTO TRAVERSO			
s piastra orizz (mm)	15	15	Area totale	A_a (cm ²)		93,5
s piastra vert (mm)	16	16	Distanza inferiore baricentro	$Y_{i,a}$ (mm)		831,8
A (cm ²)	19,2	27,5	Inerzia asse xx	$I_{xx,a}$ (cm ⁴)		488130
I_{xx} (cm ²)	177	368	Inerzia asse yy	$I_{yy,a}$ (cm ⁴)		1089
I_{yy} (cm ²)	177	368	Inerzia torsionale	$I_{torc,a}$ (cm ⁴)		1730
I_{torc} (cm ⁴)	281	584	PESO ELEMENTO TRAVERSO (per modello strutturale)			
x_g (mm)	28	34	Peso totale traverso (*)	p_s (kN/m)		1,84
y_g (mm)	28	34				
A* (cm ²)	38,4	55,1				
I^*_{xx} (cm ⁴)	843	1684				
I^*_{yy} (cm ⁴)	353	735				

(*) da valutare in base con elementi secondari e diagonali di controvento

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	115

NOME TRAVERSO: T2			PROPRIETA' GEOMETRICHE ELEMENTI TRAVERSO RETICOLARE				Rev. 00
<u>DATI GEOMETRICI PROFILI</u>			<u>DATI GEOMETRICI SEZIONE</u>				
	Corr. sup.	Corr. inf.	Altezza trave	H (mm)	1900		
d_{sup} (mm)	183	188	Baricentro trave FS1	$Y_{i,t}$ (mm)			
Profilo	PROFILO1	PROFILO2	Offset verticale metà altezza trave	offset (mm)	2		
Schema tipo	1	1	<u>CARATTERISTICHE INERZIALI ELEMENTO TRAVERSO</u>				
s piastra orizz (mm)	0	0	Area totale	A_a (cm ²)	332,0		
s piastra vert (mm)	0	0	Distanza inferiore baricentro	$Y_{i,a}$ (mm)	947,6		
A (cm ²)	165,0	167,0	Inerzia asse xx	$I_{xx,a}$ (cm ⁴)	2047443		
I_{xx} (cm ²)	52490	55145	Inerzia asse yy	$I_{yy,a}$ (cm ⁴)	9071		
I_{yy} (cm ²)	4535	4536	Inerzia torsionale	$I_{torc.a}$ (cm ⁴)	443		
I_{torc} (cm ⁴)	220	223	<u>PESO ELEMENTO TRAVERSO (per modello strutturale)</u>				
x_g (mm)	0	0	Peso totale traverso (*)	p_s (kN/m)	3,00		
y_g (mm)	362	188					
A* (cm ²)	165,0	167,0					
I^*_{xx} (cm ⁴)	52490	55145					
I^*_{yy} (cm ⁴)	4535	4536					

(*) da valutare in base con elementi secondari e diagonali di controvento

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00		PROGR 004

12.3 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni associate a ciascun'azione strutturale e non strutturale agente sull'impalcato.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-221,31	4153,87
	[Bm:120]	[Bm:54]

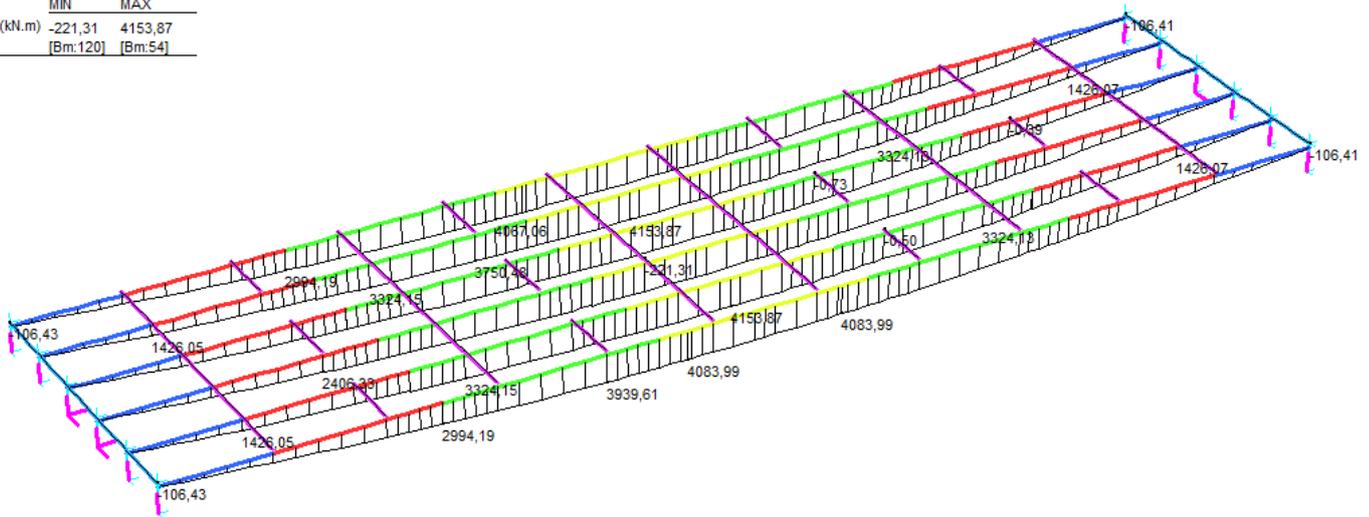


Figura 54 - Modello fase 1 - Permanenti strutturali - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-518,55	518,55
	[Bm:15]	[Bm:20]

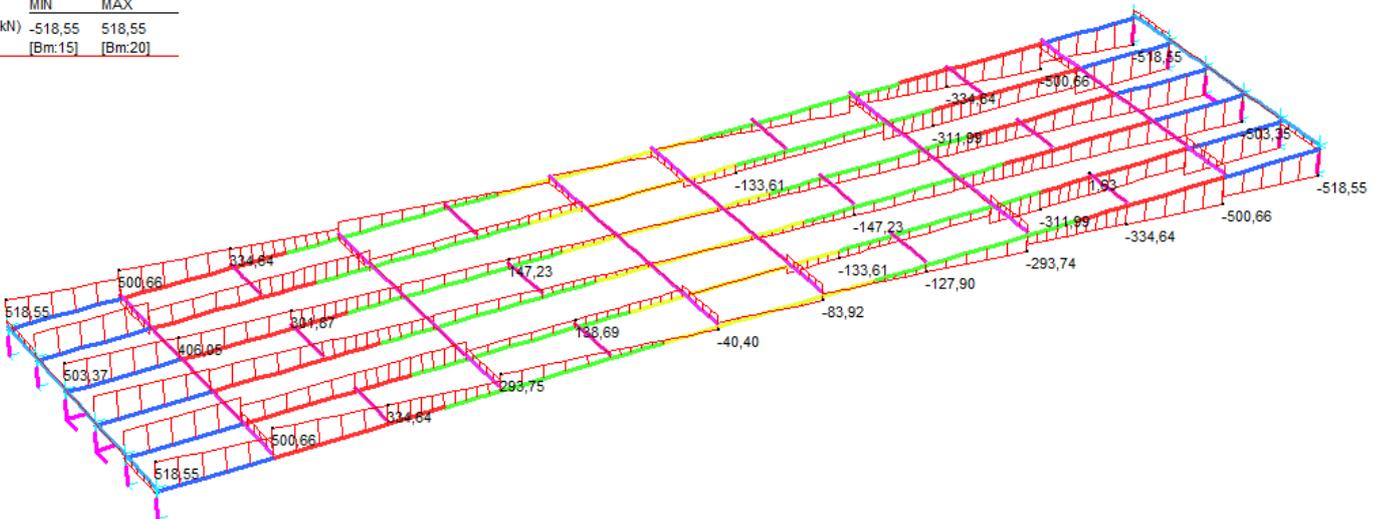


Figura 55 - Modello fase 1 - Permanenti strutturali - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	117

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-252,68	4289,68
	[Bm.138]	[Bm.55]

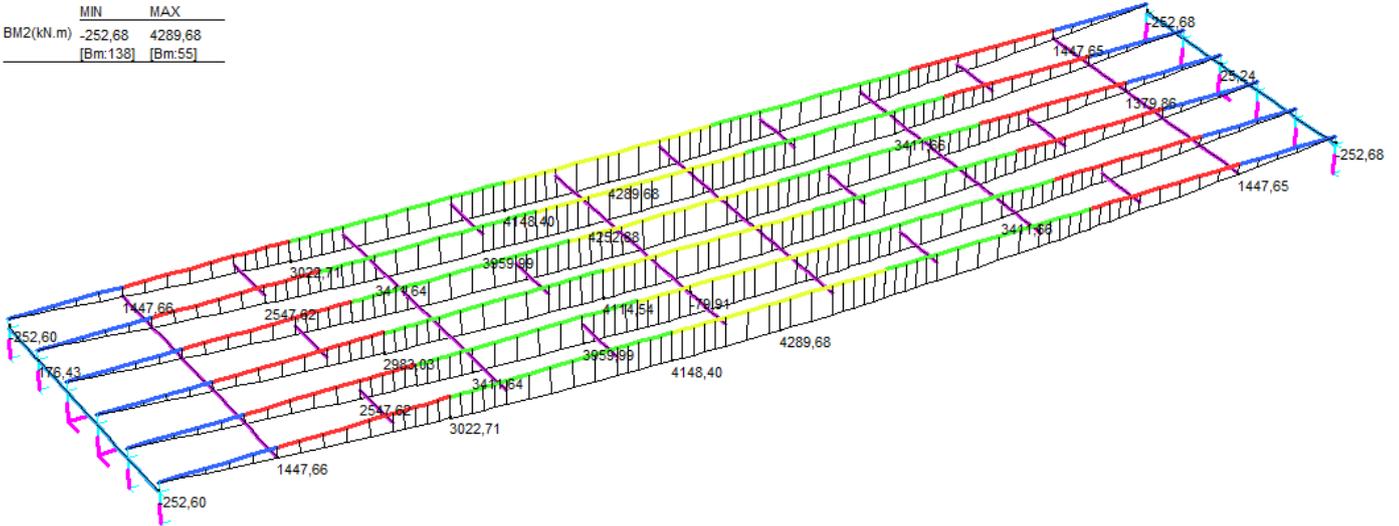


Figura 56 - Modello fase 2a - PPNS senza barriera antirumore - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-568,07	568,07
	[Bm.15]	[Bm.1]

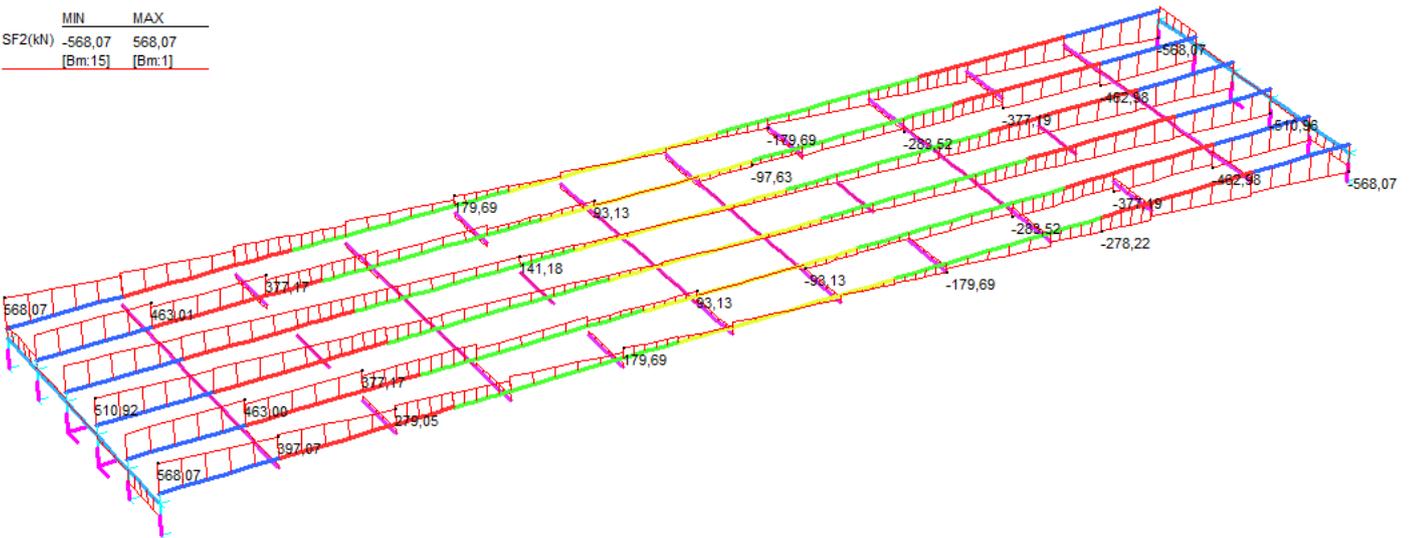


Figura 57 - Modello fase 2a - PPNS senza barriera antirumore - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	118

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-688,62	4839,69
	[Bm:138]	[Bm:8]

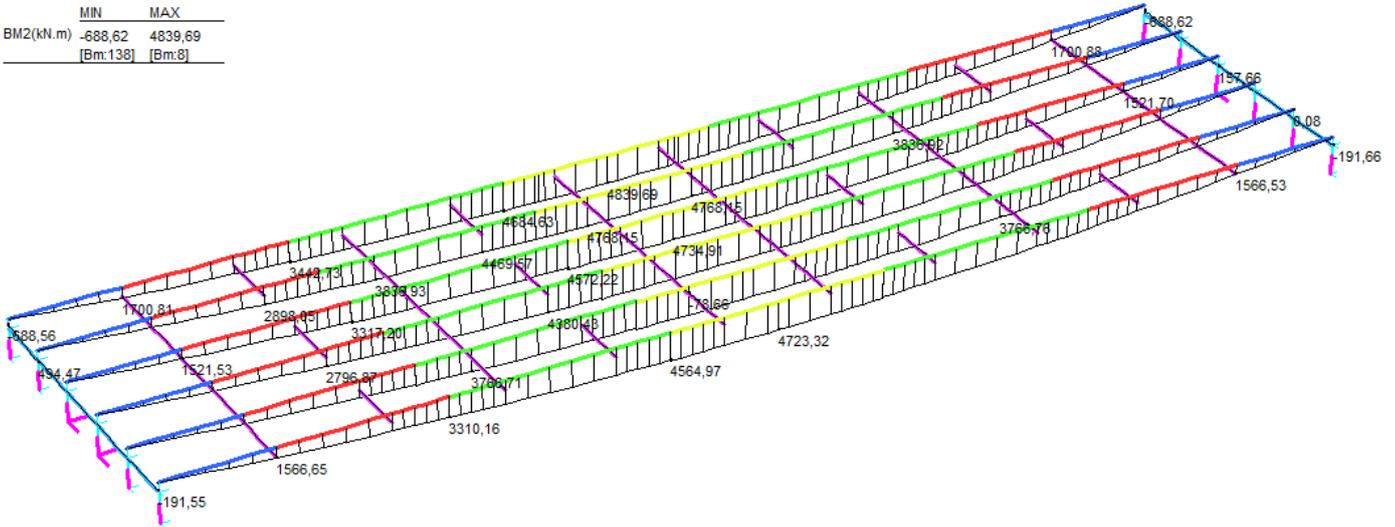


Figura 58 - Modello fase 2a - PPNS con un'unica barriera antirumore - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-718,51	718,49
	[Bm:15]	[Bm:1]

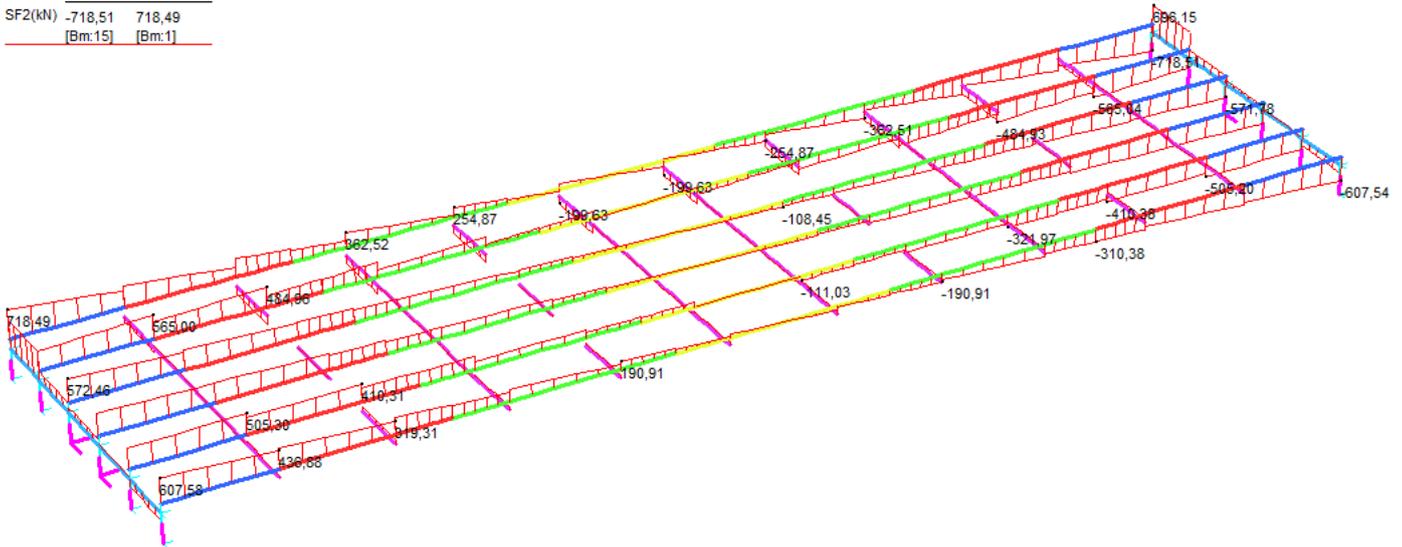


Figura 59 - Modello fase 2a - PPNS con un'unica barriera antirumore - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	119

	MIN	MAX
BM2 (kN.m)	-630,76	5232,86
	[Bm:138]	[Bm:55]

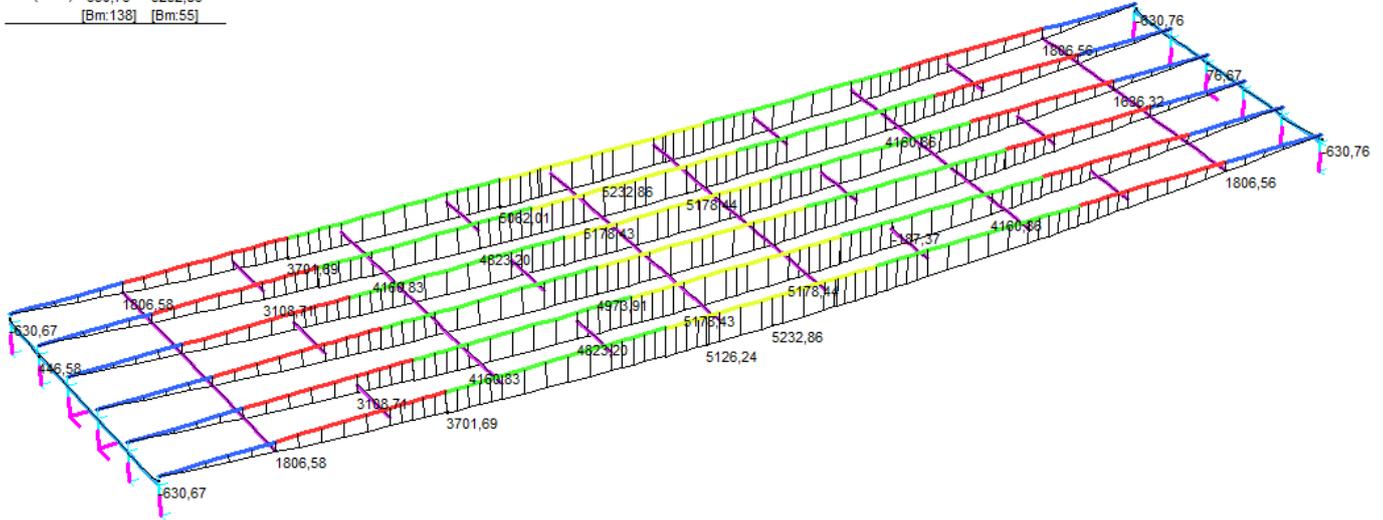


Figura 60 - Modello fase 2a - PPNS con due barriere antirumore - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2 (kN)	-753,73	753,74
	[Bm:15]	[Bm:1]

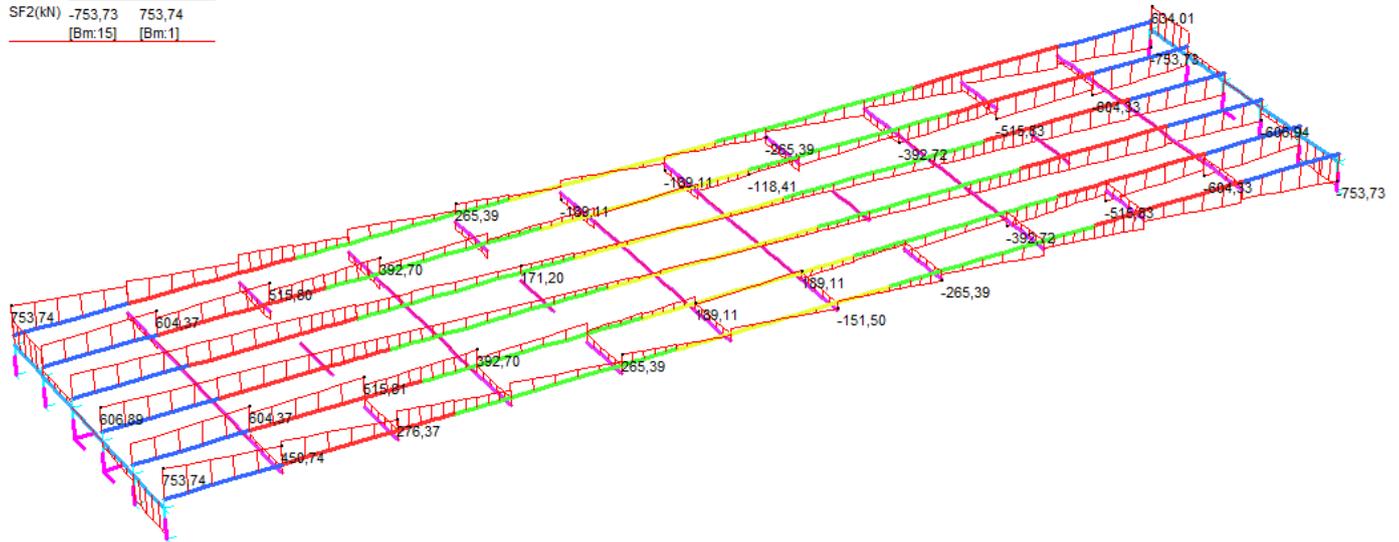


Figura 61 - Modello fase 2a - PPNS con due barriere antirumore - Taglio (kN)

Essendo l'impalcato isostatico, le sollecitazioni di taglio e momento dovute alle azioni di ritiro secondario per il modello di fase 2b e di temperatura per il modello fase 3a sono nulli. Si omettono pertanto i grafici associati per motivi di brevità.

Nel seguito si riportano le sollecitazioni dovute ai carichi da treno nella configurazione che massimizza il momento flettente in campata.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	120

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-652,80	3743,86
	[Bm:140]	[Bm:52]

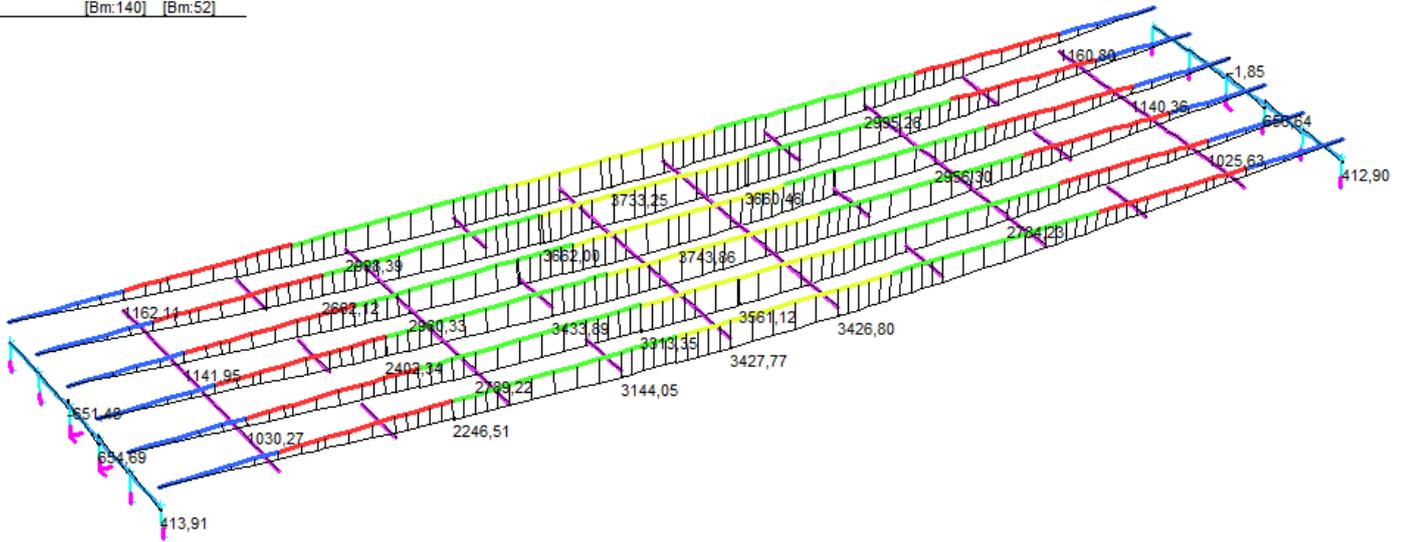


Figura 62 - Modello fase 3b - Azione verticale associata al passaggio di SW/2 sul binario 1 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-463,28	770,26
	[Bm:81]	[Bm:140]

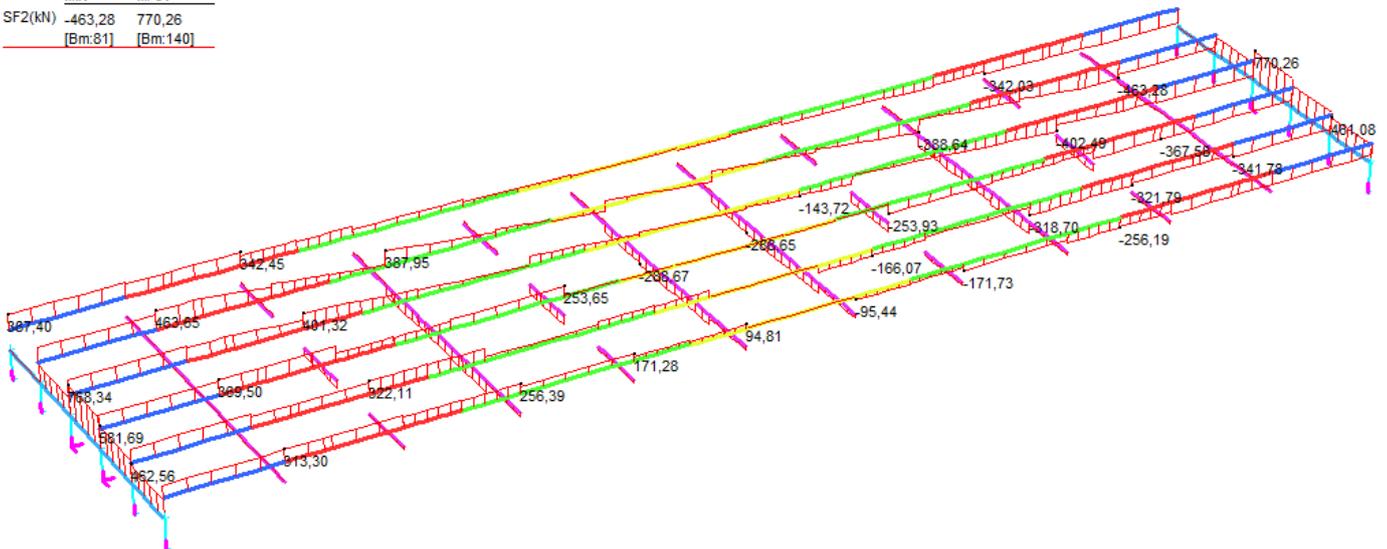


Figura 63 - Modello fase 3b - Azione verticale associata al passaggio di SW/2 sul binario 1 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	121

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-527,88	3049,53
	[Bm:140]	[Bm:53]

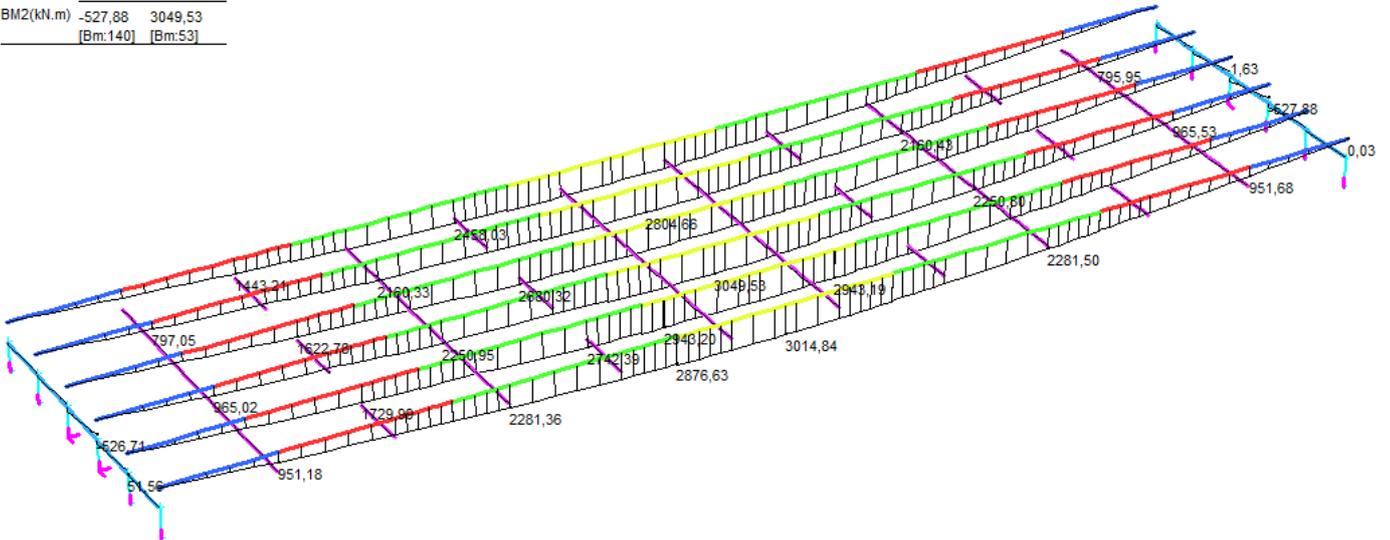


Figura 64 - Modello fase 3b - Azione verticale dovuta al passaggio di LM71 sul binario 2 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-618,23	404,67
	[Bm:140]	[Bm:19]

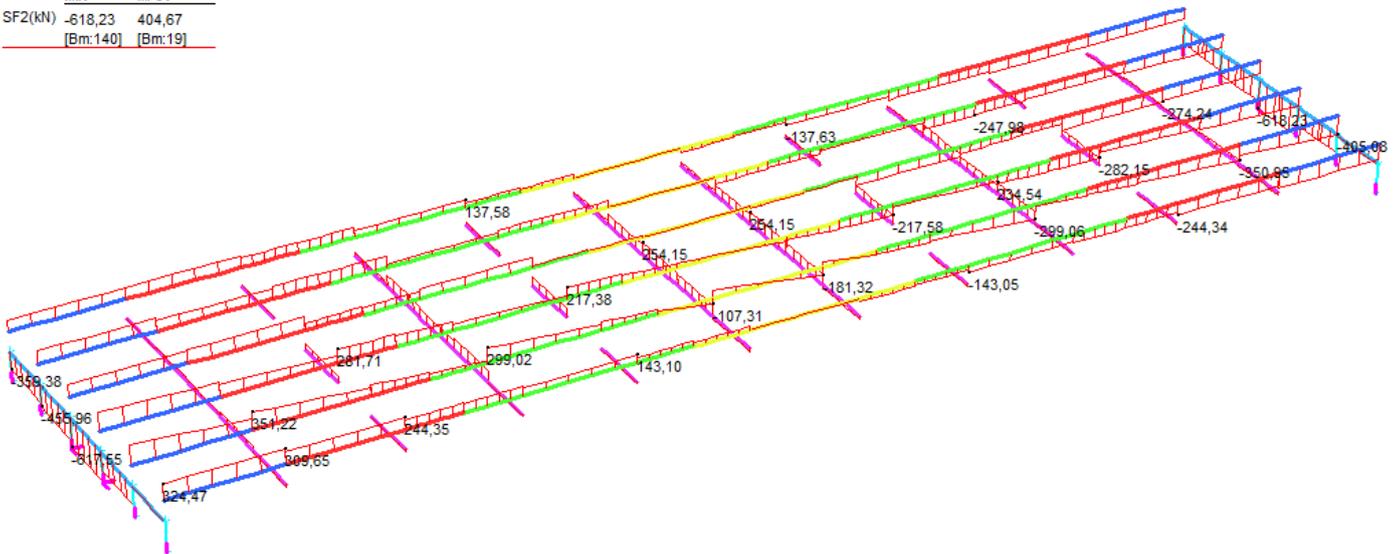


Figura 65 - Modello fase 3b - Azione verticale associata al passaggio del treno LM71 sul binario 2 - Taglio (kN)

Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	122

MIN MAX
BM2(kN.m) -47,05 45,05
 [Bm:140] [Bm:139]

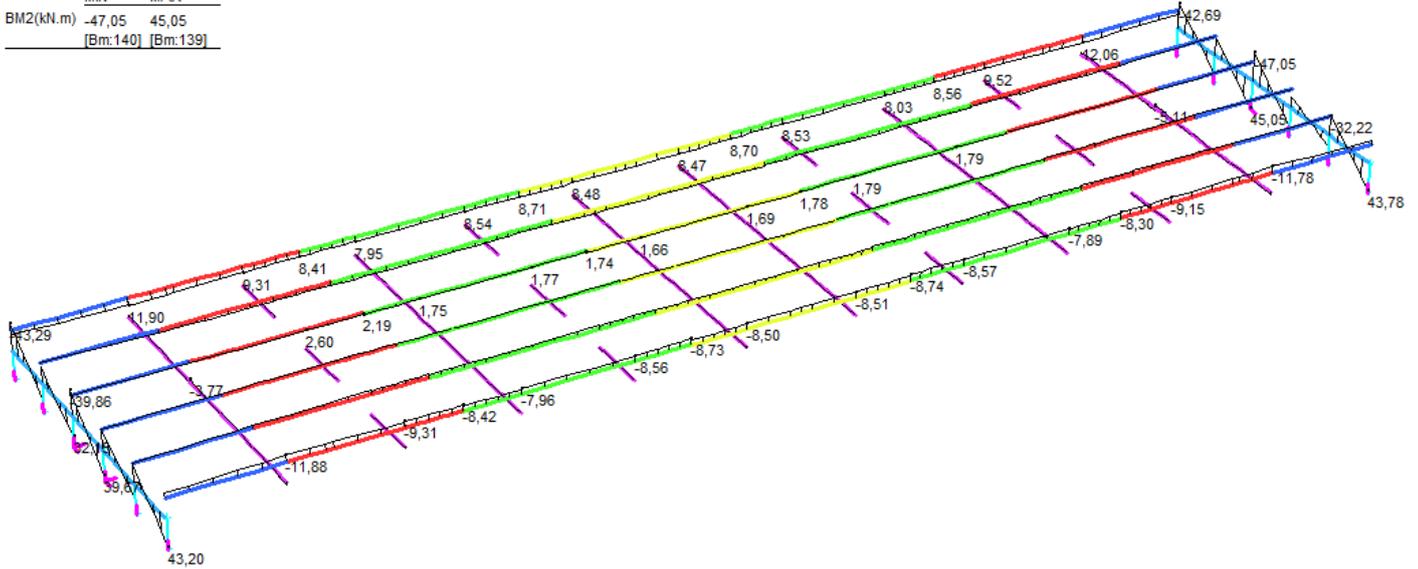


Figura 66 - Modello fase 3b - Centrifuga associata a SW/2 - Momento flettente (kNm)

MIN MAX
SF2(kN) -1,63 46,82
 [Bm:86] [Bm:140]

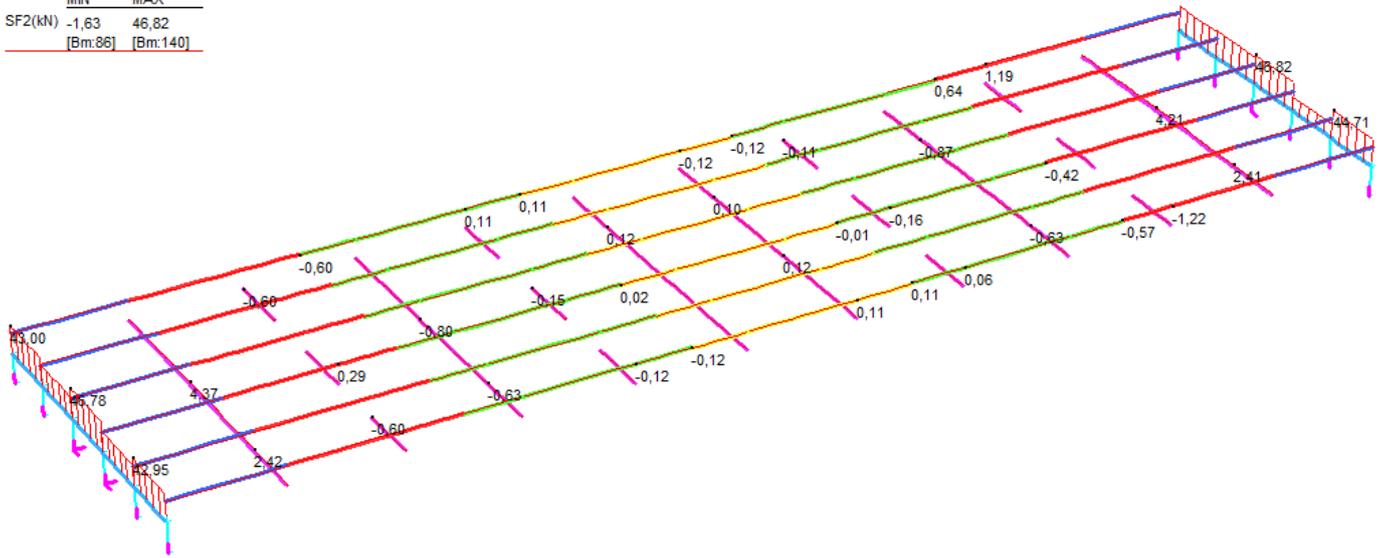


Figura 67 - Modello fase 3b - Centrifuga associata a SW/2 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	123

MIN MAX
BM2(kN.m) -61,71 59,06
[Bm:140] [Bm:139]

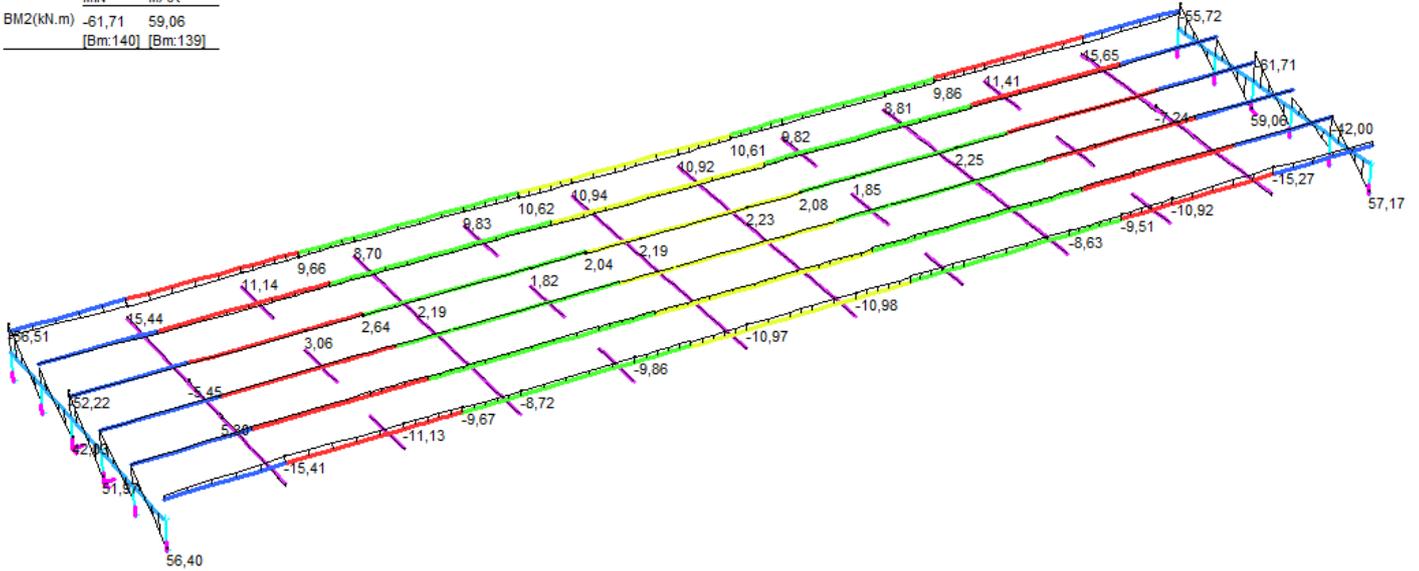


Figura 68 - Modello fase 3b - Centrifuga associata a LM71 (caso A) - Momento flettente (kNm)

MIN MAX
SF2(kN) -2,04 61,34
[Bm:86] [Bm:140]

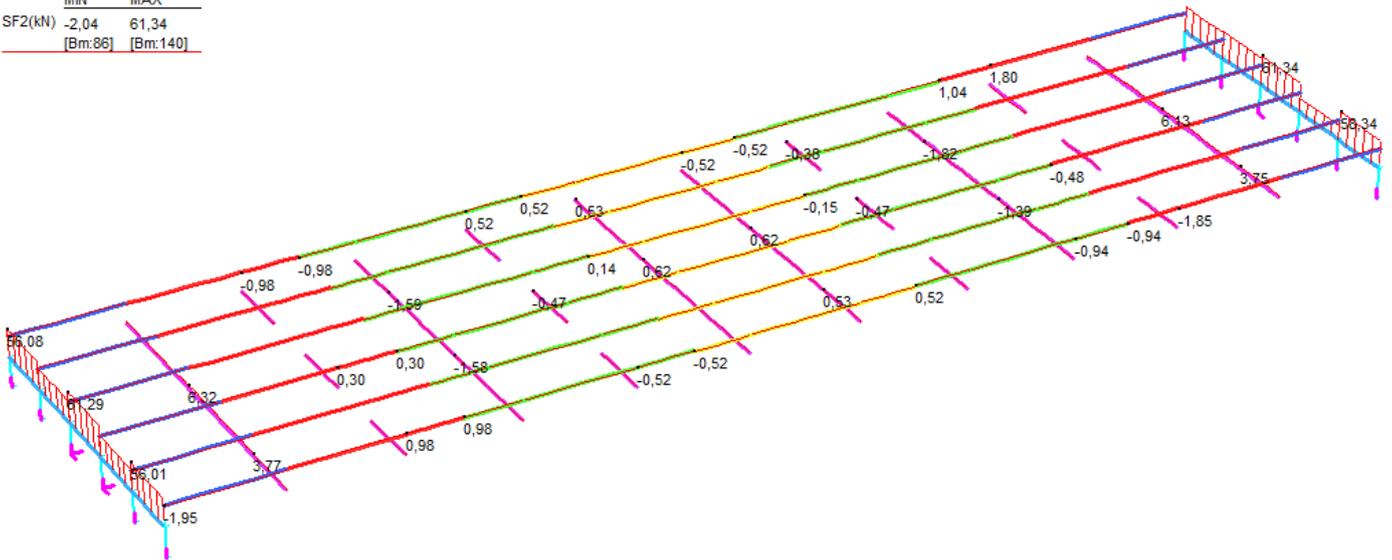


Figura 69 - Modello fase 3b - Centrifuga associata a LM71 (caso A) - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	124

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-91,09	731,20
	[Bm:99]	[Bm:18]

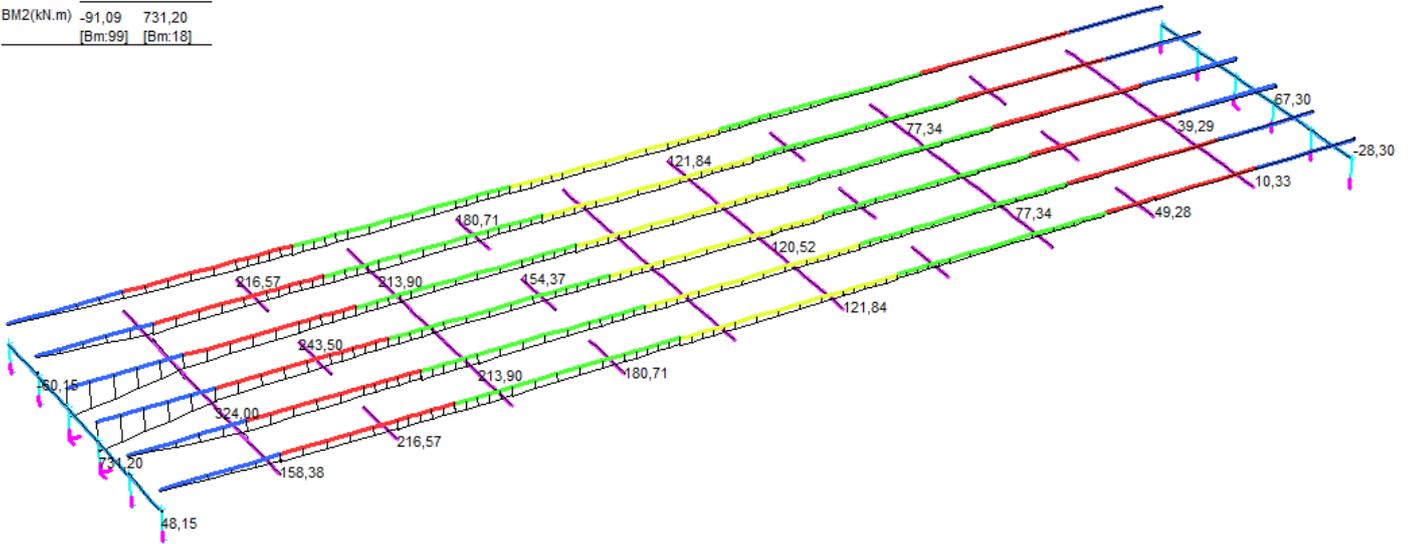


Figura 70 - Modello fase 3b - Frenatura modello di carico SW/2 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-148,28	112,81
	[Bm:18]	[Bm:97]

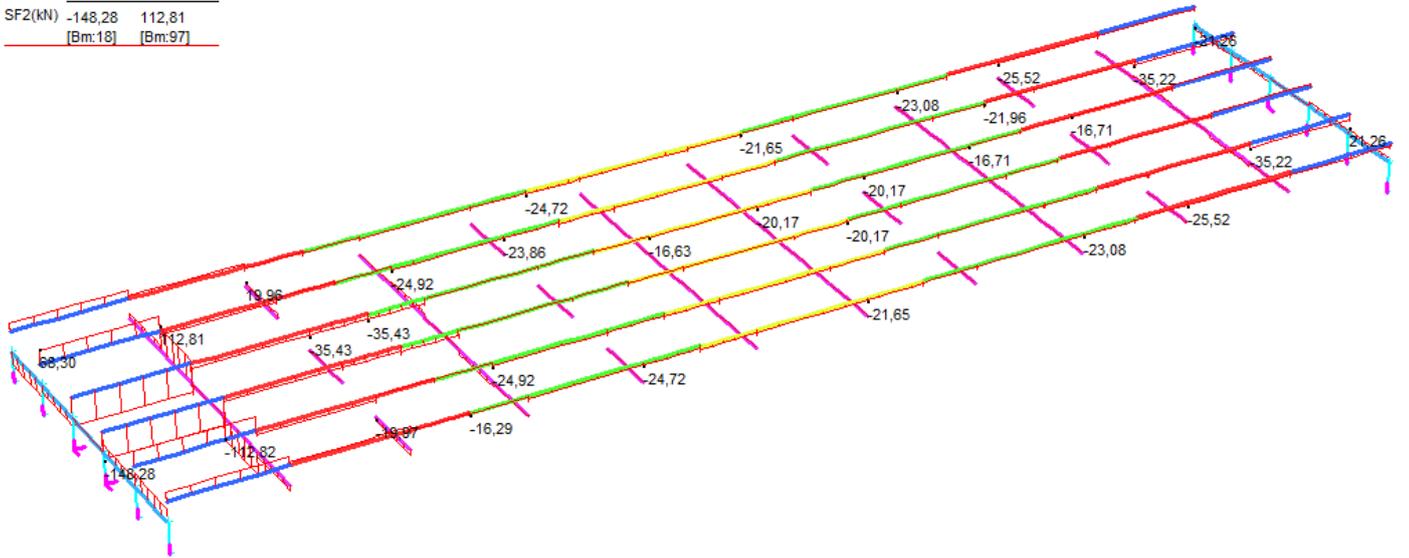


Figura 71 - Modello fase 3b - Frenatura modello di carico SW/2 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	125

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-57,34	460,29
	[Bm:99]	[Bm:18]

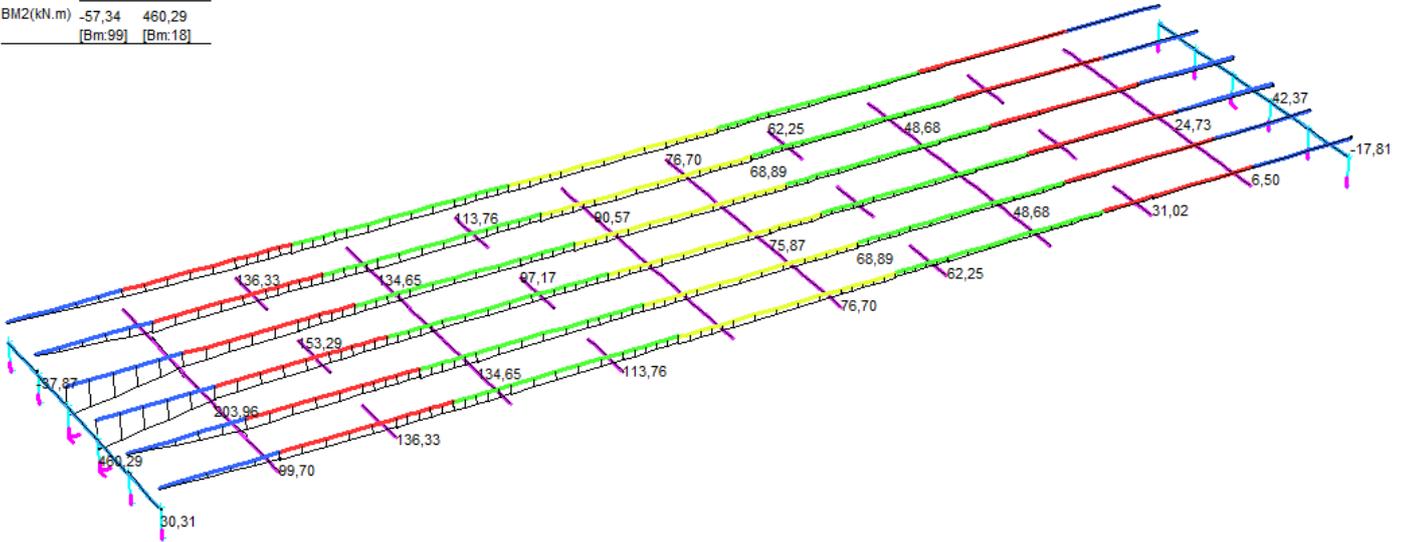


Figura 72 - Modello fase 3b - Frenatura modello di carico LM71 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-93,33	71,02
	[Bm:18]	[Bm:97]

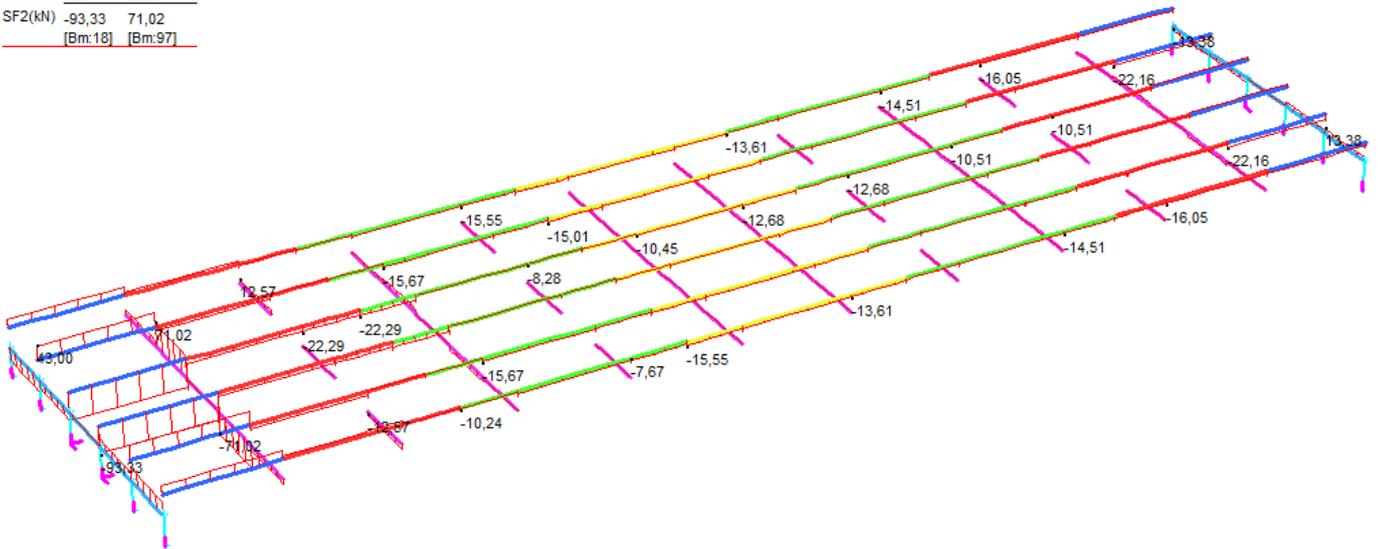


Figura 73 - Modello fase 3b - Frenatura modello di carico LM71 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	126

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-78,12	627,10
	[Bm:99]	[Bm:18]

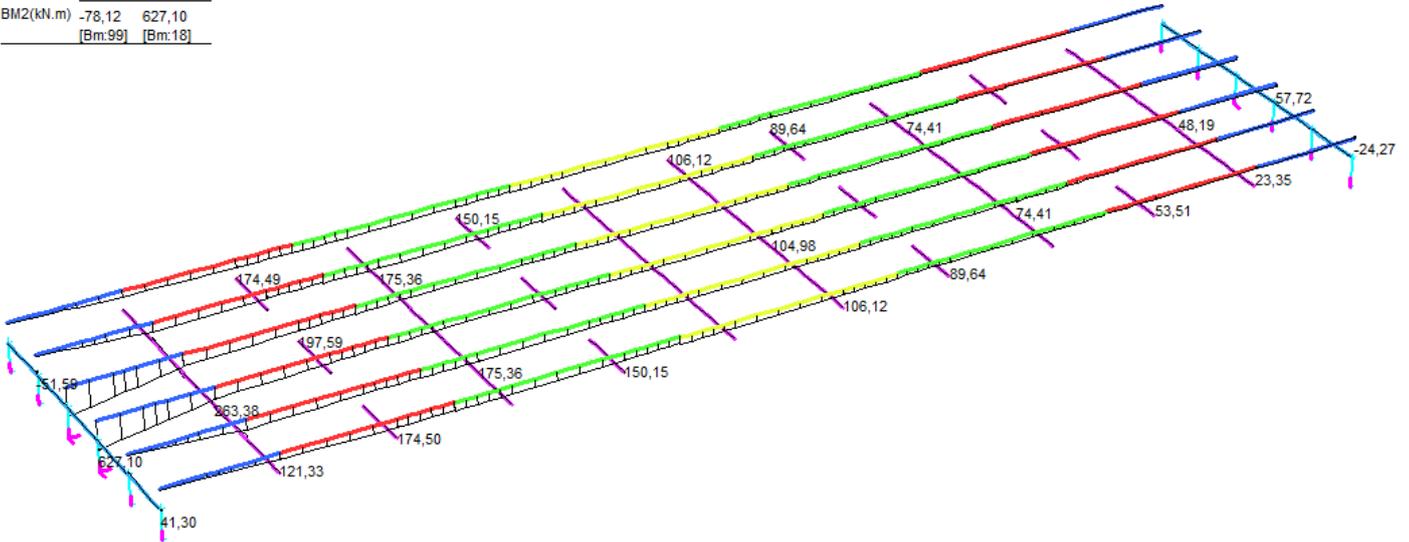


Figura 74 - Modello fase 3b - Avviamento modello di carico SW/2 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-127,16	96,75
	[Bm:18]	[Bm:97]

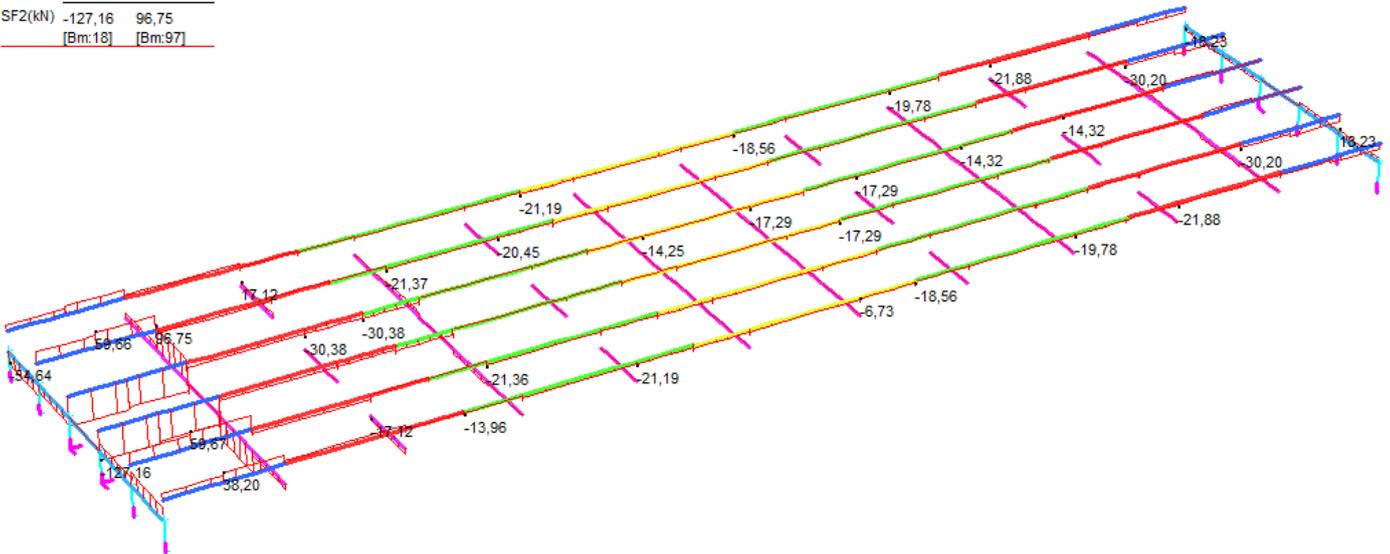


Figura 75 - Modello fase 3b - Avviamento modello di carico SW/2 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	127

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-85,94	689,82
	[Bm:99]	[Bm:18]

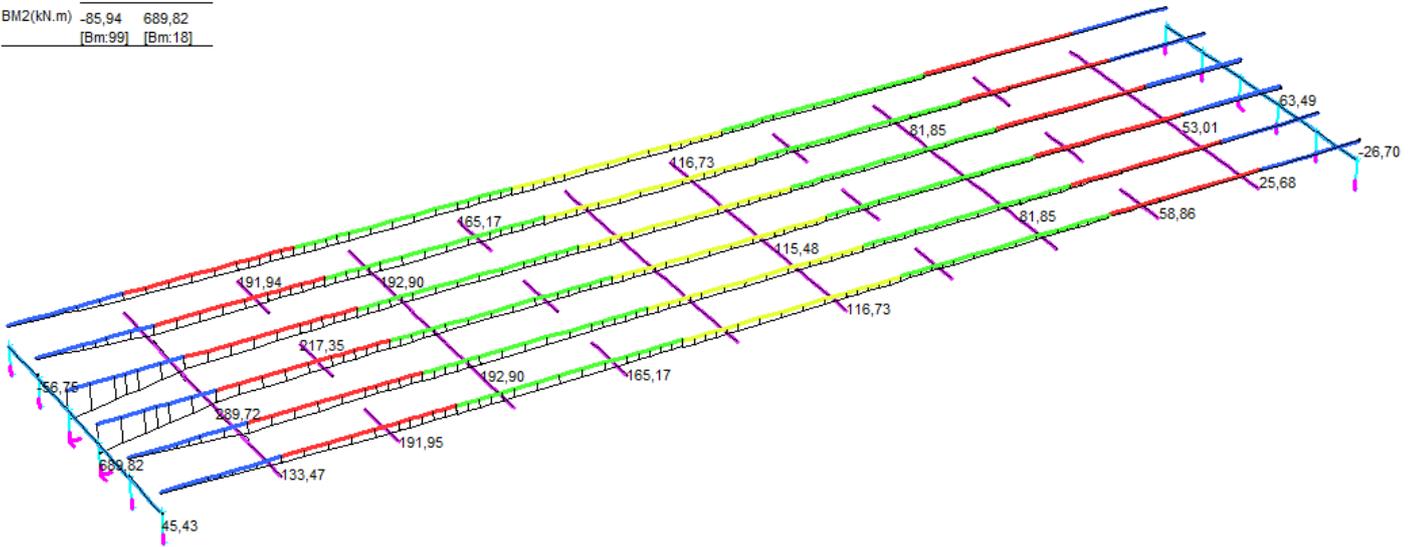


Figura 76 - Modello fase 3b - Avviamento modello di carico LM71 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-139,87	106,43
	[Bm:18]	[Bm:97]

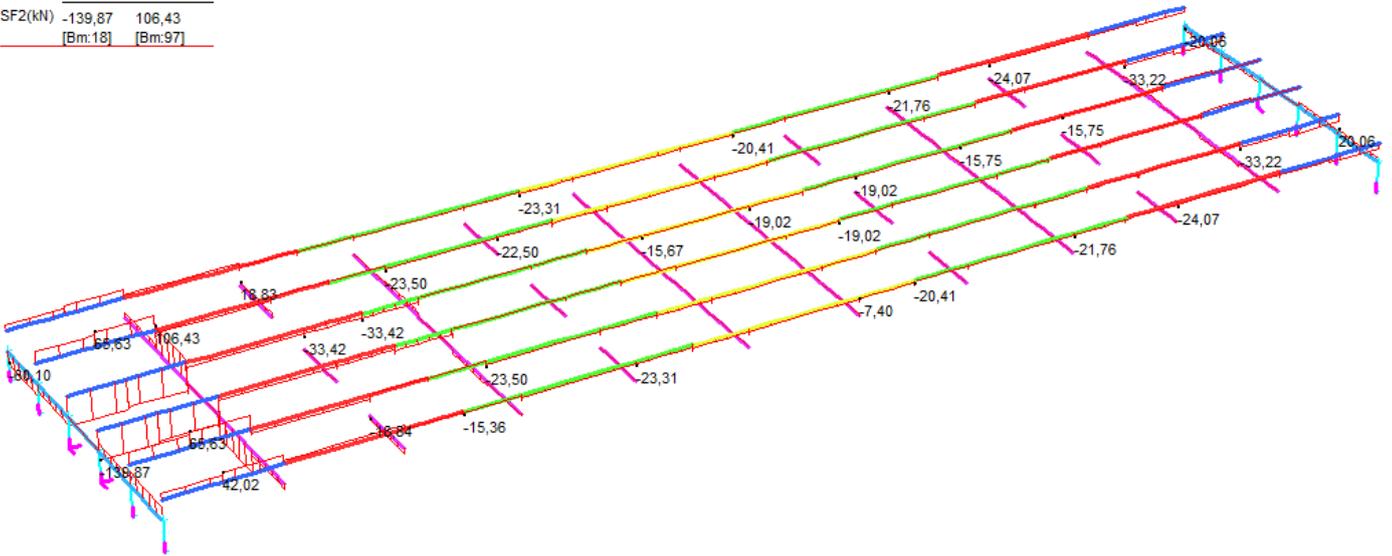


Figura 77 - Modello fase 3b - Avviamento modello di carico LM71 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	128

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-167,53	1194,94
	[Bm:91]	[Bm:8]

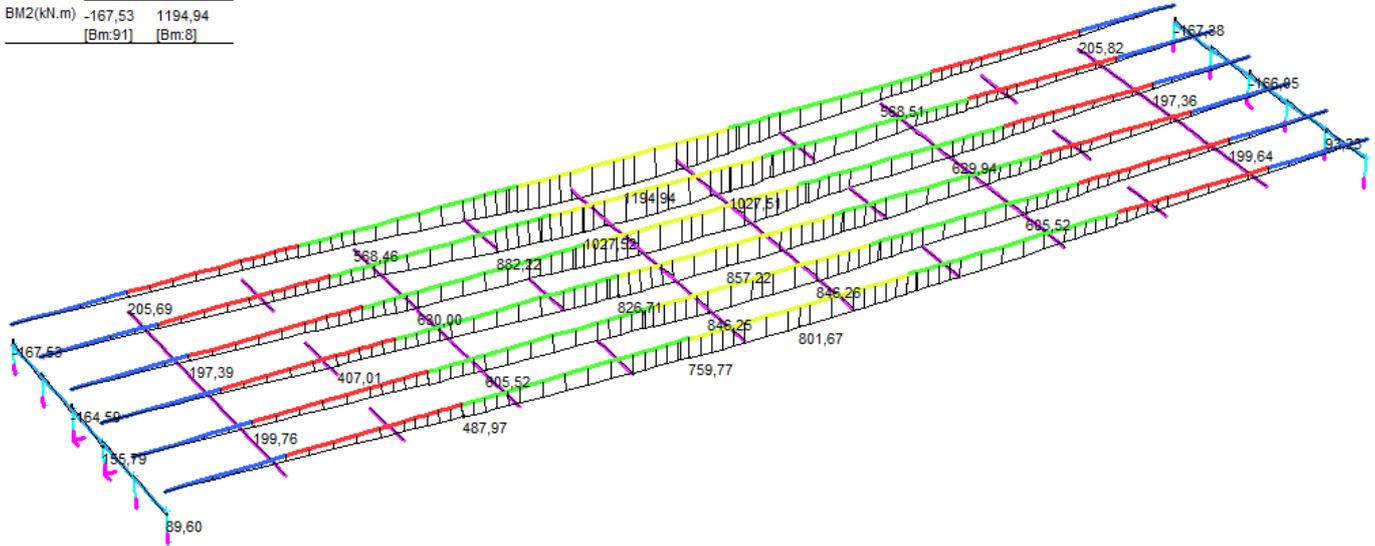


Figura 78 - Modello fase 3b - Deragliamento caso 1 su binario 1 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-203,21	188,61
	[Bm:118]	[Bm:140]

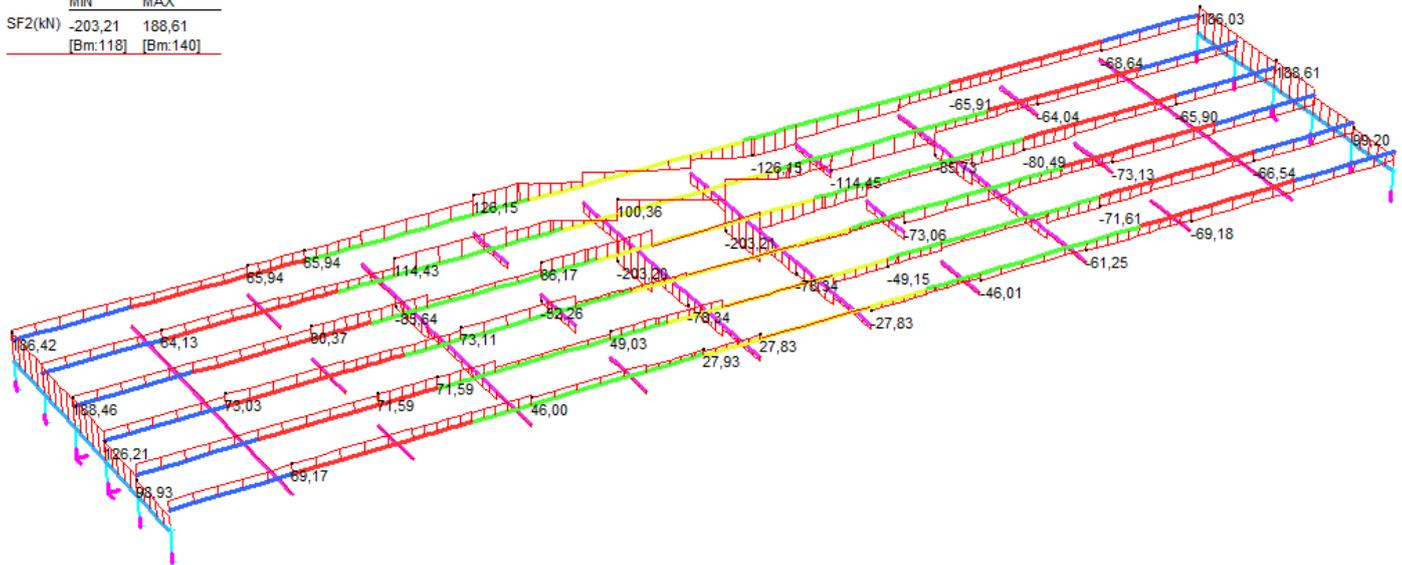


Figura 79 - Modello fase 3b - Deragliamento caso 1 su binario 1 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	129

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-744,74	2359,25
	[Bm:91]	[Bm:8]

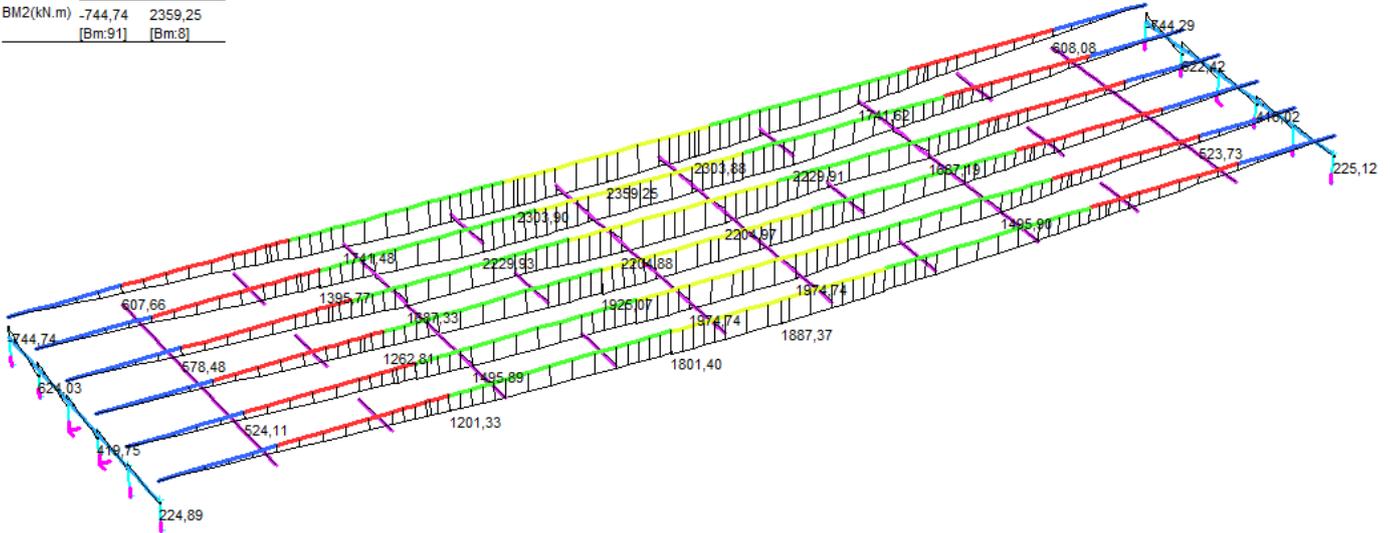


Figura 80 - Modello fase 3b - Deragliamento caso 2 su binario 1 - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-343,65	805,16
	[Bm:126]	[Bm:91]

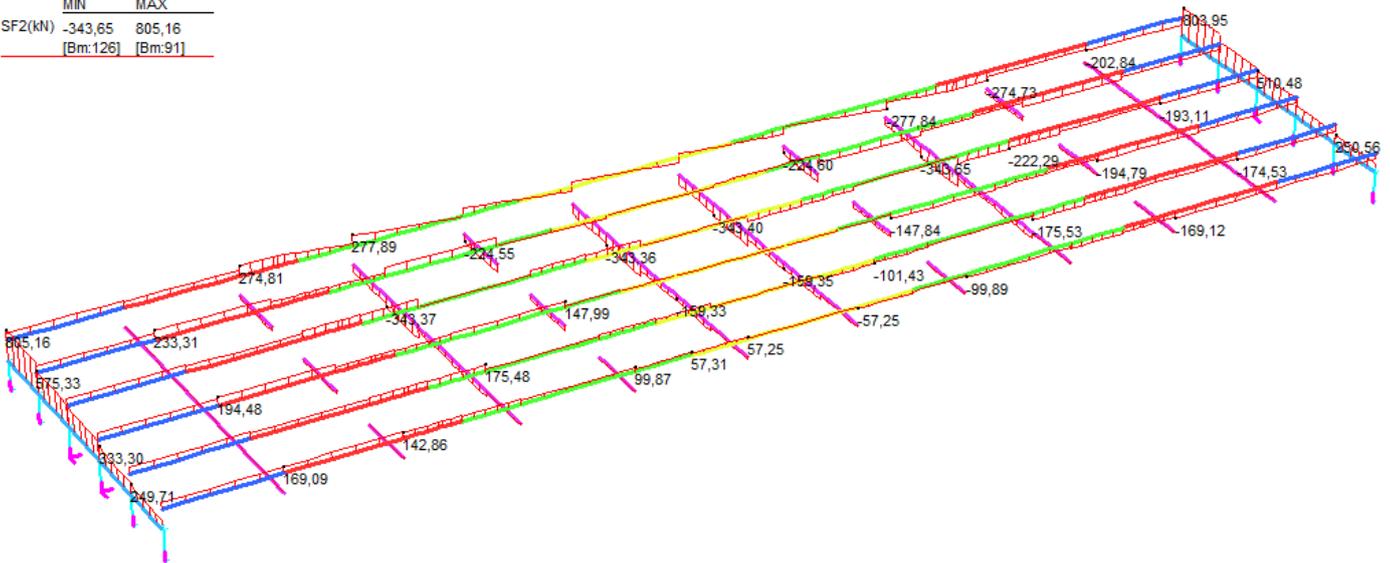


Figura 81 - Modello fase 3b - Deragliamento caso 2 su binario 1 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	130

MIN MAX
BM2(kN.m) -21,61 20,85
 [Bm:140] [Bm:139]

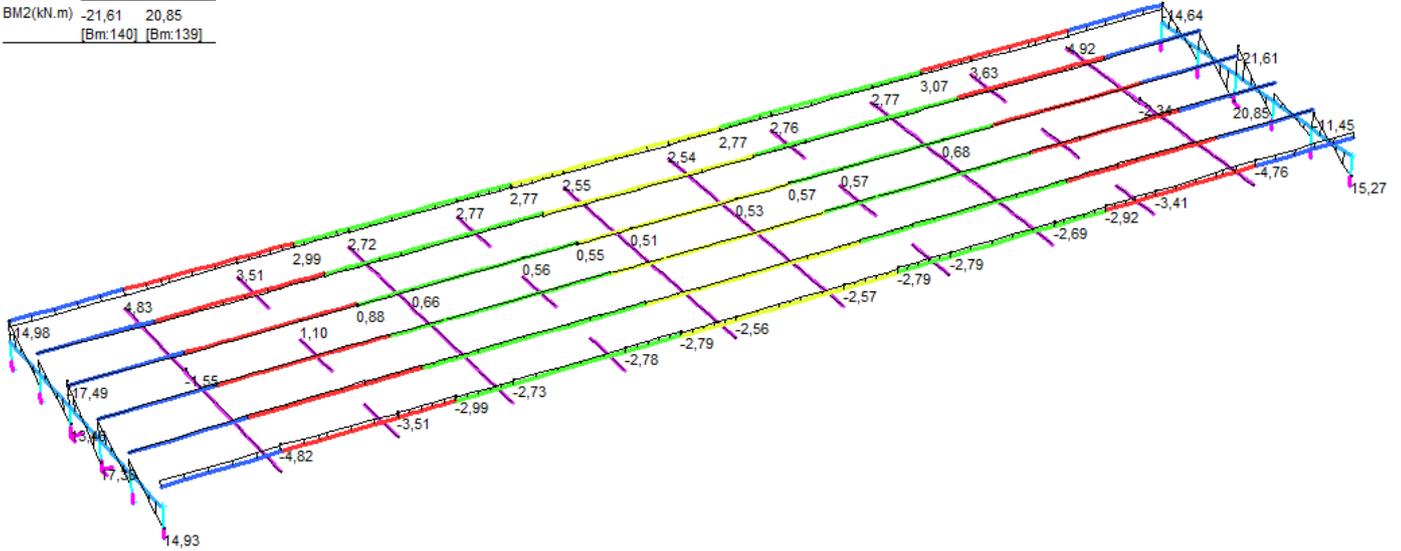


Figura 82 - Modello fase 3b - Serpeggio modello di carico SW/2 - Momento flettente (kNm)

MIN MAX
SF2(kN) -0,78 20,53
 [Bm:86] [Bm:140]

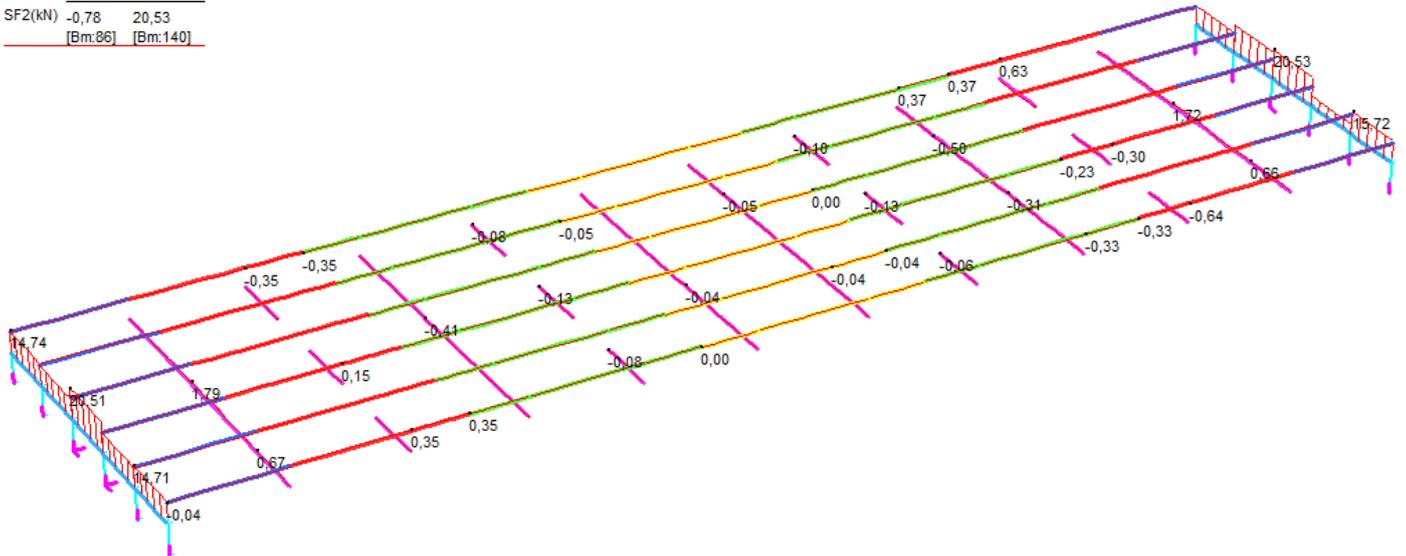


Figura 83 - Modello fase 3b - Serpeggio modello di carico SW/2 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	131

MIN MAX
BM2(kN.m) -30,99 29,88
[Bm:140] [Bm:139]

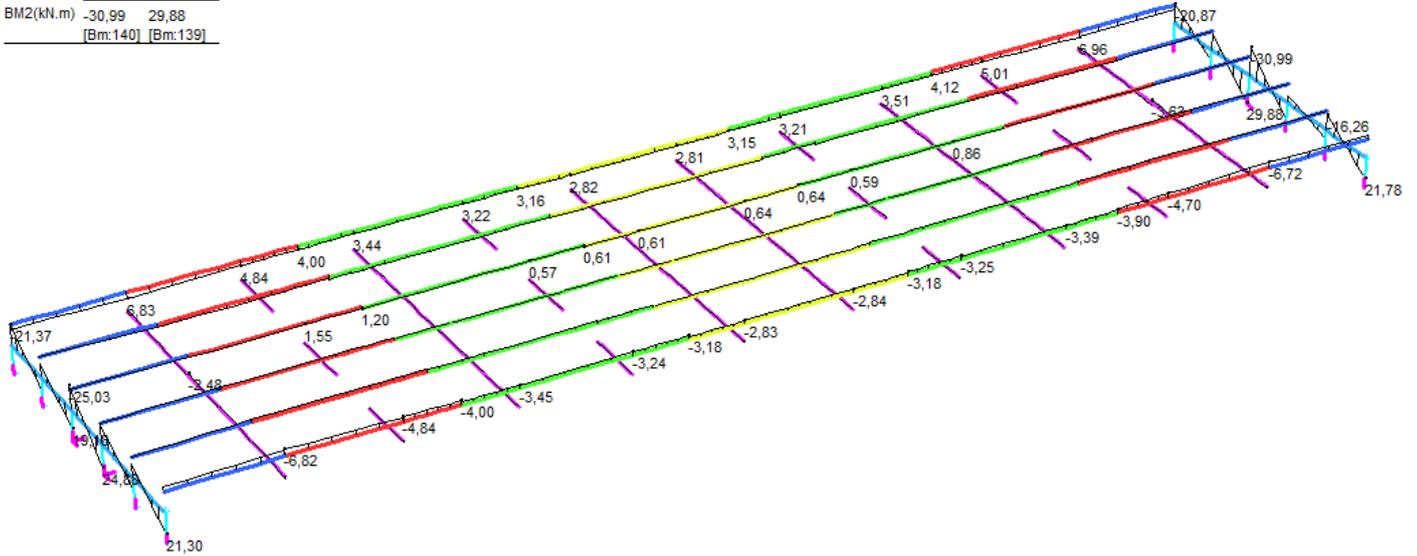


Figura 84 - Modello fase 3b - Serpeggio modello di carico LM71 - Momento flettente (kNm)

MIN MAX
SF2(kN) -1,11 29,38
[Bm:86] [Bm:140]

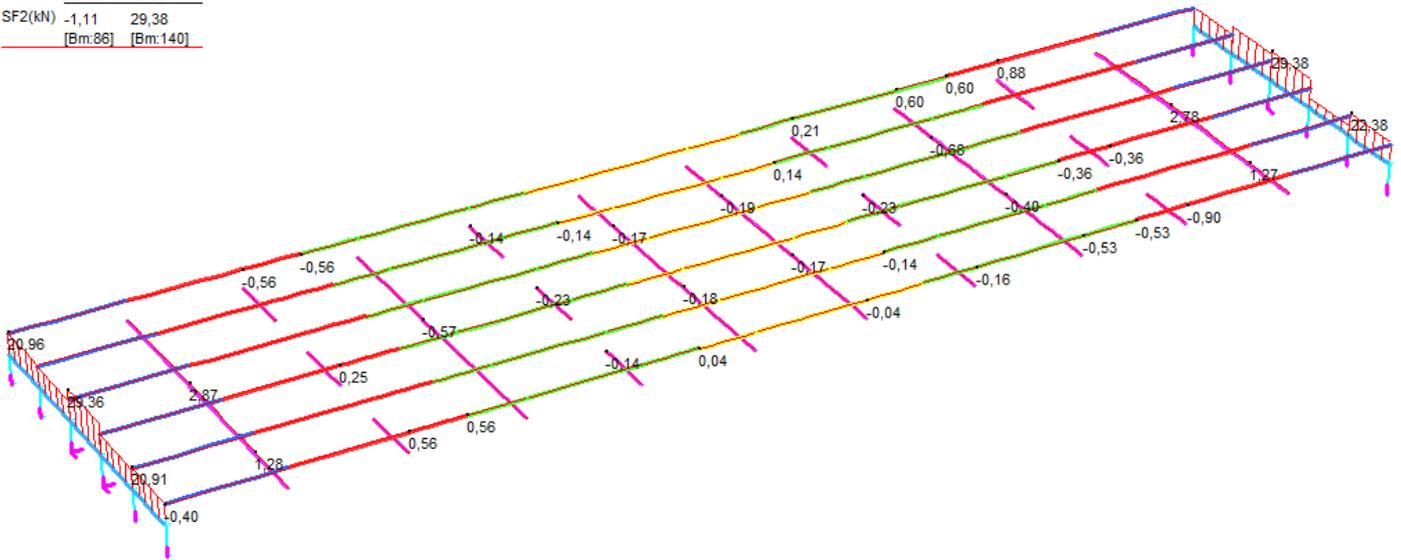


Figura 85 - Modello fase 3b - Serpeggio modello di carico LM71 - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	132

MIN MAX
BM2(kN.m) -76,81 76,86
[Bm:140] [Bm:95]

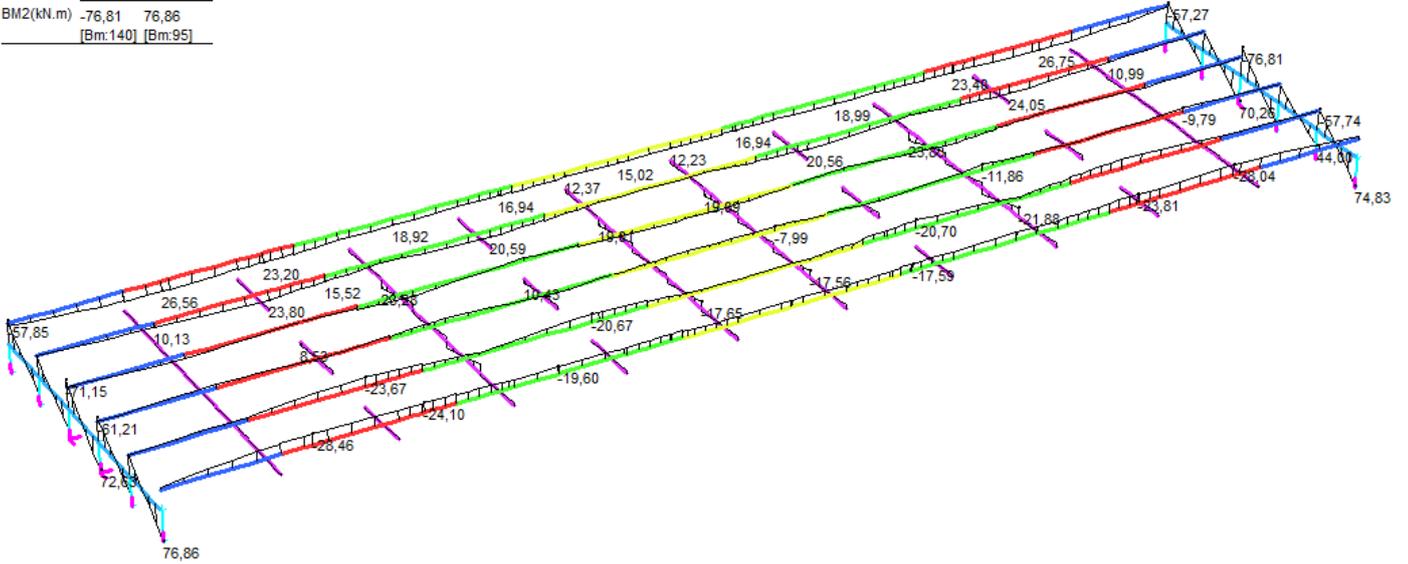


Figura 86 - Modello fase 3b - Vento - Momento flettente (kNm)

MIN MAX
SF2(kN) -24,04 84,58
[Bm:126] [Bm:93]

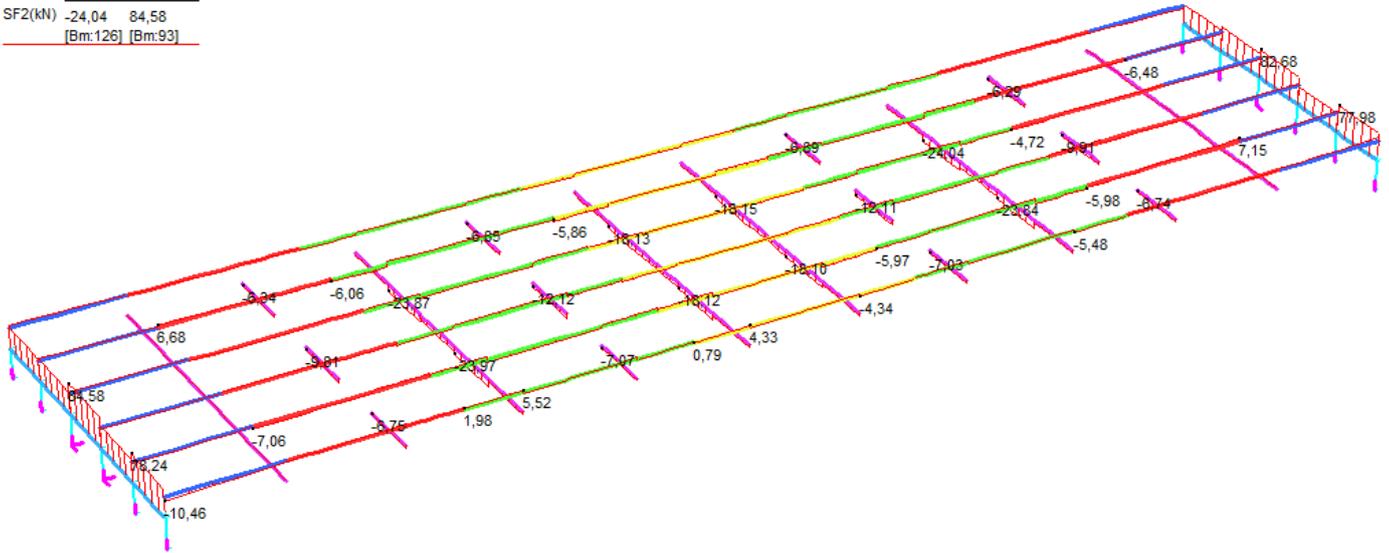


Figura 87 - Modello fase 3b - Vento - Taglio (kN)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

13. VERIFICHE TRAVI

Le verifiche sono state condotte con riferimento alla trave più sollecitata.

I criteri per la verifica della resistenza delle sezioni (cross section checks) sono contenuti nelle NTC cap 4.2., 4.3 e relative Istruzioni, e risultano in completo accordo con quanto previsto in Eurocodice. (rif. EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2).

Nel prosieguo si farà riferimento puntuale a quest'ultimo testo, caratterizzato da una trattazione più omogenea, e da un riferimento più puntuale relativamente alle varie regole applicative.

Nell'ambito dei vari S.L. considerati, si effettuano le seguenti verifiche sezionali:

S.L.U. : resistenza delle sezioni (incluse verifiche di local buckling)

S.L.E. : limitazione delle tensioni
web breathing

I medesimi S.L. verranno esaminati per la verifica della connessione trasverso-soletta; relativamente alle verifiche effettuate si rimanda allo specifico paragrafo.

Il complesso delle precedenti verifiche viene effettuato in automatico dal programma "Ponti EC4" per tutte le sezioni critiche, di cui nel seguito vengono esposte in dettaglio le modalità operative attraverso il commento della reportistica di uno o più sezioni prese a campione.

13.1 RESISTENZA DELLE SEZIONI SLU

Le verifica S.L.U. di resistenza della sezione viene effettuata attraverso in seguenti passaggi:

- **Preclassificazione della sezione**

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sottocomponenti

- **Analisi plastica**

Tracciamento dei domini di resistenza della sezione N/M_{rd} ed $N/M_{f,rd}$ (dominio della sezione privata dell'anima)

- **Classificazione effettiva della sezione**

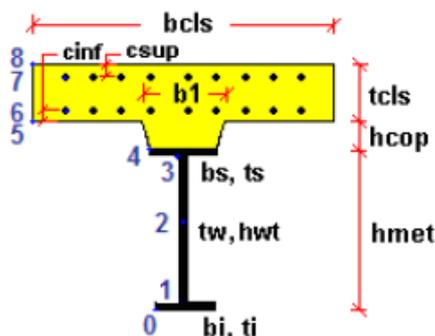
Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti)

- **Verifica a plastica a pressoflessione (sezioni cl. 1 e 2):**

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento plastico $\eta_{1,p}$; effettuata con riferimento a N_{Ed} , M_{Ed} agenti isolatamente, e per effetto combinato.

- **Verifica elastica a pressoflessione (sezioni cl. 3-4)**

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento elastico $\eta_{1,e}$, effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3/4 con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde/efficaci. Le caratteristiche geometriche efficaci vengono dedotte in maniera iterativa, tenendo conto delle flessioni parassite che nascono per effetto dell'eccentricità assunta dall'azione assiale di progetto causata dallo "shift" progressivo dell'a.n.e.. Le tensioni vengono valutate in corrispondenza delle 8 fibre indicate nello schema seguente.



MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	134

Nell'ambito del calcolo tensionale, la soletta viene considerata fessurata (non reagente) all'atto dell'annullamento della tensione di compressione valutata in corrispondenza della fibra media. Contestualmente all'annullamento della soletta, si annullano anche le sollecitazioni da ritiro primario.

- **Verifica a taglio - sezioni non soggette a "shear buckling"**

Viene effettuato il calcolo del taglio resistente plastico, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

- **Verifica a taglio - sezioni suscettibili di "shear buckling"**

per sezioni soggette a "shear buckling" viene valutato il coefficiente di riduzione χ_w , e successivamente valutato il taglio resistente $V_{b,Rd}$ come somma dei contributo resistenti dell'anima $V_{bw,Rd}$ e, se applicabile, delle flange $V_{bf,Rd}$.

- **Verifica interazione azione assiale - flessione - taglio (tutte le classi)**

Si adotta univocamente, per tutte le classi di sezione, l'approccio proposto da EN 1993-1-5, cap. 7.1, che consiste nella valutazione di un rapporto di sfruttamento modificato in funzione dei singoli rapporti di sfruttamento valutati per pressoflessione e taglio agenti separatamente. L'adozione di questa formulazione risulta a rigore solo leggermente più cautelativa di quella riservata alle sezioni di classe 1 - 2, per le quali l'interazione N-M-V si risolverebbe con la deduzione di un rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali valutato con riferimento ad una anima opportunamente ridotta per tenere conto dell'influenza del taglio (cfr. EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(2)).

Un'ulteriore ipotesi cautelativa, riservata alla verifica di sezioni in classe 3-4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico η_1 in luogo di quello plastico η_1 , indipendentemente dall'andamento delle tensioni lungo l'anima (a rigore la EN 1993-1-5, cap. 7.1.(4) e (5) prevede tale accortezza solo qualora l'anima risulti interamente in compressione).

Come già evidenziato relativamente al calcolo del contributo resistente a taglio delle flange, le resistenze plastiche della sezione completa e della sezione privata dell'anima sono rilevate direttamente dai rispettivi domini di interazione, per cui:

$$M_{pl,Rd} = M_{pl(N),Rd}$$

$$M_{f,Rd} = M_{f(N),Rd}$$

Si rileva incidentalmente che la disequaglianza associata alla formula di interazione presentata poco sopra evidenzia implicitamente che la formula non è applicabile (non vi è interazione) qualora il momento di progetto sia minore di quello sopportabile dalle sole flange.

Per sezioni in classe 3-4, il momento di progetto M_{Ed} viene valutato sulla base degli stress cumulati nella fibra più sollecitata ($M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} \times \sum \sigma_{x,i} |$).

Per le verifiche delle membrature in calcestruzzo si adotta l'usuale ciclo di verifica previsto dall'eurocode package 2, che comprende:

S.L.U. – verifica per tensioni normali e verifica a taglio

S.L.E. – verifica limitazione delle tensioni

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	135

13.2 SOLLECITAZIONI ANALISI STATICA

Si riportano di seguito gli involuipi SLU di sollecitazione nelle travi, riferiti alla differenti fasi dell'analisi statica.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-3,94	5610,01
	[Bm:15]	[Bm:54]

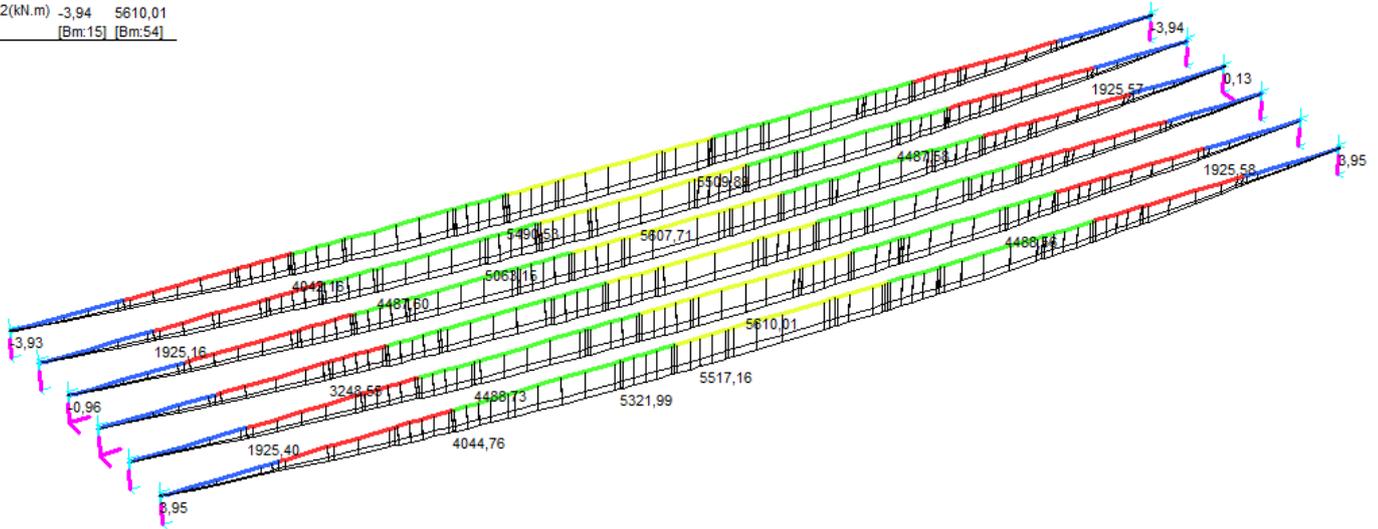


Figura 88 - Modello fase 1 - ENV SLU - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-701,16	701,09
	[Bm:15]	[Bm:1]

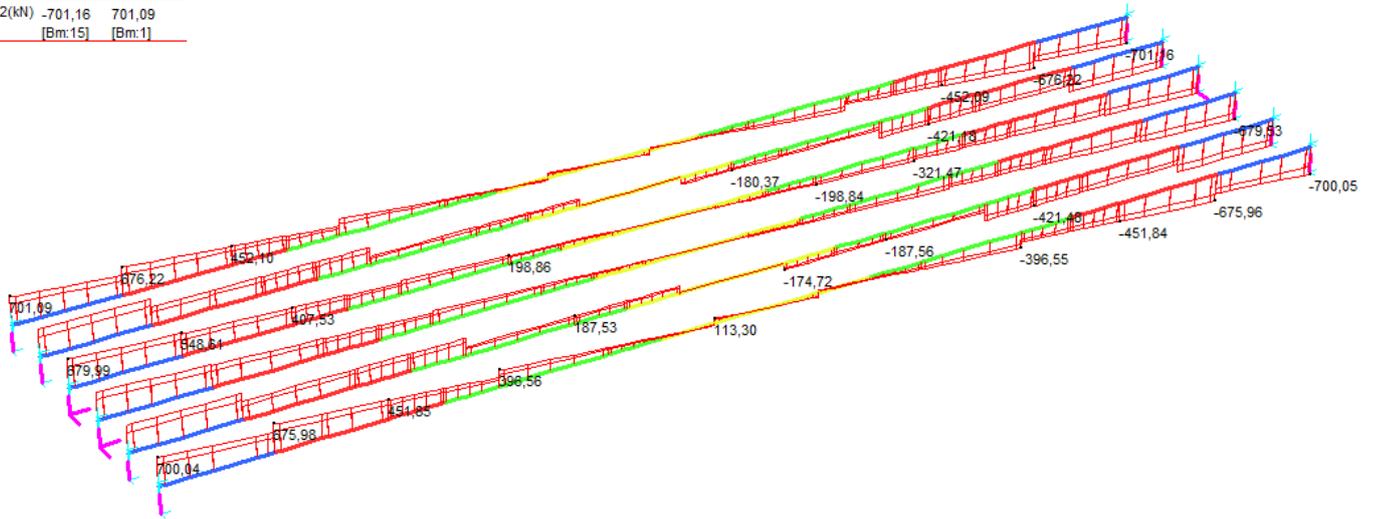


Figura 89 - Modello fase 1 - ENV SLU - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	137

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1130,60	1130,61
	[Bm:15]	[Bm:1]

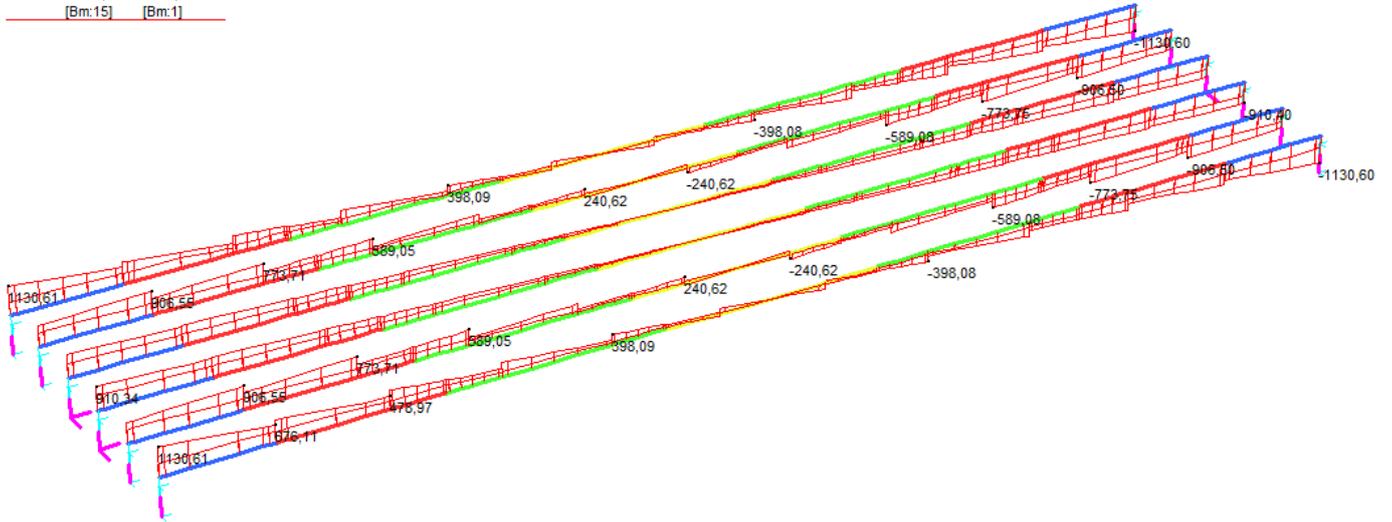


Figura 92 - Modello fase 2a - ENV SLU - Taglio (kN)

	MIN	MAX
Torque(kN.m)	-1168,73	1168,37
	[Bm:16]	[Bm:86]

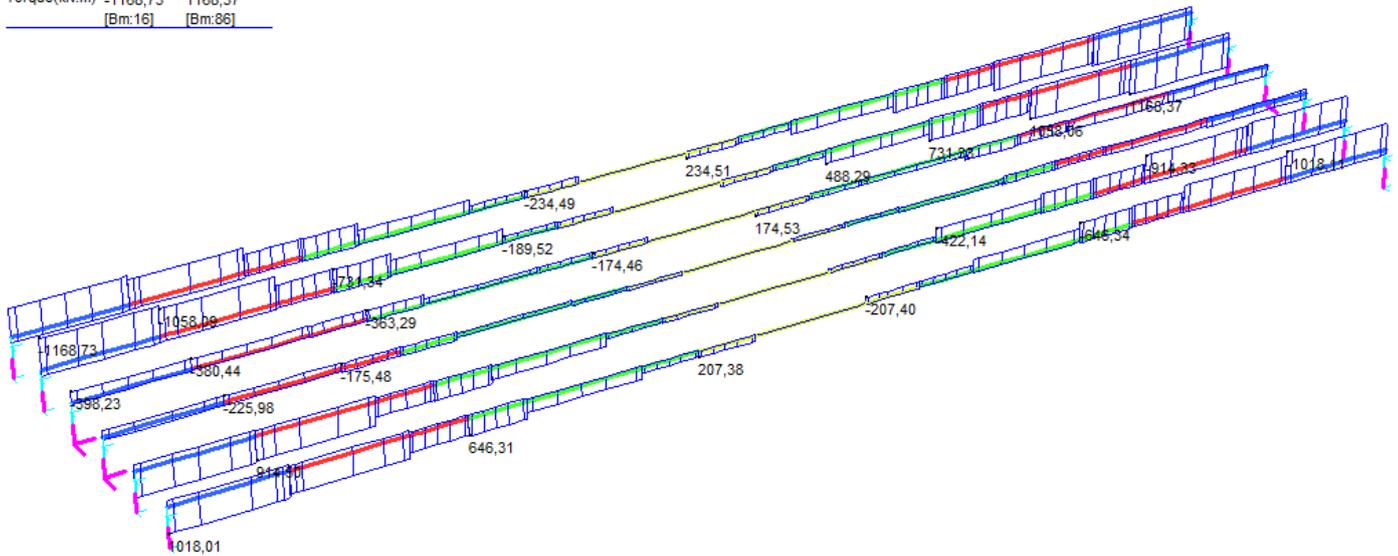


Figura 93 - Modello fase 2a - ENV SLU - Torsione (kNm)

Essendo l'impalcato isostatico, le sollecitazioni di taglio e momento dovuti alle azioni di ritiro secondario per il modello di fase 2b e di temperatura per il modello fase 3a sono nulli. Si omettono pertanto i grafici associati per motivi di brevità.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	138

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-111,02	9920,48
	[Bm.89]	[Bm.54]

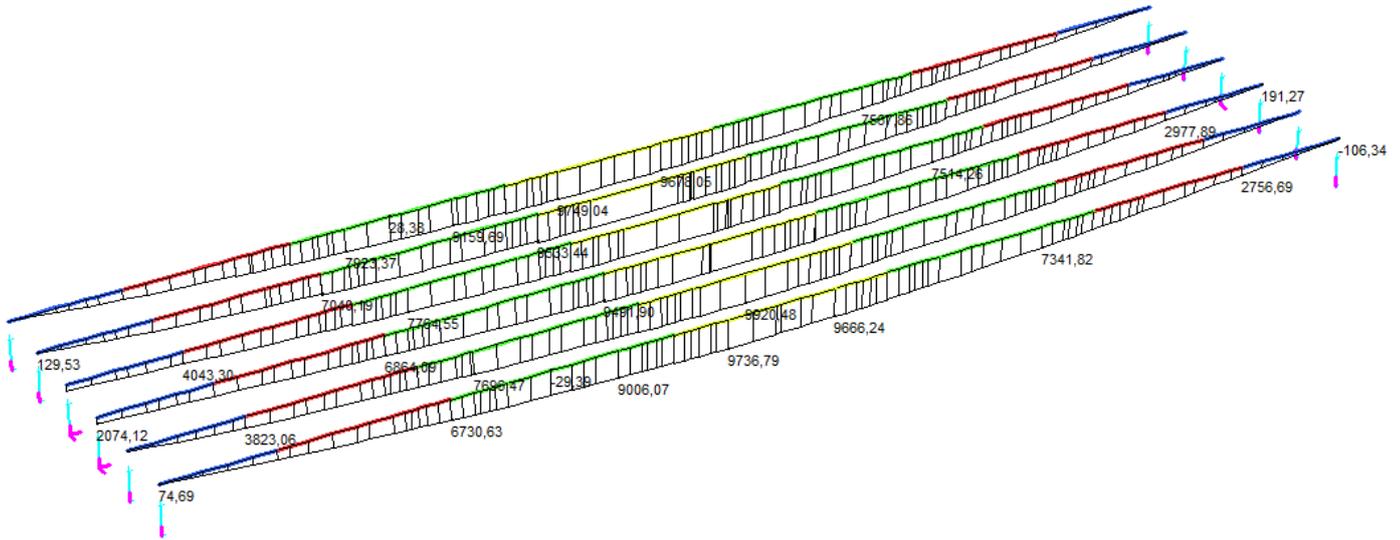


Figura 94 - Modello fase 3b - ENV SLU - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1181,34	1496,69
	[Bm.89]	[Bm.19]

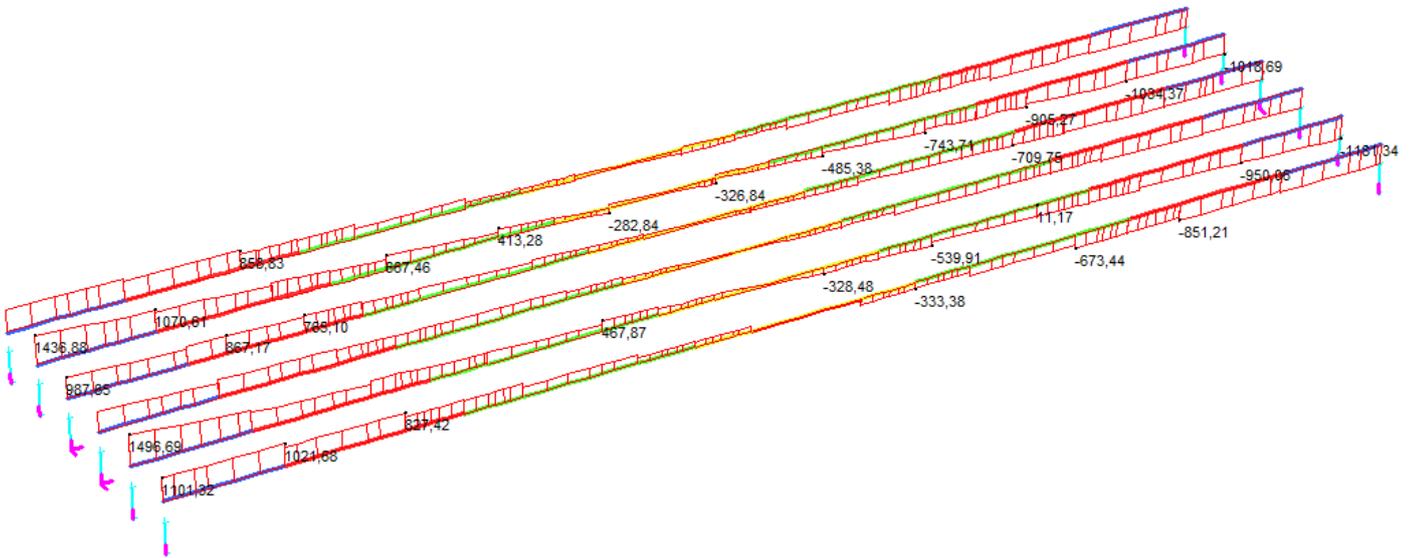


Figura 95 - Modello fase 3b - ENV SLU - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	139

	MIN	MAX
Torque(kN.m)	-2132,42	1934,17
	[Bm.18]	[Bm.88]

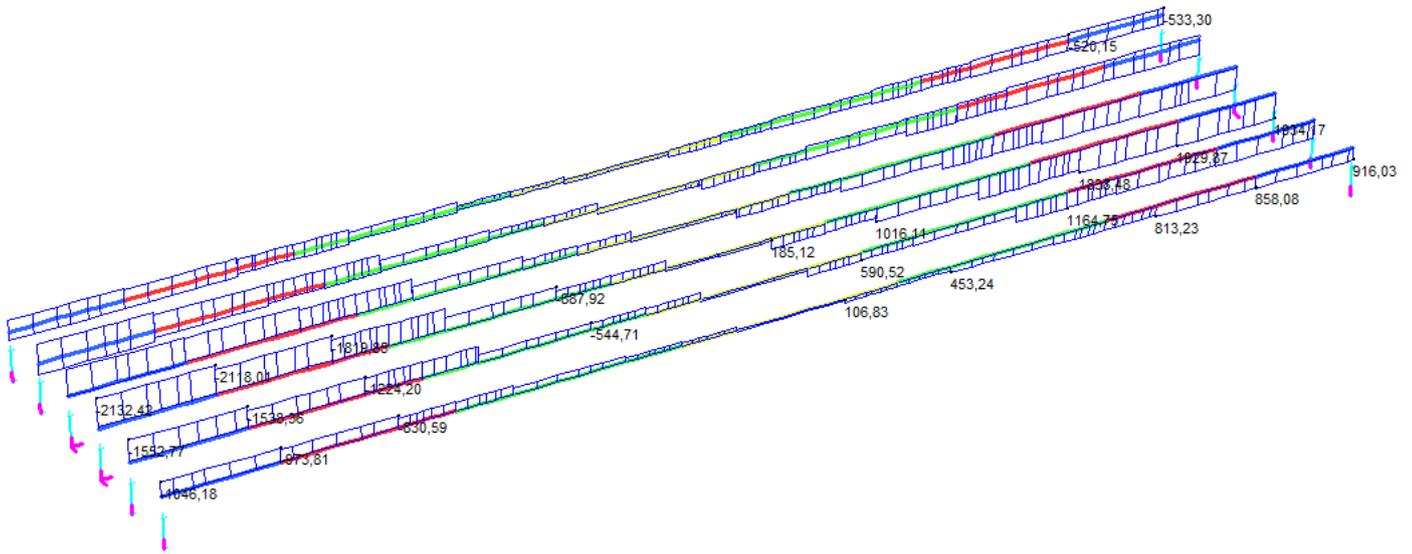


Figura 96 - Modello fase 3b - ENV SLU - Torsione (kNm)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

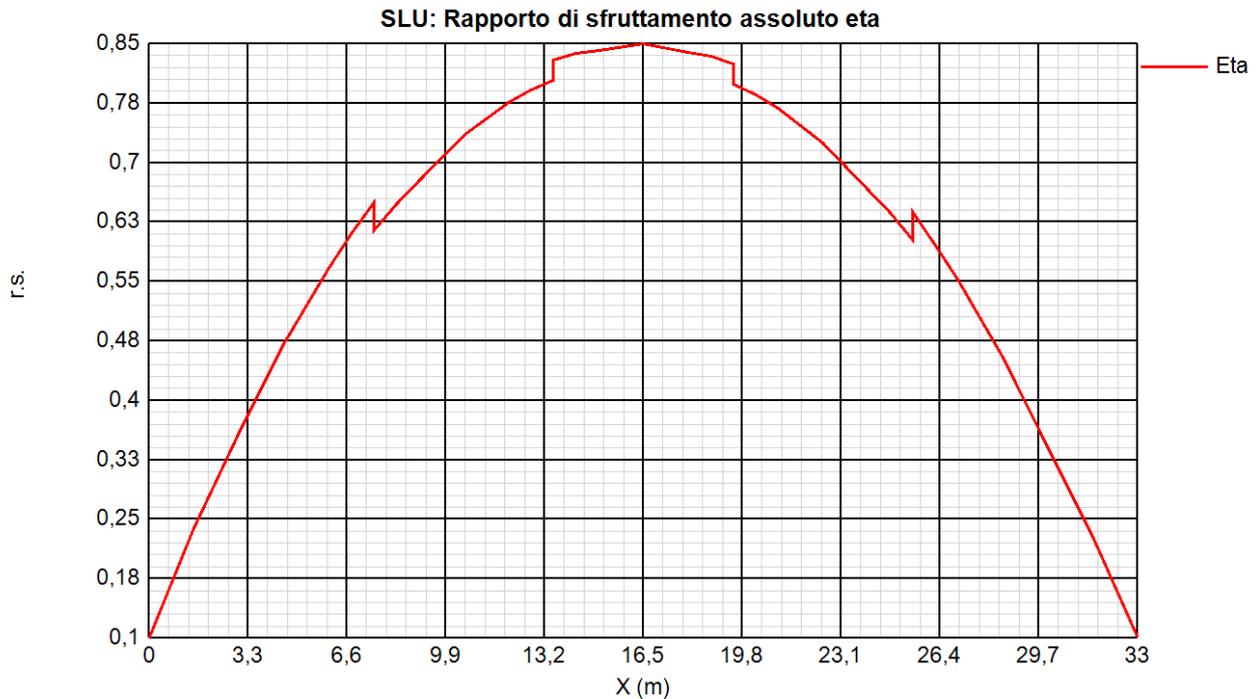
13.3 VERIFICA TRAVE DI BORDO

Si riportano i risultati salienti delle verifiche, espressi in generale in termini di rapporti di sfruttamento. Le sollecitazioni di verifica vengono direttamente dedotte dalle combinazioni del modello ad elementi finiti.

13.3.1 Rapporti di sfruttamento resistenza SLU

max η assoluto

Derivante dall'interazione N/M/V (EN1993-1-5, 7.1.(1)); nei casi in cui non vi è interazione, tale valore coincide con il rapporto di sfruttamento a flessione η_1 .

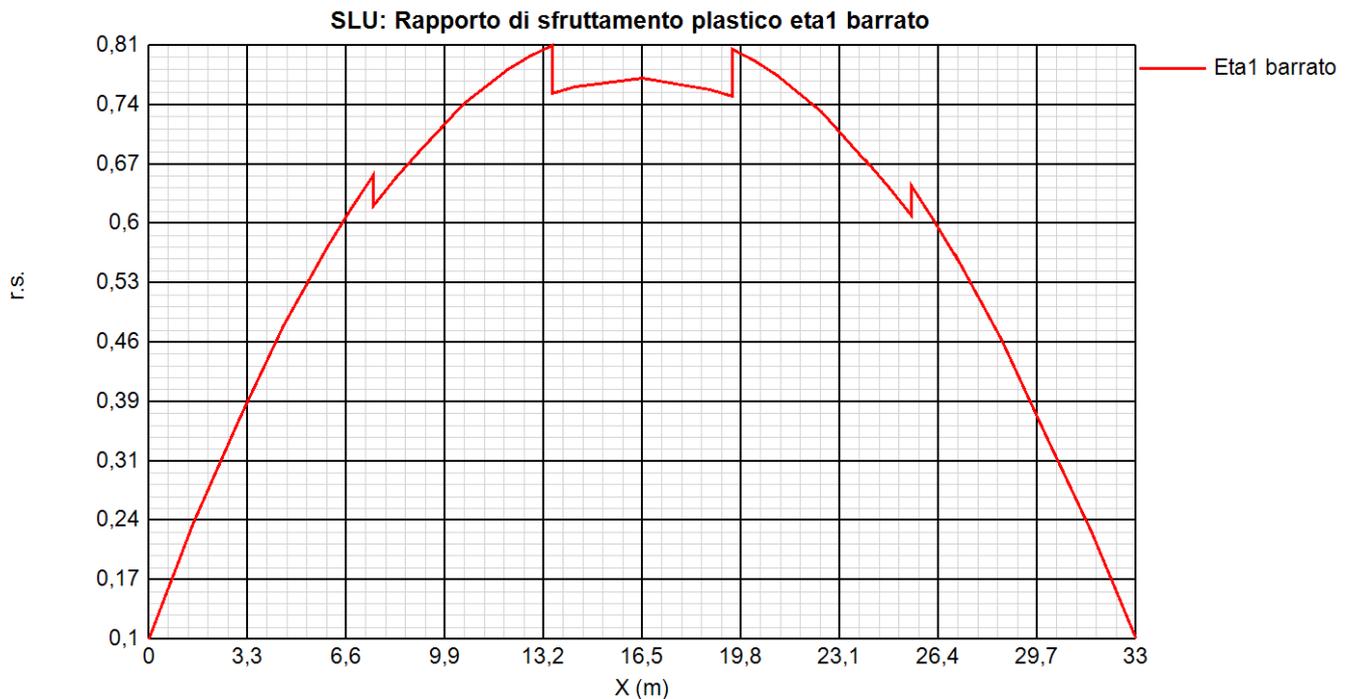
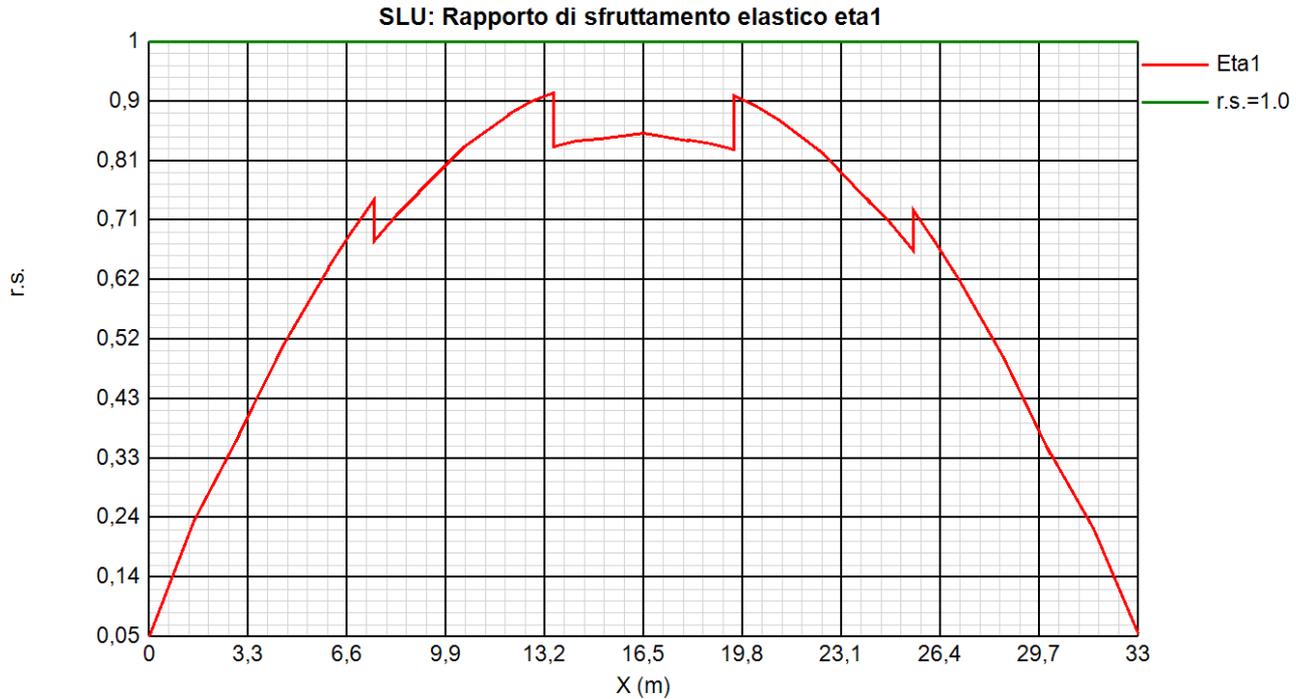


max η_1 / η_1

Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\eta_1 = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{m0}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento a flessione, risp. elastici e plastici vengono tracciati indipendentemente dal campo di applicabilità; in ogni caso, il valore considerato nel calcolo del rapporto di sfruttamento assoluto considera di volta in volta il rapp. elastico/plastico in funzione degli effettivi limiti di applicabilità.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	141



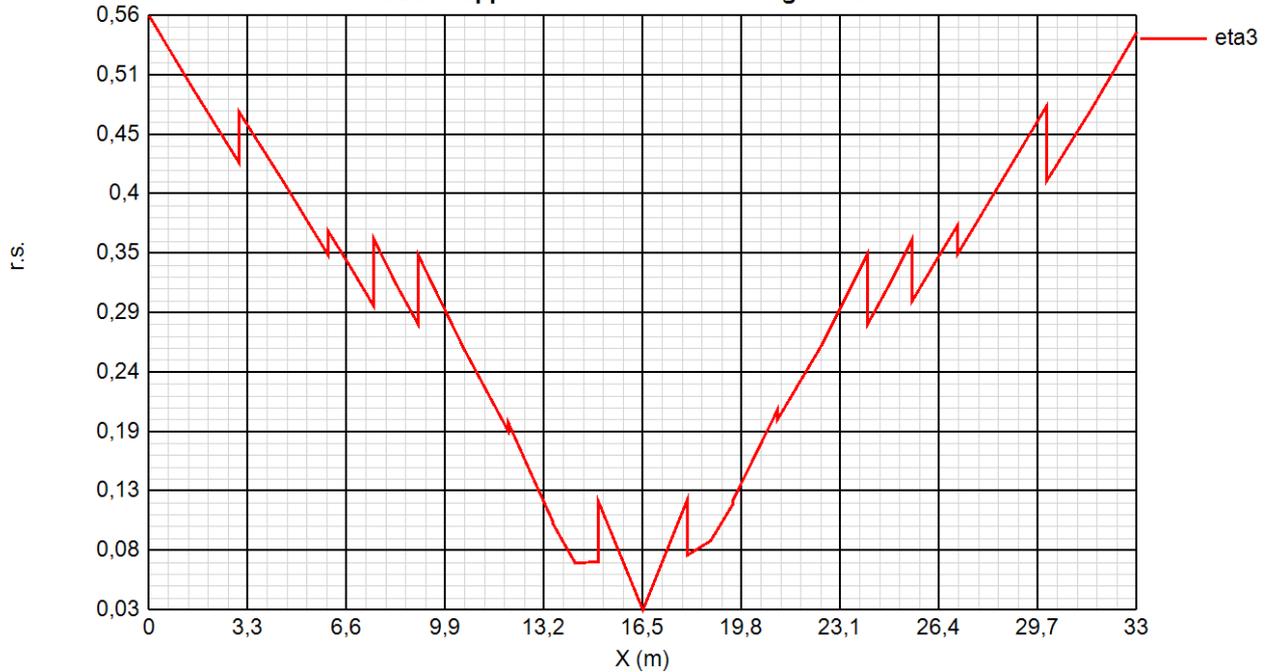
max η_3

Rapporto di sfruttamento a taglio $\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}$

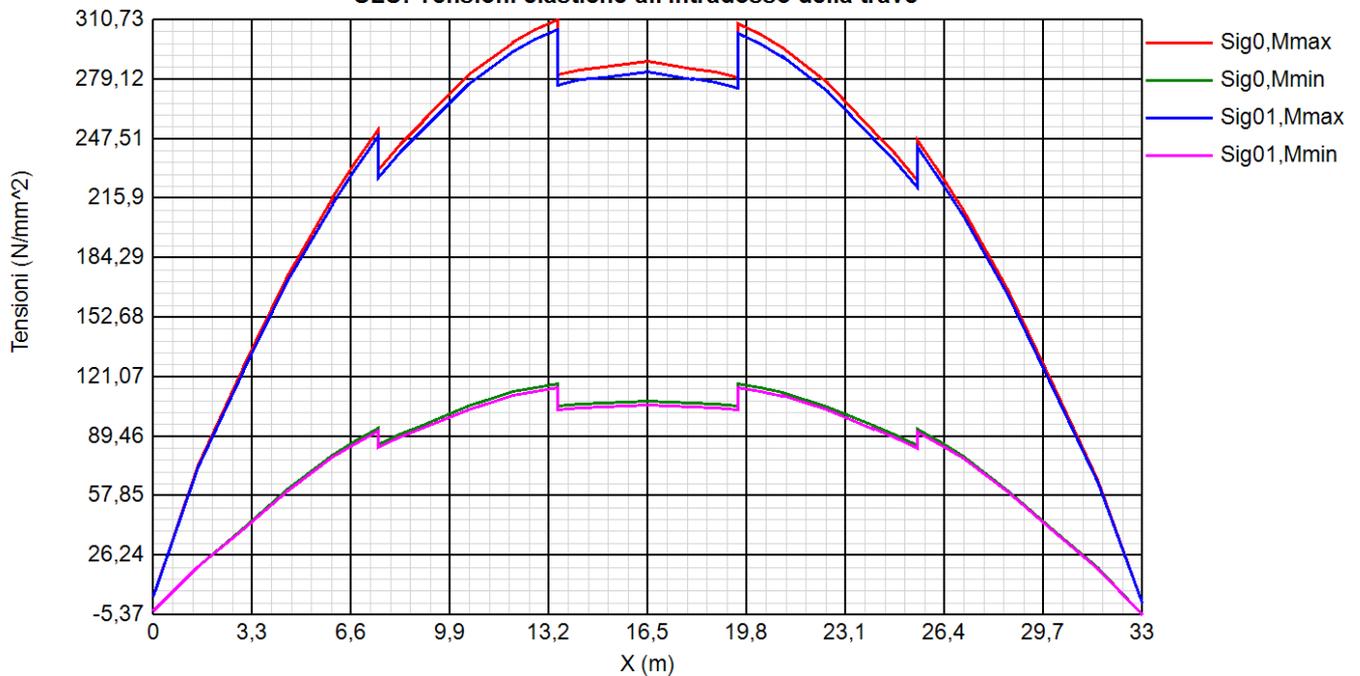
**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	142

SLU: Rapporto di sfruttamento a taglio eta3

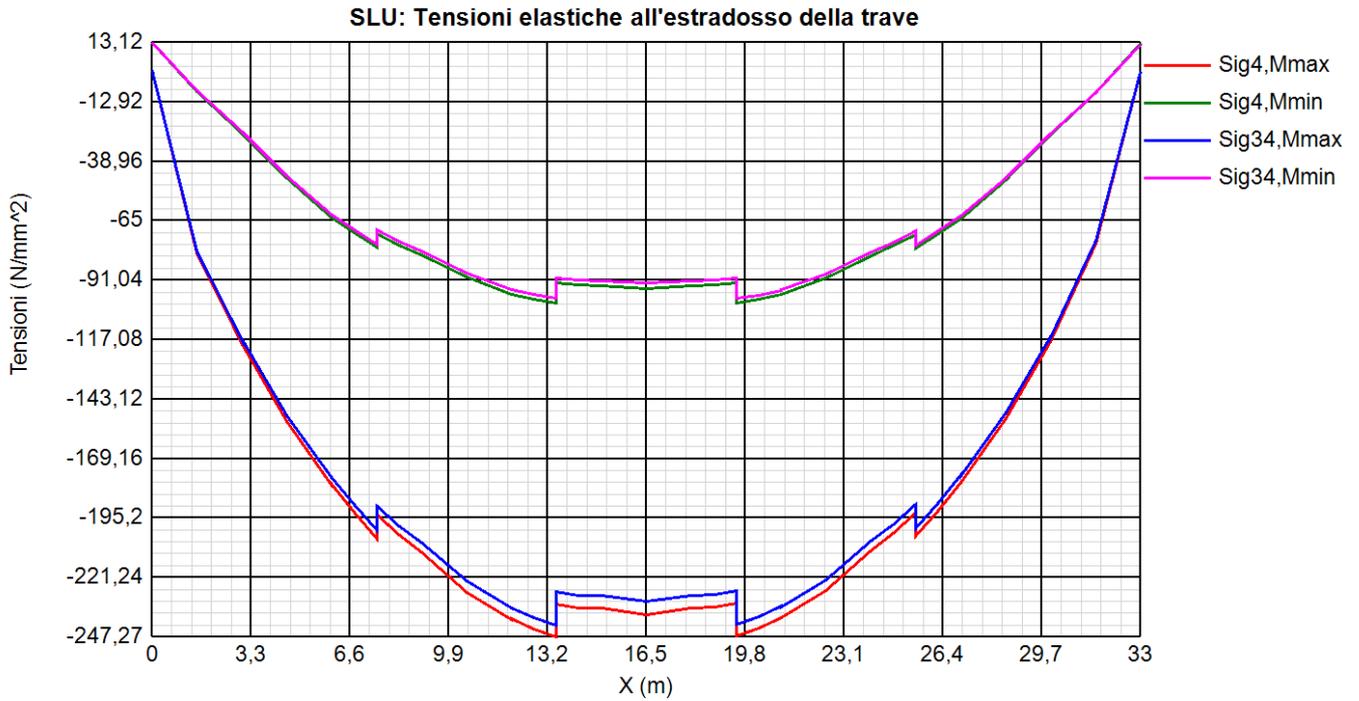


SLU: Tensioni elastiche all'intradosso della trave



**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	143



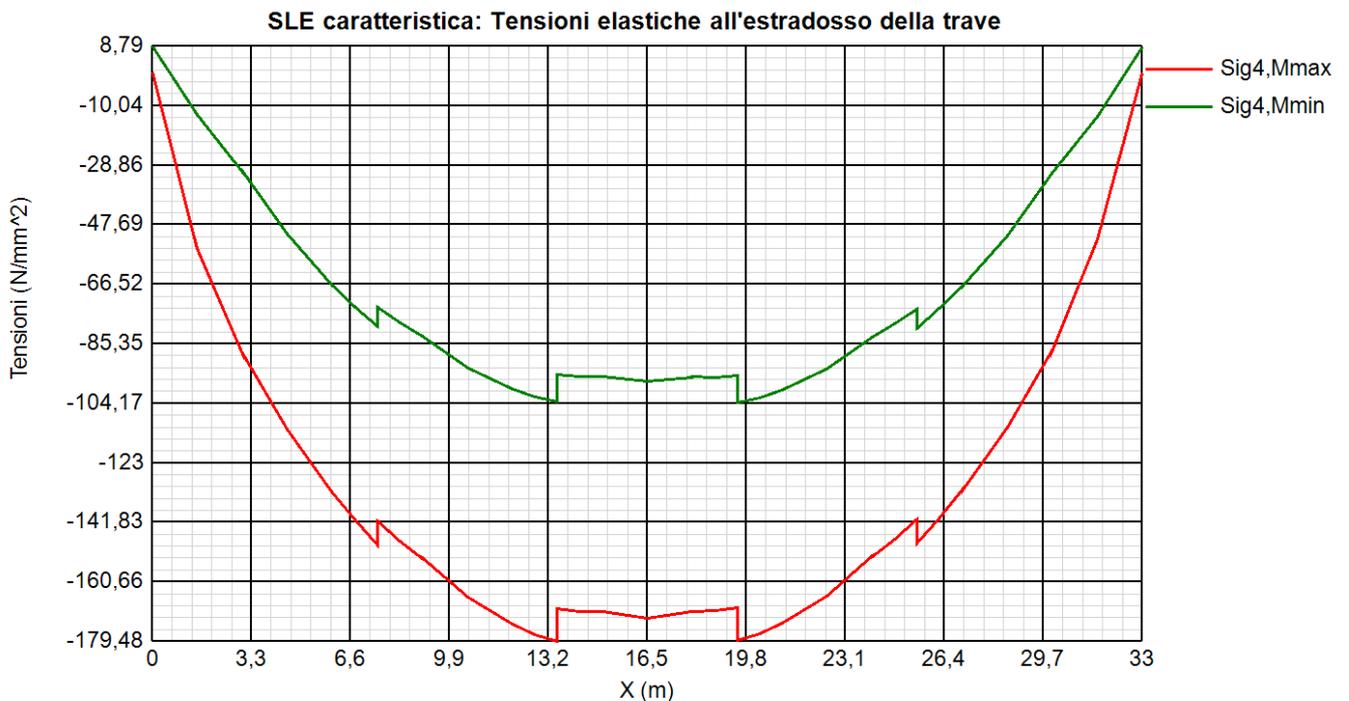
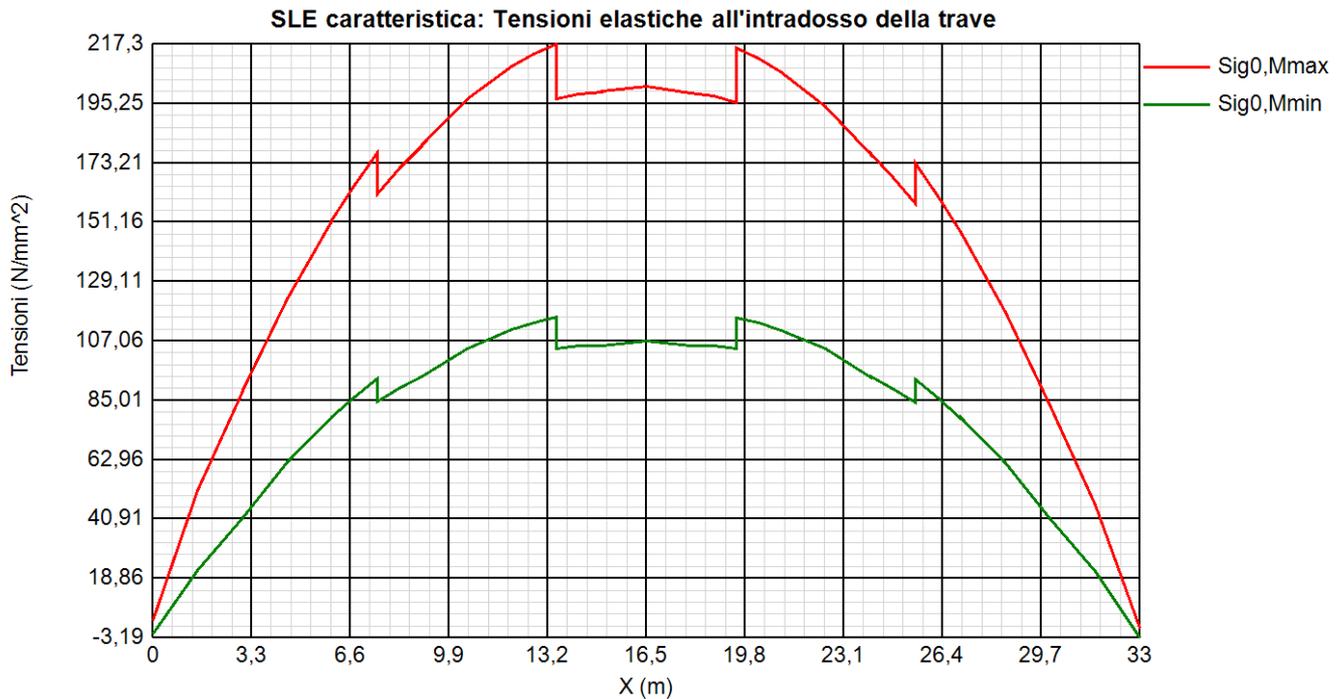
Come si nota, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano in tutti i casi al di sotto dell'unità.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	144

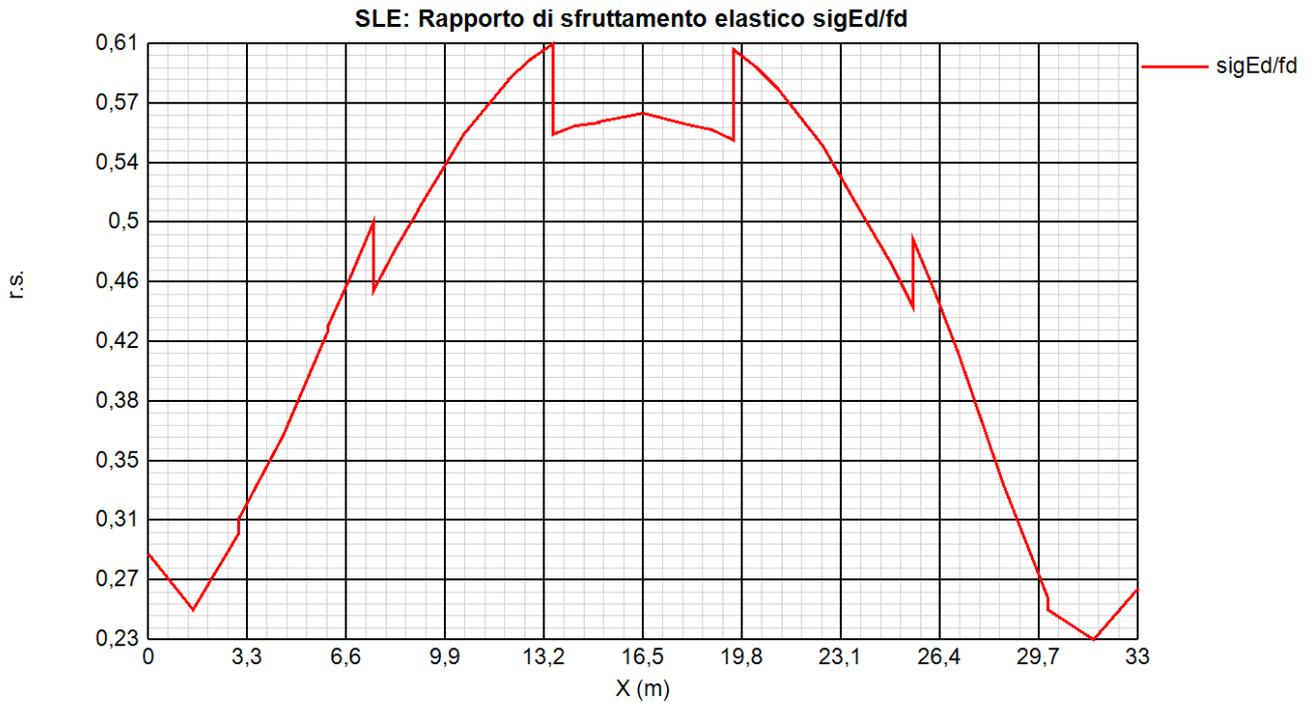
13.3.2 SLE – limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

Di seguito si riporta l'andamento del rapporto di sfruttamento S.L.E. tra tensione di Von Mises e tensione di riferimento.



**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	145

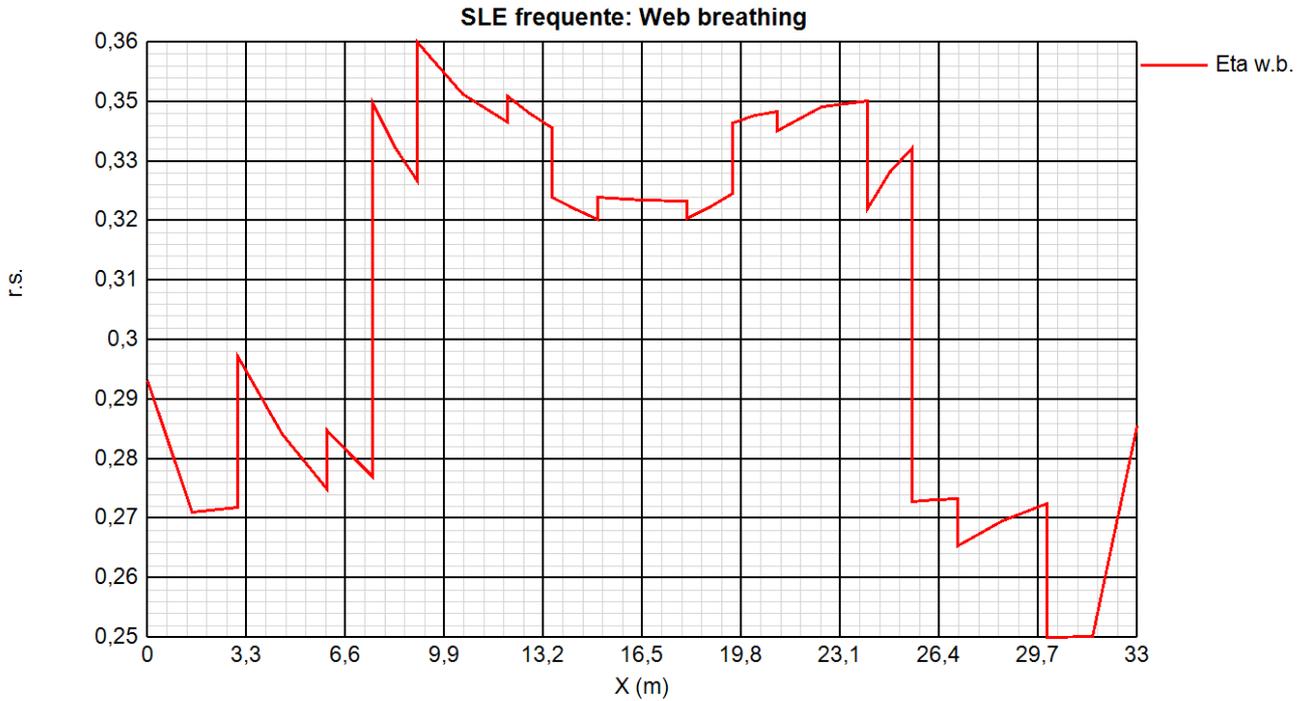


Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00		PROGR 004

13.3.3 Rapporti di sfruttamento SLE FR “web breathing”

Relativamente alla verifica di Web Breathing, i diagrammi seguenti riportano l’andamento del rapporto di sfruttamento.



La verifica risulta soddisfatta (si ricorda che la verifica è soddisfatta al limite con un rapp. Sfr. Max = 1.2)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	147

13.4 VERIFICA CONNESSIONE TRAVE/SOLETTA

Nelle strutture composte si definiscono sistemi di connessione i dispositivi atti ad assicurare la trasmissione delle forze di scorrimento tra acciaio e calcestruzzo.

Per le travi, sull'intera lunghezza devono essere previsti connettori a taglio ed armatura trasversale in grado di trasmettere la forza di scorrimento tra soletta e trave di acciaio, trascurando l'effetto dell'aderenza tra le due parti.

Le specifiche relative al detailing della connessione trasverso-soletta sono contenute in NTC-08, 4.3.4.3.1 e C.4.3.4. delle relative Istruzioni; per quanto riguarda i riferimenti Eurocodice, i cui contenuti sono perfettamente identici, si fa riferimento a EN 1994-1 e EN 1994-2. Le connessioni adottate sono tutte a completo ripristino di resistenza.

Il ciclo di verifica delle piolature comprende i seguenti passi:

- Verifica tensioni S.L.U. (valido per sezioni con $\eta_1 \leq 1$)

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.U. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.U.:

$$v_{L,Ed}(x) = V_{Ed}(x) S/J$$

$$v_{L,Ed}^{ULS} \leq 1.1 N_i / l_i P_{Rd}$$

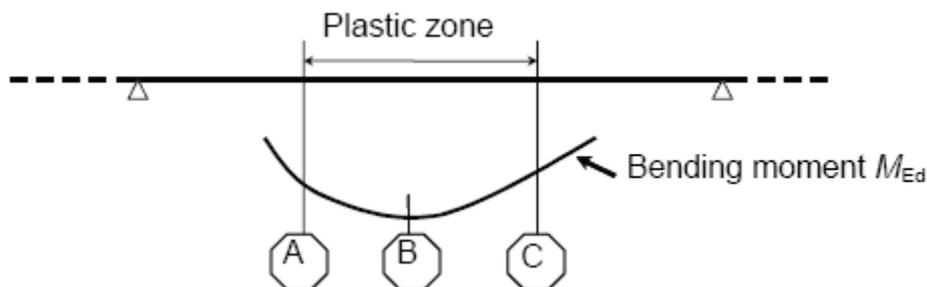
in cui S e J sono univocamente definite sulla base delle caratteristiche "uncracked".

Tale approccio risulta ovviamente valido solamente per le sezioni che non attingono alle proprie risorse extra elastiche ($\eta_1 \leq 1$). Per sezioni di classe 1-2, qualora il rapporto di sfruttamento elastico η_1 risulta maggiore di 1, non risulta più valido l'approccio di calcolo dello scorrimento ($v = VS/J$), ed è quindi necessario tenere conto in maniera non lineare della relazione tra azione tagliante V_e scorrimento v_L mediante l'approccio non lineare indicato al punto seguente.

- Verifica plastica S.L.U. (obbligatorio per sezioni con $\eta_1 > 1$)

Nelle zone plasticizzate (in generale a momento negativo) non risulta più valido l'approccio di calcolo dell'azione nei pioli basata sul flusso elastico: in questo caso, infatti, il legame fra il taglio per unità di lunghezza, le forze interne della soletta ed il momento flettente non è più lineare (EN 1994-2 cap. 6.6.2.2).

Il calcolo viene effettuato individuando, propedeuticamente, la regione entro la quale le sezioni attingono alle proprie risorse extra-elastiche. Tale regione (simmetrica nel caso in esame), è schematicamente rappresentata dai due punti di boundary A e C e dal punto di minimo momento (mezzera) indicati nello schema seguente. I punti di boundary sono individuati dalle sezioni nelle quali la massima tensione è pari allo snervamento del materiale.



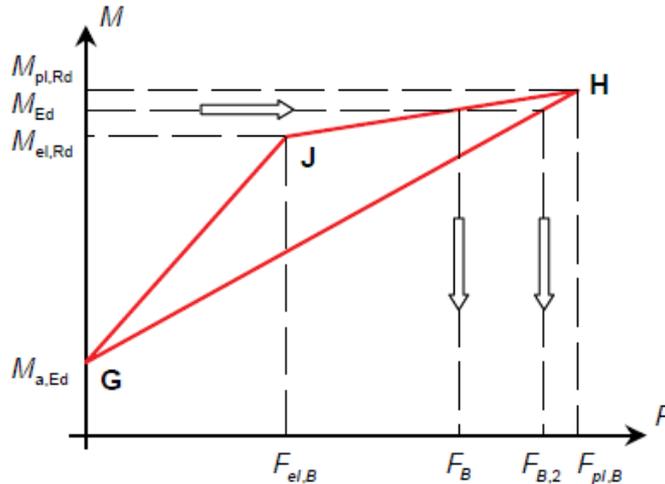
La verifica è di tipo "globale", e comprende la valutazione dello scorrimento in maniera diretta, mediante considerazioni di equilibrio dei conci di soletta compresi tra il boundary ed il punto di minimo momento (concio di soletta compreso tra A e B e concio di soletta compreso tra B e C).

L'azione assiale insistente ai confini della zona plastica (punti A / B) è pari all'integrale delle tensioni rilevate lungo la soletta in calcestruzzo; a tale azione va aggiunta, per le verifiche nell'ambito della condizione "long term" l'effetto del ritiro primario.

L'azione assiale N_B è la risultante delle azioni in soletta, da valutarsi con riferimento all'effettivo stato, parzialmente "plastico" della sezione. Per il calcolo, si fa riferimento ai criteri di "non linear resistance to

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

bending" contenuti in EN 1994-2 cap. 6.2.1.4.(6), con l'ausilio della costruzione riportata nel diagramma seguente, che riporta in un sistema d'assi M/N, i possibili stati della sezione di minimo momento flettente.



Si indica con:

- $M_{a,Ed}$ momento flettente agente sulla sola trave metallica
- $M_{el,Rd}$ momento flettente elastico
- M_{Ed} momento flettente di progetto
- $M_{pl,Rd}$ momento plastico della sezione
- $F_{el,B}$ azione assiale agente nella soletta, al raggiungimento del momento elastico (N_B)

Il diagramma è caratterizzato dai seguenti punti notevoli:

- G punto corrispondente al momento flettente della trave in fase 1
- H punto che individua il raggiungimento dello stato plastico della sezione, caratterizzato da $M_{pl,Rd}$ ed $F_{pl,B}$ (azione assiale plastica in soletta).

- J punto corrispondente allo yielding del prima fibra della sezione, caratterizzato da $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$ (risultante tensioni in soletta sotto l'azione di $M_{el,Rd}$).

Come si nota dal diagramma, l'effettiva azione assiale F_B insistente in soletta nel reale stato della sezione è rappresentato dalla linea verticale che interseca la retta JH all'ordinata corrispondente al momento di progetto M_{Ed} . In alternativa, operando in maniera semplificata, risulta possibile stabilire un limite superiore a N_B , intercettando direttamente la retta GH.

Si segue l'approccio "rigoroso" che, pur comportando la necessità di valutare $M_{el,Rd}$, comporta una stima più accurata di N_B .

Per il calcolo di $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$, viene valutato il fattore "k" (≤ 1) che, applicato al momento flettente agente sulla sezione composta $M_{c,Ed}$ (derivante da fase 2 e fase 3) comporta un quadro tensionale al limite di snervamento, e che implica pertanto l'espressione:

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k M_{c,ED}$$

Si avrà pertanto, con riferimento alle fibre estreme della sezione:

$$k = f_{yd} - \sigma_{if1} / \Delta\sigma_i$$

$i = 1$ o 4 (lombo inferiore/superiore trave metallica)

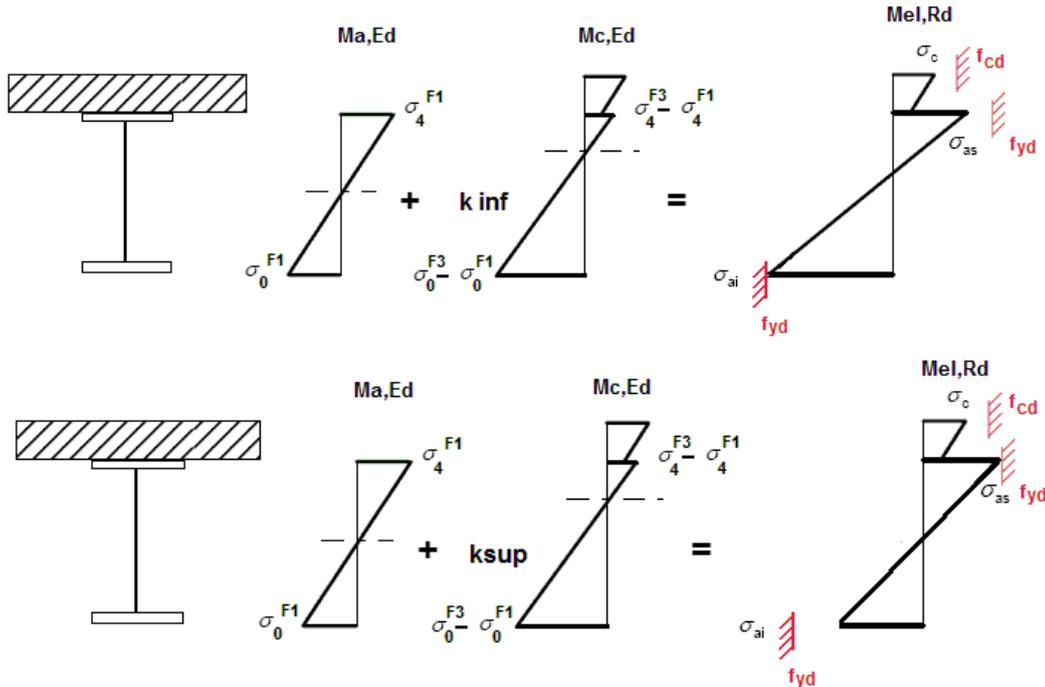
σ_{if1} = tensione alla fibra "i" della sezione in fase 1

$\Delta\sigma_i$ = variazione di tensione alla fibra "i" tra la fase 3 e la fase 1

Si utilizza uno dei due schemi di calcolo riportati nelle figure sottostanti, a seconda che la tensione di snervamento sia stata superata nella fibra inferiore oppure in quella superiore.

Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	149



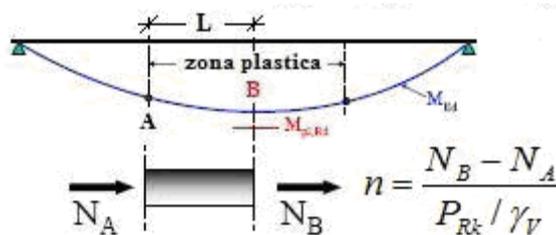
Quando la sezione è plasticizzata il coefficiente k risulta compreso fra 0 ed 1, e rappresenta il coefficiente moltiplicativo che riporta il diagramma di tensioni in fase 3 ad un diagramma al limite elastico.

Noto k è immediato valutare $M_{el,Ed}$ e la corrispondente azione assiale di soletta, tramite integrazione delle tensioni:

$$N_{el,Ed} = k \cdot (\sigma_5 + \sigma_8) / 2 \cdot A_{soletta}$$

Essendo σ_5 e σ_8 le tensioni normali nella soletta in fase 3, calcolate a partire da $M_{el,Ed}$.

Il numero di pioli necessario nella zona plastica è infine calcolabile, con riferimento allo schema ed alla formula seguente.



- Verifica tensioni S.L.E.

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.E. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.E..

Il criterio di confronto dello scorrimento con la portanza della piolatura è identico a quello visto per la verifica delle tensioni S.L.U. , con ovvia sostituzione delle grandezze.

$$v_{L,Ed}^{SLS}(x) \leq \frac{N_i}{l_i} \cdot \{k_s P_{Rd}\}$$

$$v_{L,Ed}^{SLS} \leq N_i / l_i \cdot k_s P_{Rd}$$

- Verifica concentrazione scorrimenti per effetto del ritiro nelle zone di estremità trave

L'ammontare delle azioni di scorrimento per ritiro nelle zone di coda verrà affidato per intero all'armatura di continuità.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	150

13.4.1 Caratteristiche piolatura

Il sistema di connessione trave/soletta è formato da pioli tipo Nelson elettrosaldati, di diametro $\varnothing 25$ mm ed altezza pari a 300 mm.

Per il singolo piolo, valori di riferimento (cfr. EN 1994-2, 6.6.3.1.(1)) nell'ambito delle verifiche S.L.U. e S.L.E. sono pertanto i seguenti:

$$P_{rk,1} = 0.8 f_u \pi \varnothing^2 / 4 \quad \text{rottura gambo}$$

$$P_{rk,2} = 0.29 \alpha \varnothing^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} \quad \text{rottura calcestruzzo}$$

con

f_u = tensione ultima del gambo del piolo

γ_v = coefficiente di sicurezza piolo

f_{ck} = resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

E_{cm} = modulo elastico secante del calcestruzzo

$$\alpha = 1$$

Per i limiti dimensionali da rispettare nel detailing delle piolature si fa riferimento ai contenuti di NTC-08 cap. 4.3.4.3.4/EN 1994-2 cap. 6.6.5. Di seguito si evidenzia il riferimento specifico a quest'ultimo testo normativo, più puntuale.

Il massimo interasse longitudinale delle piolature dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_{max}/t_f \leq 22 \varepsilon$$

$$e_{max}/t_f \leq 22 \cdot 0.81 = 17.9$$

La distanza delle file longitudinali di pioli dal bordo dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_d/t_f \leq 9 \varepsilon$$

$$e_d/t_f \leq 9 \cdot 0.81 = 7.29$$

$$e_{d,min} = 25.0 \text{ mm} \quad (1994-2 \text{ 6.6.5.6(2)})$$

La minima distanza misurata tra la parte inferiore della testa del piolo e lo strato inferiore di armatura dovrà essere > 40 mm.

I pioli dovranno rispettare le seguenti limitazioni dimensionali:

$$h_p \geq 3d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(1)} \quad h_p = \text{altezza piolo}$$

$$d_t \geq 1.5d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad d_t = \text{diametro testa}$$

$$h_t \geq 0.4d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad h_t = \text{altezza testa}$$

$$d_p \geq 1.5t_{sup} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo}, \quad t_{sup} = \text{spessore flangia (*)}$$

(*) per piattabande in tensione, soggette a fatica

$$d_p \geq 2.5t_{sup} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(5)} \quad d_p = \text{diam. piolo}, \quad t_{sup} = \text{spessore flangia (**)}$$

(**) per tutte le piattabande

$$d_p \geq 1.5t_{sup} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo}, \quad t_{sup} = \text{spessore flangia}$$

L'interasse dei pioli dovrà rispettare le seguenti limitazioni dimensionali (EN1994-2 6.6.5.7.(4)):

$$s_{lg} \geq 5 d_p \quad \text{in direzione longitudinale}$$

$$s_{tv} \geq 2.5 d_p \quad \text{in direzione trasversale}$$

Nel rispetto delle limitazioni dimensionali esposte, per le tipologie previste di piolatura, la disposizione sulla piattabanda verrà organizzata come segue.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	151

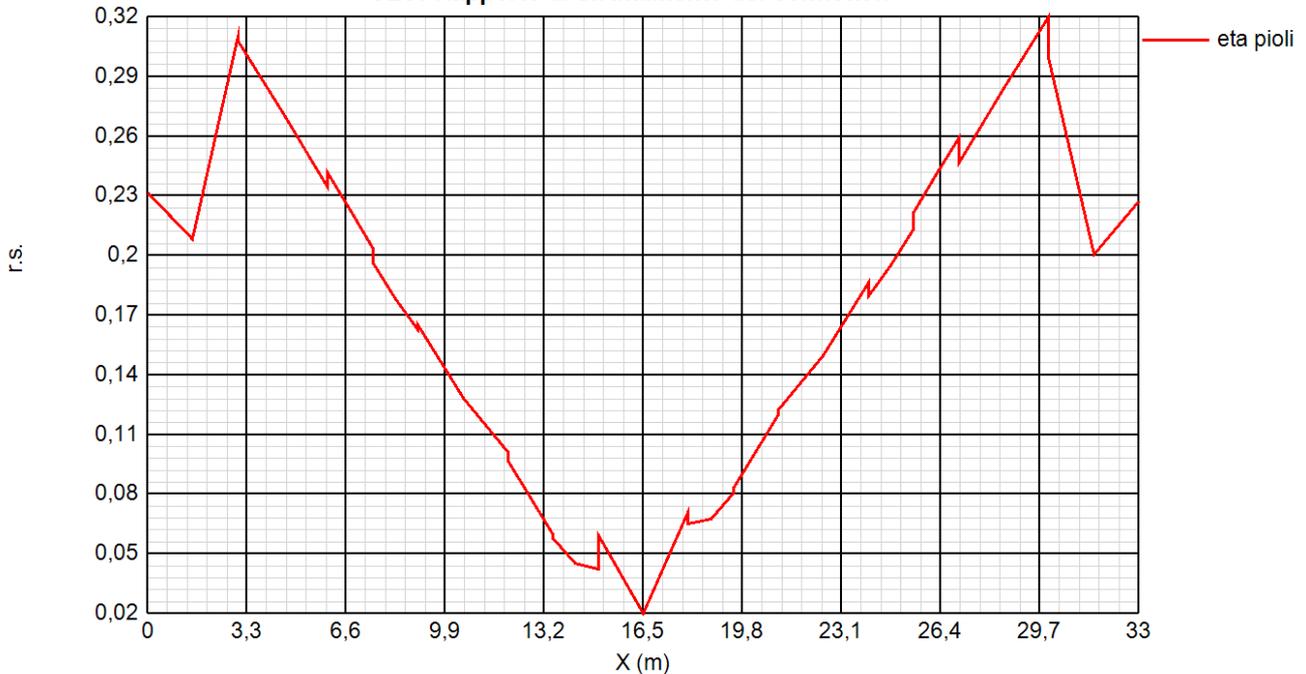
13.4.2 Rapporti di sfruttamento verifica elastica SLU – SLE

Le verifiche vengono effettuate con il programma PontiEC4, su tutti i traversi della struttura.

Il calcolo dello scorrimento nelle varie sezioni di verifica ed il confronto con la piolatura di progetto viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate ($M_{max/min}$ e $V_{max/min}$). Le verifiche tengono anche conto, secondo i criteri di normativa, del cumulo delle azioni da ritiro sulle zone di estremità (coda trave).

I diagrammi seguenti riportano, oltre alla copertura S.L.U. del flusso di taglio acciaio calcestruzzo, l'andamento del rapporto di sfruttamento dei connettori allo S.L.U., S.L.E.. I coefficienti di sicurezza sono valutati nei confronti della rottura del piolo, della rottura della piattabanda e della rottura combinata.

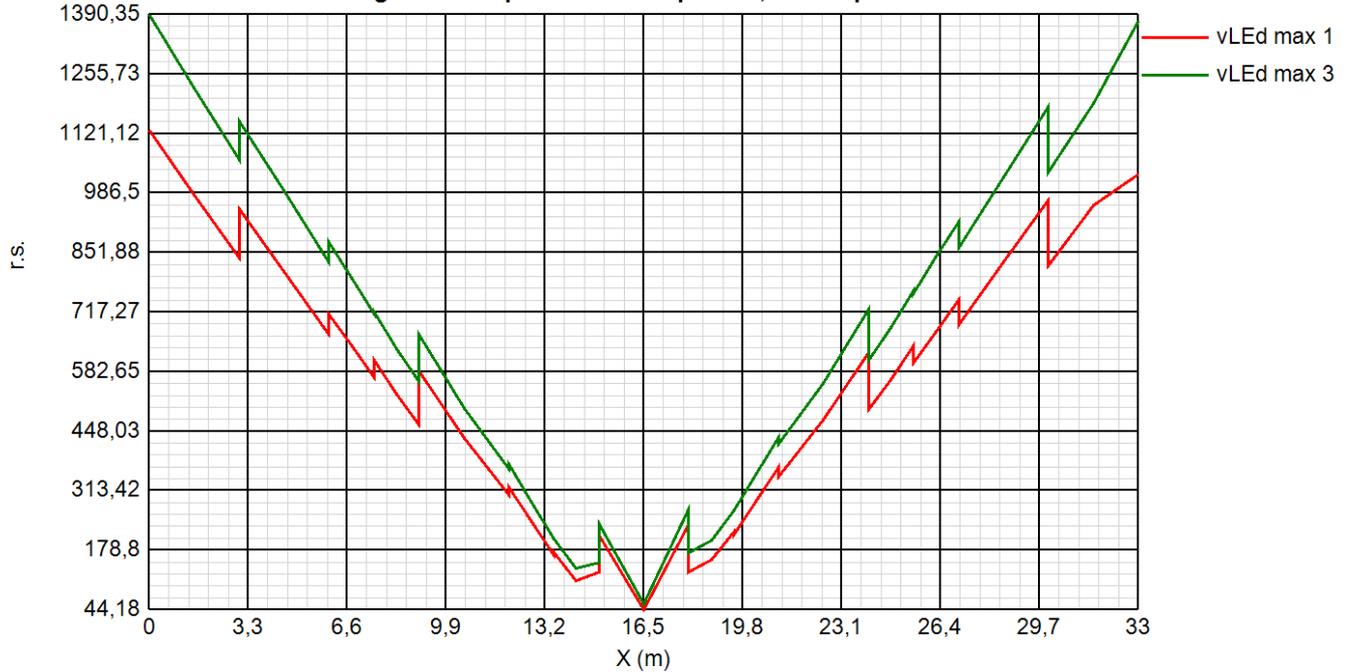
SLU: Rapporto di sfruttamento dei connettori



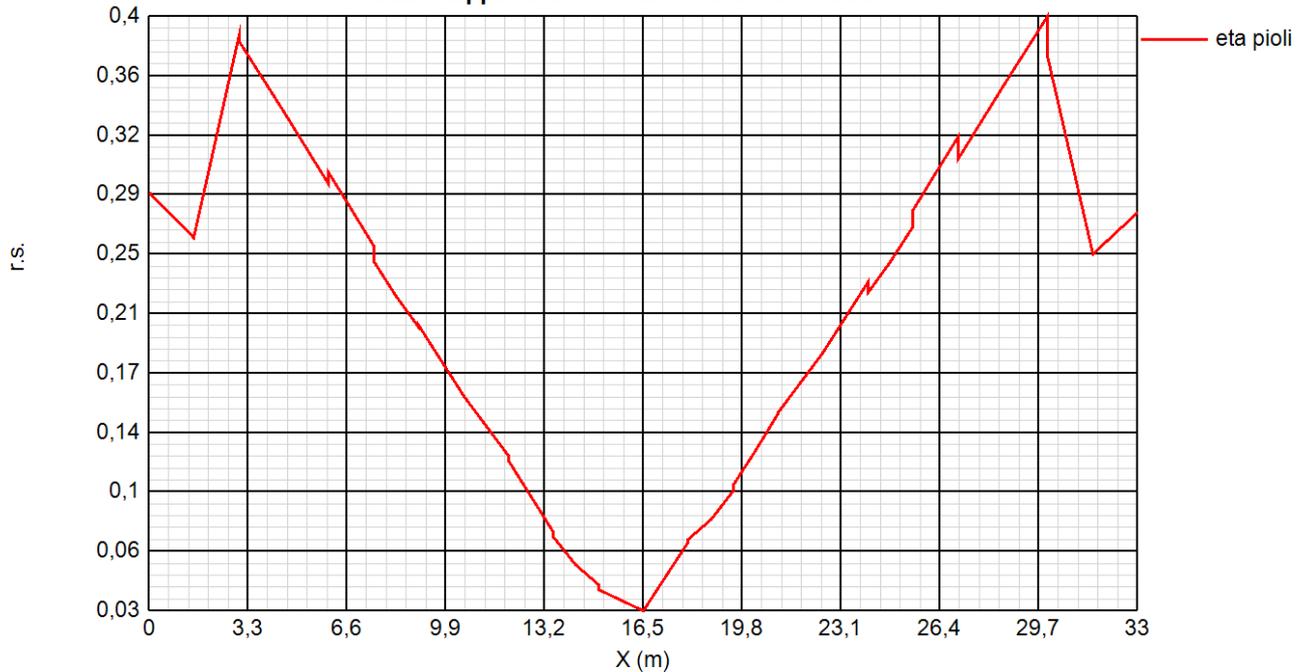
**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	152

SLU: Flusso di taglio anima-piattabanda superiore, anima-piattabanda inferiore



SLE: Rapporto di sfruttamento dei connettori



**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	153

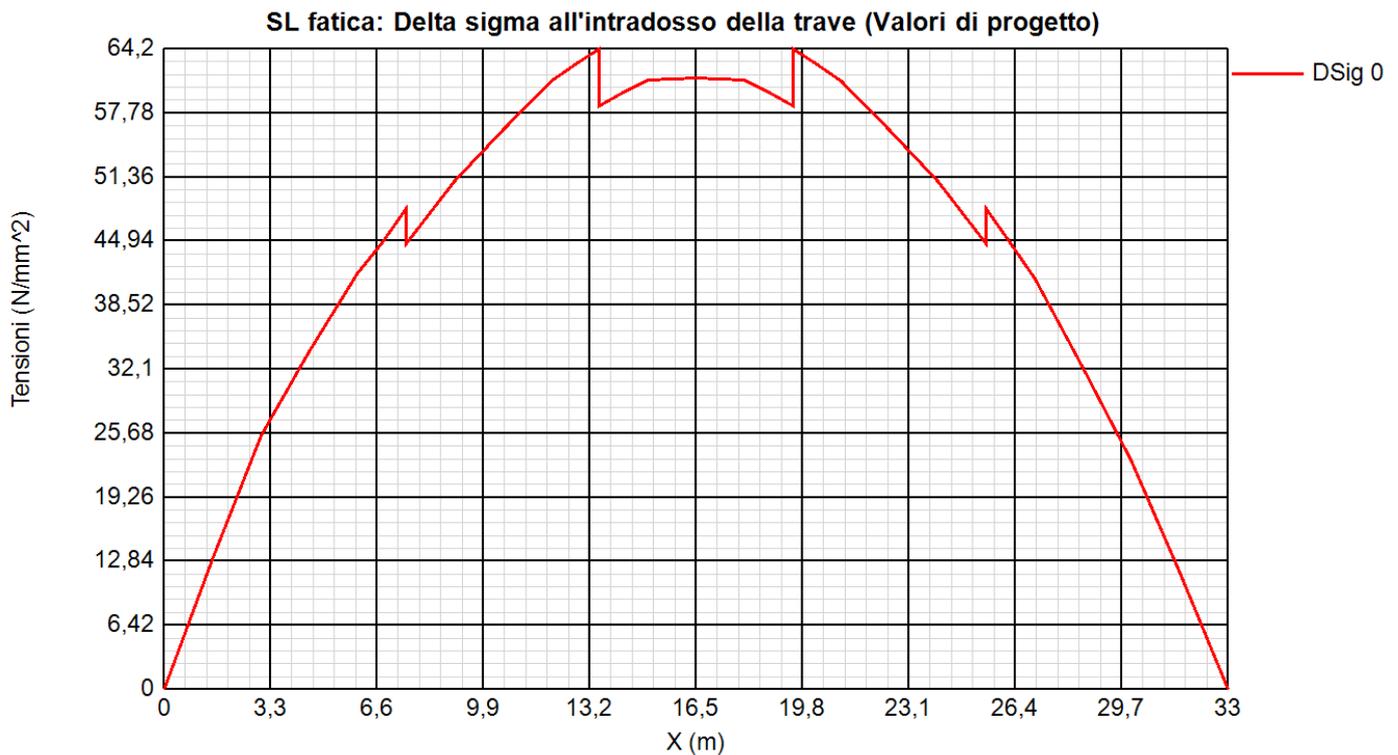
13.5 VERIFICA A FATICA DETTAGLI DI CARPENTERIA TRAVI

Per la verifica a fatica dei dettagli di carpenteria, si prendono in esame i dettagli di seguito elencati unitamente alla categoria/num. dettaglio dedotti dalle rispettive tabelle di EN 1993-1-9:

- Piattabande - tensioni normali categoria/dettaglio: 125 tab. 8.1 EN 1993-1-9
- Anima - tensioni tangenziali categoria/dettaglio:125 tab. 8.1 EN 1993-1-9
- Saldatura composizione anima-piatt. categoria/dettaglio:100 tab. 8.2 EN 1993-1-9
- Saldatura di testa piatt inf. e sup. categoria/dettaglio:112(*) tab. 8.3 EN 1993-1-9

(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

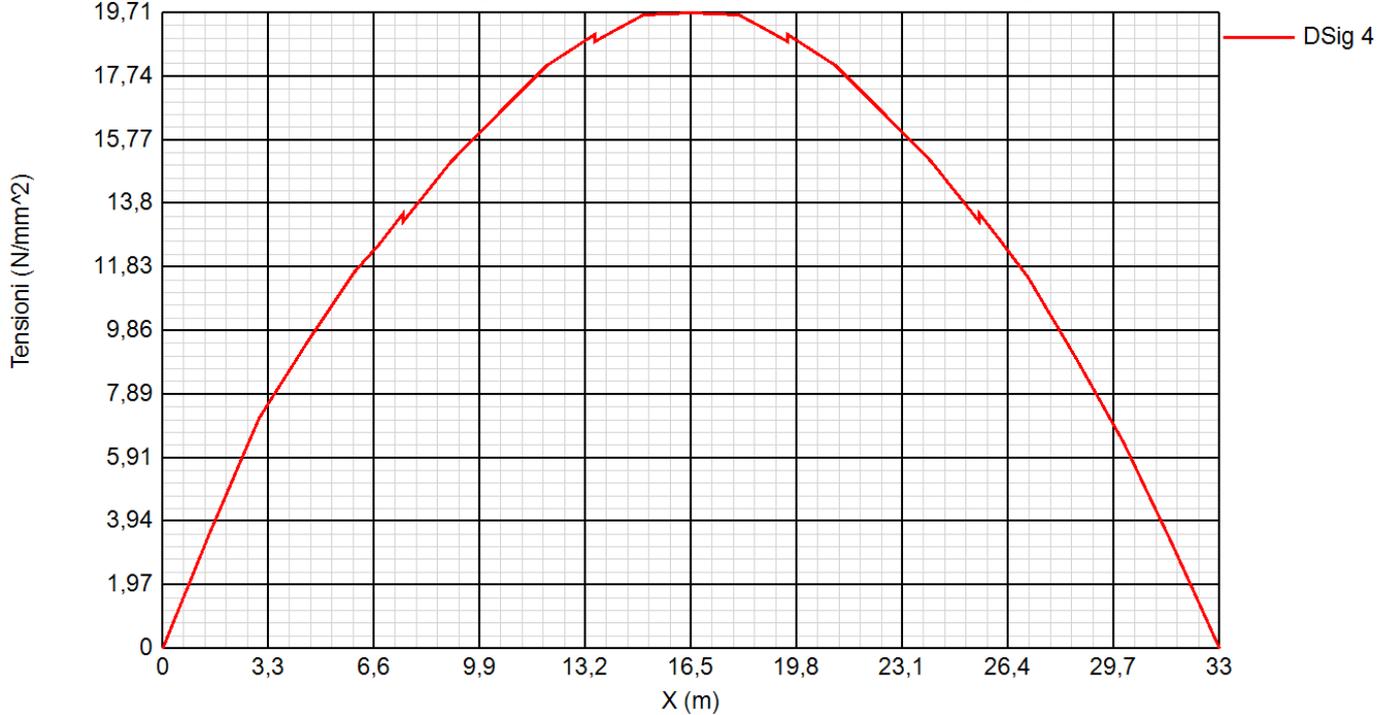
Di seguito si riporta l'ampiezza di $\Delta\sigma_E$ rilevati in corrispondenza della piattabanda inferiore e superiore e dell'attacco anima/piattabanda inferiore e superiore di ciascun concio.



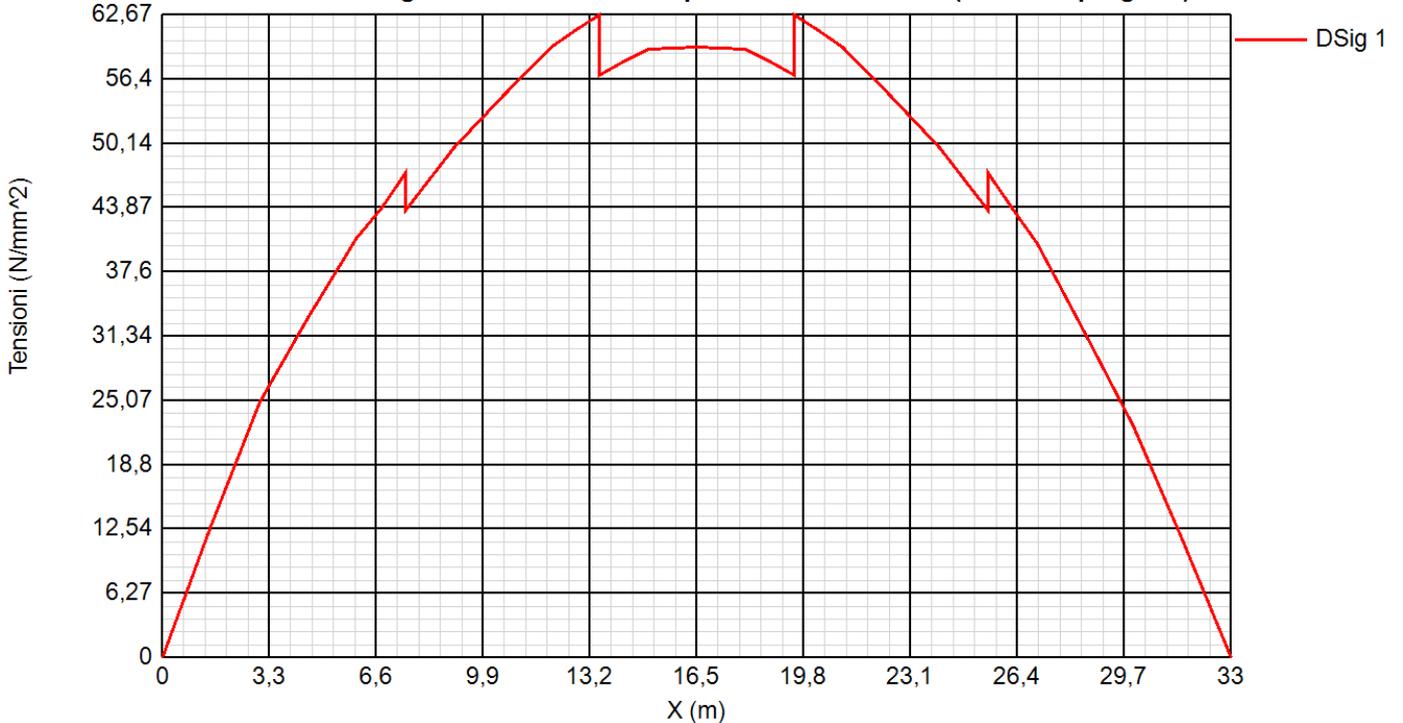
**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	154

SL fatica: Delta sigma all'estradosso della trave (Valori di progetto)

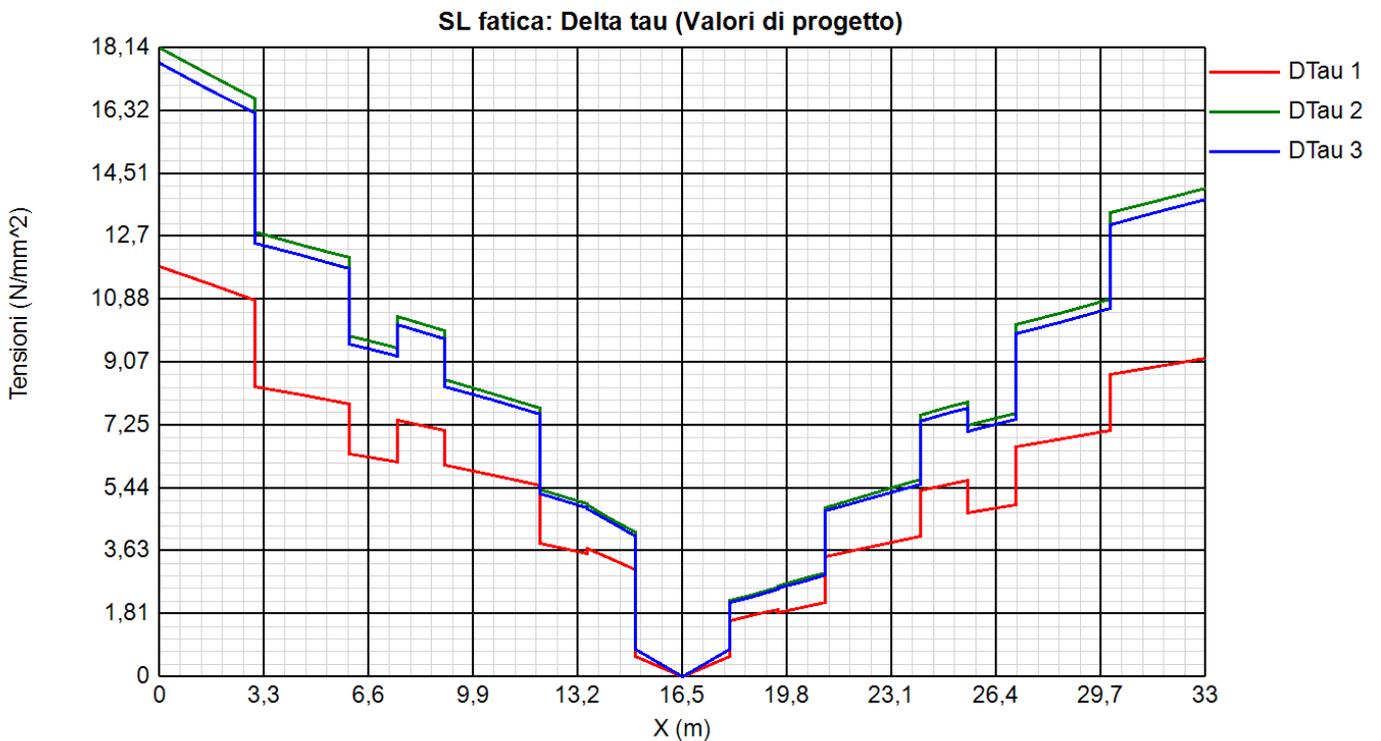
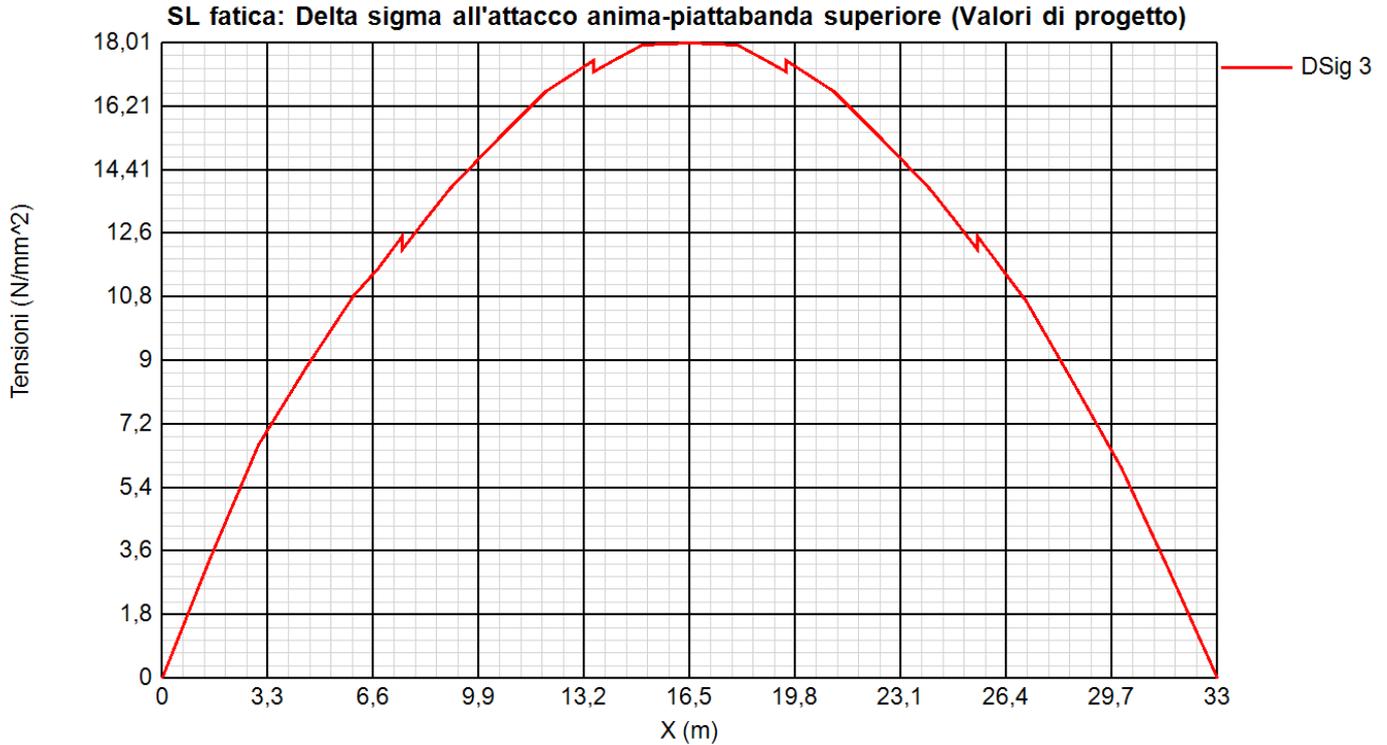


SL fatica: Delta sigma all'attacco anima-piattabanda inferiore (Valori di progetto)



**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	155



MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	156

L'ampiezza dei $\Delta\sigma_p$ di tensione viene calcolata sulla base di σ_{max} e σ_{min} derivanti dalla combinazione di carico a fatica, ovvero prevedendo la sovrapposizione della componente "non ciclica" delle sollecitazioni, derivata dalla combinazione S.L.E. frequente, con la componente "ciclica", derivata dall'involuppo delle sollecitazioni dovute al transito del modello di carico di fatica.

Le verifiche vengono effettuate in automatico dal programma Ponti EC4 per tutte le sezioni di verifica; si riporta, a titolo di esempio, la verifica del dettaglio più critico, rappresentato dalla giunzione della piattabanda inferiore (cat. 125), sulla sezione maggiormente critica.

Sezione C4 10 1

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	2,27E+4	-4,35E+4	-4,07E+6	4,39E+1
2a	-2,06E+2	-9,42E+4	-5,06E+6	1,46E+5
2b	-4,42E-9	-5,41E-9	3,1E-8	-3,87E-9
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	7,26E-9	8,09E-8	-1,6E-6	1,13E-8
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3b max	1E+2	-4,63E+4	-2,77E+6	1,7E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Max	F. 3b Non Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_8	0	-3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,8	0	-3,3	0	-6,1	0	2,8
σ_7	0,3	-54,5	-112,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-16,6	-61,5	-54,5	-112,3	-71,1	-173,8	16,6
σ_6	0,3	-40,8	-90,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,8	-49,7	-40,8	-90,7	-51,6	-140,5	10,8
σ_5	0	-2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,6	0	-2,3	0	-3,9	0	1,6
σ_4	-80,3	-38,8	-87,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	-48,1	-119,1	-168,1	-129,1	-216,1	10
σ_3	-77,7	-36,9	-84,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-9,2	-46,4	-114,6	-162,4	-123,8	-208,8	9,2
σ_2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0
σ_1	60,9	64	73,1	0	0	0	0	0	0	0	0	32,9	40	124,9	133,9	157,8	174	32,9
σ_0	63,5	66	76,1	0	0	0	0	0	0	0	0	33,7	41,7	129,5	139,6	163,2	181,3	33,7
τ_4	0	-0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0
τ_3	-1	-2,6	-2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,3	-1,1	-3,6	-3,6	-4,9	-4,9	1,3
τ_2	-1,4	-2,8	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,4	-1,5	-4,2	-4,2	-5,6	-5,6	1,4
τ_1	-1,2	-2,1	-2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1,2	-3,3	-3,3	-4,3	-4,3	1
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = -3,35 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -2,3 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -6,13 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -3,9 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	9,04E+1	-4,35E+4	-4,07E+6	4,06E+1
2a	-5,76E+2	-1,14E+5	-4,15E+6	5,07E+4
2b	-4,42E-9	-5,41E-9	3,1E-8	-3,87E-9

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	157

Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-7,26E-9	-8,09E-8	1,6E-6	-1,13E-8
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3b max	1E+2	-4,63E+4	-2,77E+6	1,7E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_8	0	-2,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,8	0	-2,7	0	-5,5	0	2,8
σ_7	0	-44,7	-92	0	0	0	0	0	0	0	-16,6	-61,5	-44,7	-92	-61,3	-153,6	16,6
σ_6	0	-33,4	-74,4	0	0	0	0	0	0	0	-10,8	-49,7	-33,4	-74,4	-44,2	-124,1	10,8
σ_5	0	-1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,6	0	-1,9	0	-3,5	0	1,6
σ_4	-80,6	-31,8	-71,9	0	0	0	0	0	0	0	-10	-48,1	-112,4	-152,5	-122,4	-200,5	10
σ_3	-77,9	-30,2	-69,4	0	0	0	0	0	0	0	-9,2	-46,4	-108,2	-147,3	-117,4	-193,8	9,2
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_1	60,6	52,5	59,9	0	0	0	0	0	0	0	32,9	40	113	120,5	146	160,5	32,9
σ_0	63,2	54	62,4	0	0	0	0	0	0	0	33,7	41,7	117,3	125,6	151	167,3	33,7
τ_4	0	-0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0
τ_3	-1	-3,1	-2,7	0	0	0	0	0	0	0	-1,3	-1,1	-4,1	-4,1	-5,4	-5,4	1,3
τ_2	-1,4	-3,4	-3,6	0	0	0	0	0	0	0	-1,4	-1,5	-4,8	-4,8	-6,2	-6,2	1,4
τ_1	-1,2	-2,6	-2,9	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1,2	-3,7	-3,7	-4,7	-4,7	1
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = -2,74 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -1,89 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -5,53 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -3,49 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	2,27E+4	-4,35E+4	-4,07E+6	4,39E+1
2a	-2,06E+2	-9,42E+4	-5,06E+6	1,46E+5
2b	-4,42E-9	-5,41E-9	3,1E-8	-3,87E-9
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	7,26E-9	8,09E-8	-1,6E-6	1,13E-8
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3b max	1E+2	-4,63E+4	-2,77E+6	1,7E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_8	0	-3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,8	0	-3,3	0	-6,1	0	2,8
σ_7	0,3	-54,5	-112,3	0	0	0	0	0	0	0	-16,6	-61,5	-54,5	-112,3	-71,1	-173,8	16,6
σ_6	0,3	-40,8	-90,7	0	0	0	0	0	0	0	-10,8	-49,7	-40,8	-90,7	-51,6	-140,5	10,8
σ_5	0	-2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,6	0	-2,3	0	-3,9	0	1,6
σ_4	-80,3	-38,8	-87,7	0	0	0	0	0	0	0	-10	-48,1	-119,1	-168,1	-129,1	-216,1	10
σ_3	-77,7	-36,9	-84,7	0	0	0	0	0	0	0	-9,2	-46,4	-114,6	-162,4	-123,8	-208,8	9,2

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	158

σ_2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0	
σ_1	60,9	64	73,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,9	40	124,9	133,9	157,8	174	32,9
σ_0	63,5	66	76,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,7	41,7	129,5	139,6	163,2	181,3	33,7
τ_4	0	-0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0
τ_3	-1	-2,6	-2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,3	-1,1	-3,6	-3,6	-4,9	-4,9	1,3
τ_2	-1,4	-2,8	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,4	-1,5	-4,2	-4,2	-5,6	-5,6	1,4
τ_1	-1,2	-2,1	-2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1,2	-3,3	-3,3	-4,3	-4,3	1
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = -3,35 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -2,3 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -6,13 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -3,9 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	9,04E+1	-4,35E+4	-4,07E+6	4,06E+1
2a	-5,76E+2	-1,14E+5	-4,15E+6	5,07E+4
2b	-4,42E-9	-5,41E-9	3,1E-8	-3,87E-9
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-7,26E-9	-8,09E-8	1,6E-6	-1,13E-8
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3b max	1E+2	-4,63E+4	-2,77E+6	1,7E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Max	F. 3b Non Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$	
σ_8	0	-2,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,8	0	-2,7	0	-5,5	0	2,8	
σ_7	0	-44,7	-92	0	0	0	0	0	0	0	0	-16,6	-61,5	-44,7	-92	-61,3	-153,6	16,6	
σ_6	0	-33,4	-74,4	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,8	-49,7	-33,4	-74,4	-44,2	-124,1	10,8	
σ_5	0	-1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,6	0	-1,9	0	-3,5	0	1,6	
σ_4	-80,6	-31,8	-71,9	0	0	0	0	0	0	0	0	-10	-48,1	-112,4	-152,5	-122,4	-200,5	10	
σ_3	-77,9	-30,2	-69,4	0	0	0	0	0	0	0	0	-9,2	-46,4	-108,2	-147,3	-117,4	-193,8	9,2	
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
σ_1	60,6	52,5	59,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,9	40	113	120,5	146	160,5	32,9
σ_0	63,2	54	62,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,7	41,7	117,3	125,6	151	167,3	33,7
τ_4	0	-0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0	
τ_3	-1	-3,1	-2,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,3	-1,1	-4,1	-4,1	-5,4	-5,4	1,3
τ_2	-1,4	-3,4	-3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,4	-1,5	-4,8	-4,8	-6,2	-6,2	1,4
τ_1	-1,2	-2,6	-2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1,2	-3,7	-3,7	-4,7	-4,7	1
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = -2,74 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -1,89 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -5,53 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -3,49 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non fessurata (m.)

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	159

Dati di calcolo per i coefficienti di sicurezza e i fattori equivalenti di danno

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1,35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2,32 \times 1 \times 1 \times 0,82 = 1,902 < 2$ (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2,32 \times 1 \times 1 \times 0,82 = 1,902$ (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	33
	Luce per il taglio (m):	33
Dati per il calcolo di λ_2		User input
Dati per il calcolo di λ_3	Vita di progetto in anni:	100
Dati per il calcolo di γ_{Mf} per la carpenteria:	Metodo di verifica:	
	Conseguenza del danno:	

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria
Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2}$	$\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	19,03	92,593	0,206
Piattabanda inferiore	64,205	92,593	0,693
Anima	2,602	92,593	0,028
Giunzione piattabanda superiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 1 \times 112 = 112 \text{ N/mm}^2$	19,032	82,963	0,229
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 0,935 \times 112 = 104,7 \text{ N/mm}^2$	64,205	77,564	0,828
Attacco anima-piattabanda superiore	17,499	82,963	0,211
Attacco anima-piattabanda inferiore	62,671	82,963	0,755

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmin)

	$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2}$	$\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	19,03	92,593	0,206
Piattabanda inferiore	64,205	92,593	0,693
Anima	2,602	92,593	0,028
Giunzione piattabanda superiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 1 \times 112 = 112 \text{ N/mm}^2$	19,032	82,963	0,229
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 0,935 \times 112 = 104,7 \text{ N/mm}^2$	64,205	77,564	0,828
Attacco anima-piattabanda superiore	17,499	82,963	0,211
Attacco anima-piattabanda inferiore	62,671	82,963	0,755

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2}$	$\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	19,03	92,593	0,206
Piattabanda inferiore	64,205	92,593	0,693
Anima	2,602	92,593	0,028
Giunzione piattabanda superiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 1 \times 112 = 112 \text{ N/mm}^2$	19,032	82,963	0,229
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 0,935 \times 112 = 104,7 \text{ N/mm}^2$	64,205	77,564	0,828
Attacco anima-piattabanda superiore	17,499	82,963	0,211
Attacco anima-piattabanda inferiore	62,671	82,963	0,755

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmin)

	$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2}$	$\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	19,03	92,593	0,206

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	160

Piattabanda inferiore	64,205	92,593	0,693
Anima	2,602	92,593	0,028
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 1$ x 112 = 112 N/mm ²	19,032	82,963	0,229
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0,935$ x 112 = 104,7 N/mm ²	64,205	77,564	0,828
Attacco anima-piattabanda superiore	17,499	82,963	0,211
Attacco anima-piattabanda inferiore	62,671	82,963	0,755

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

14. VERIFICHE DI RESISTENZA CONTROVENTI

14.1 CONTROVENTI INFERIORI

I controventi inferiori costituiscono, assieme alle anime e alla soletta, la quarta parete della “cellula alla Bredt”; il controvento deve essere in grado di equilibrare gli sforzi torcenti nelle diverse fasi di carico, incluse le azioni taglianti orizzontali indotte dal vento a ponte carico.

Il momento torcente complessivo agente sul singolo cassone si ottiene dalla somma dei momenti torcenti delle travi di interesse.

Il taglio da momento torcente risulta quindi:

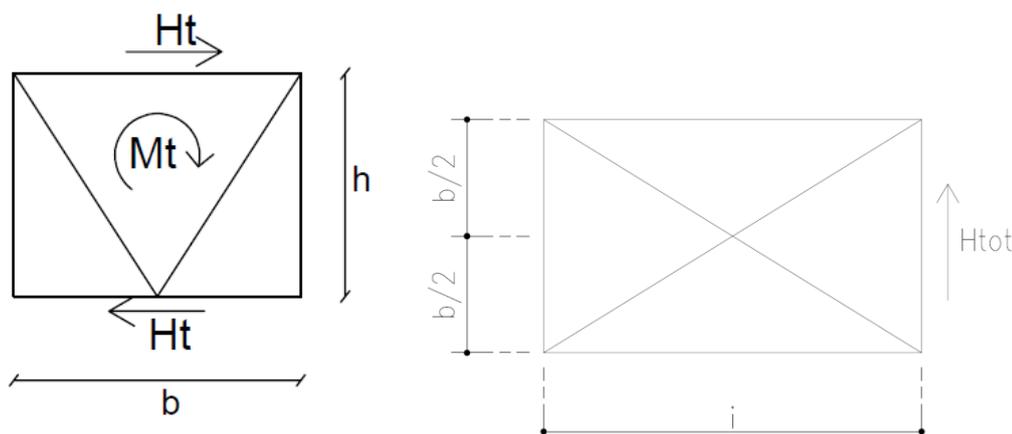
$$H_t = M_t / 2h$$

dove:

M_t = Momento torcente sul cassone

h = altezza del cassone

b = larghezza del cassone



Il taglio ottenuto viene assorbito superiormente dalla soletta, inferiormente è ripartito sui controventi.

Per i 3 campi individuati nei conci 1 e 5 si prevedono controventature inferiori costituite da profili 2L 150x15, mentre per i campi che restano individuati lungo il concio 2, 3 e 4 si prevedono controventature inferiori costituite da profili 2L 140x13.

Nel primo e nell'ultimo campo si hanno cinque controventature adiacenti, mentre nei successivi controventi sono previsti solo tra le travi 1-2, 3-4 e 5-6.

Per la valutazione delle sollecitazioni di verifica si individua nel modello di fase 3b la sezione più sollecitata e si leggono le azioni torcenti nella corrispondente sezione per ognuno dei modelli associati a ciascuna fase. Nella tabella seguente si riportano i valori del momento torcente sollecitante così valutato e il relativo sforzo normale agente nel singolo controvento.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

CAMPO 1			Profilo	2L150x15
Angolo controvento/trave principale	β [rad]	0,52	d [mm]	20
Altezza cassone	h [m]	1,48	l _{oy} [m]	3,45
Torsione	T [kNm]	3711,26	l _{oz} [m]	1,72
Taglio da torsione	Ht [kN]	1258,05	Ncr [kN]	1591,00
Azione assiale singolo controvento	N [kN]	1258,05	rs	79%
CAMPO 2			Profilo	2L150x15
Angolo controvento/trave principale	β [rad]	0,52	d [mm]	20
Altezza cassone	h [m]	1,48	l _{oy} [m]	3,45
Torsione	T [kNm]	3691,86	l _{oz} [m]	1,72
Taglio da torsione	Ht [kN]	1251,48	Ncr [kN]	1591,00
Azione assiale singolo controvento	N [kN]	1251,48	rs	79%
CAMPO 9			Profilo	2L140X13
Angolo controvento/trave principale	β [rad]	0,52	d [mm]	20
Altezza cassone	h [m]	1,48	l _{oy} [m]	3,45
Torsione	T [kNm]	2881,55	l _{oz} [m]	1,72
Taglio da torsione	Ht [kN]	976,80	Ncr [kN]	1188,00
Azione assiale singolo controvento	N [kN]	976,80	rs	82%
CAMPO 7			Profilo	2L140X13
Angolo controvento/trave principale	β [rad]	0,52	d [mm]	20
Altezza cassone	h [m]	1,48	l _{oy} [m]	3,45
Torsione	T [kNm]	1311,01	l _{oz} [m]	1,72
Taglio da torsione	Ht [kN]	444,41	Ncr [kN]	1188,00
Azione assiale singolo controvento	N [kN]	444,41	rs	37%

Dove β è l'angolo individuato tra il diagonale del controvento e la trave principale.

La resistenza a trazione del singolo controvento costituito da profili 2L 150x15, risulta:

$$N_{T,Rd} = 8604 \text{ mm}^2 * 355/1.05 = 2909 \text{ kN (r.s. 0.43)}$$

Assumendo una luce di libera inflessione del controvento pari alla sua lunghezza massima ($l_{oy} = 3.45\text{m}$) e alla sua metà nel caso l'inflessione avvenga lungo l'altra direzione ($l_{oz} = 1.72\text{m}$), la resistenza a compressione risulta pari a 1591 kN (r.s. 0.79).

La resistenza a trazione del singolo controvento costituito da profili 2L 140x13, risulta:

$$N_{T,Rd} = 6990 \text{ mm}^2 * 355/1.05 = 2363 \text{ kN (r.s. 0.41)}$$

Assumendo una luce di libera inflessione del controvento pari alla sua lunghezza massima ($l_{oy} = 3.45\text{m}$) e alla sua metà nel caso l'inflessione avvenga lungo l'altra direzione ($l_{oz} = 1.72\text{m}$), la resistenza a compressione risulta pari a 1188 kN (r.s. 0.82).

I controventi risultano pertanto verificati.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	163

14.2 CONTROVENTI SUPERIORI

La controventatura superiore contribuisce ad equilibrare le azioni torcenti durante la Fase1, quando la soletta non risulta ancora collaborante.

I momenti torcenti che sollecitano i controventi in questa fase sono associati alle condizioni di carico elementari (peso proprio acciaio e peso soletta) e al carico da vento a ponte scarico.

Nella tabella seguente si riportano i valori del momento torcente sollecitante e il relativo sforzo normale agente nel singolo controvento.

CAMPO 1			Profilo	2L100x10
Angolo controvento/trave principale	β [rad]	0,52	d [mm]	20
Altezza cassone	h [m]	1,48	l_{0y} [m]	3,45
Taglio da torsione	Ht [kN]	33,30	l_{0z} [m]	1,72
Azione assiale singolo controvento	N [kN]	33,30	Ncr [kN]	412,90
			rs	8%

La resistenza a trazione del singolo controvento costituito da profili 2L 100x10, risulta:

$$N_{T,Rd} = 3830 \text{ mm}^2 * 355/1.05 = 1294.9 \text{ kN (r.s. 0.03)}$$

Assumendo una luce di libera inflessione del controvento pari alla sua lunghezza massima ($l_{0y} = 3.45\text{m}$) e alla sua metà nel caso l'inflessione avvenga lungo l'altra direzione ($l_{0z} = 1.72\text{m}$), la resistenza a compressione risulta pari a 412.9 kN (r.s. 0.08).

I controventi risultano pertanto verificati.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	164

15. VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVERSI

15.1 TRAVERSI INTERMEDI

Si riportano di seguito gli involuipi SLU di sollecitazione nei diaframmi intermedi, riferiti alle diverse fasi dell'analisi statica.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-301,40	143,86
	[Bm:120]	[Bm:100]

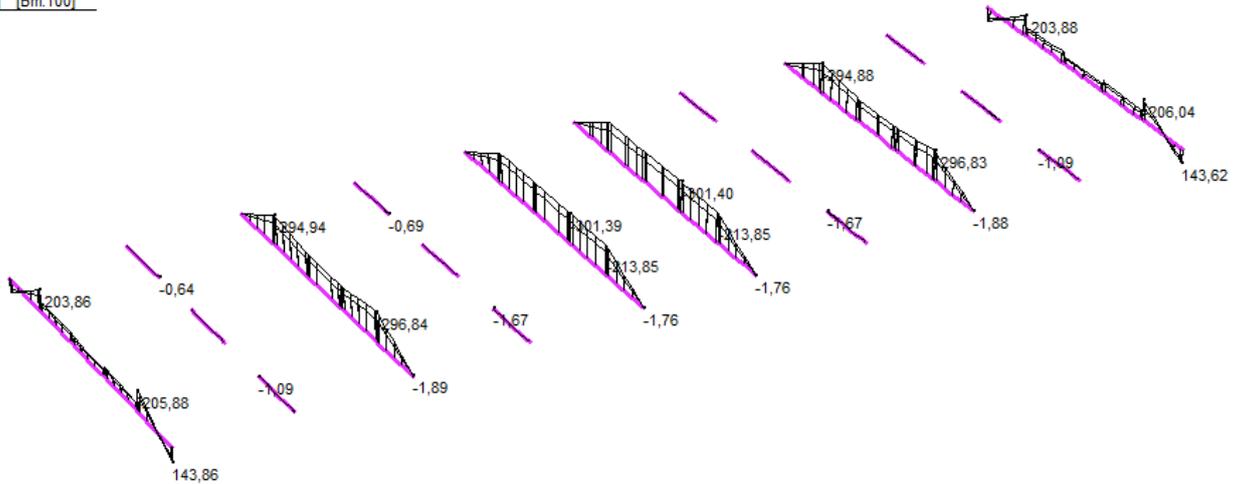


Figura 97 - Modello fase 1 - ENV SLU - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-206,51	207,84
	[Bm:96]	[Bm:100]

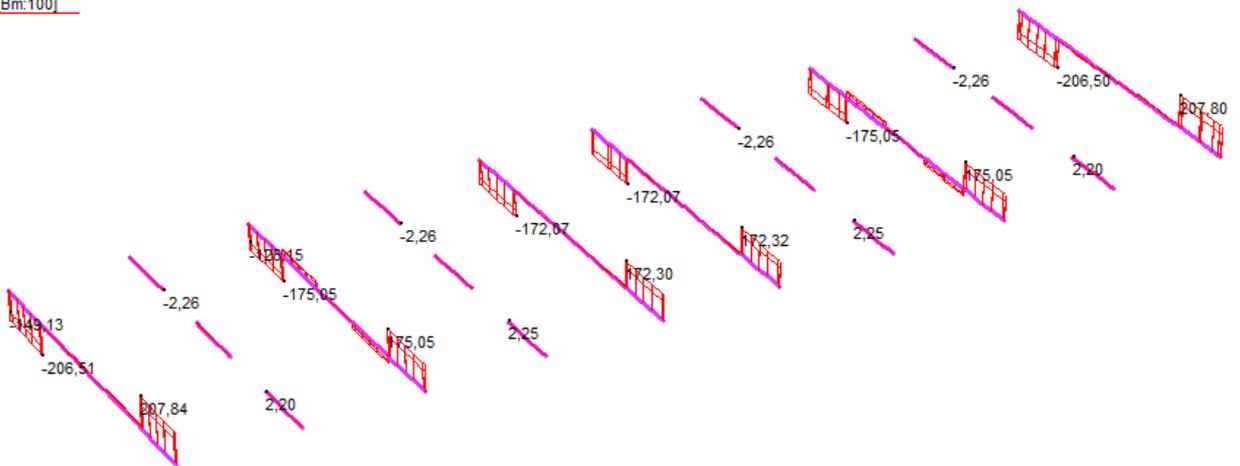


Figura 98 - Modello fase 1 - ENV SLU - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	165

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-326,77	254,48
	[Bm.101]	[Bm.130]

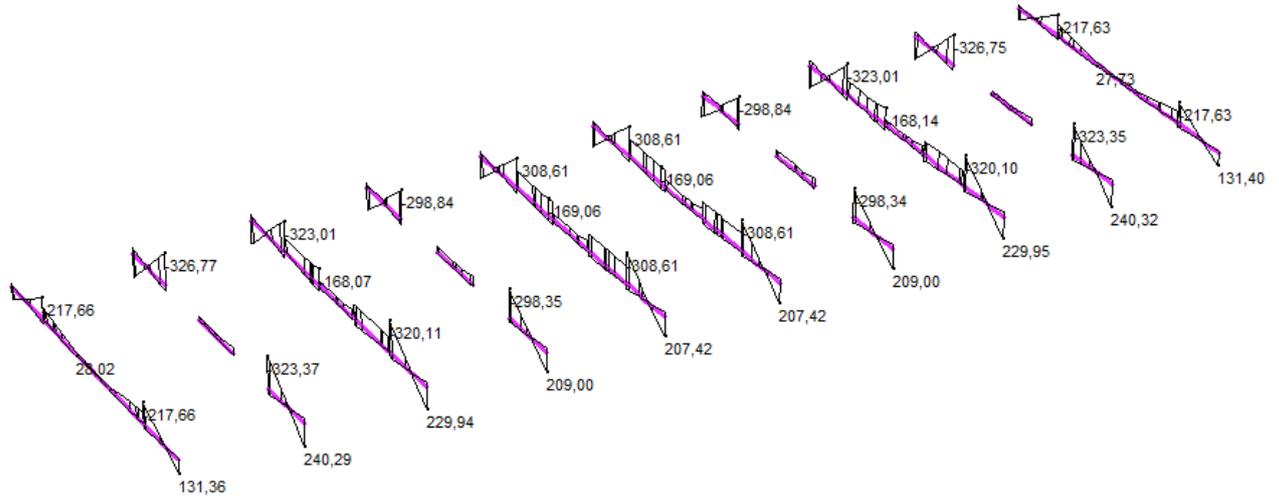


Figura 99 - Modello fase 2a - ENV SLU - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-341,91	331,57
	[Bm.101]	[Bm.132]

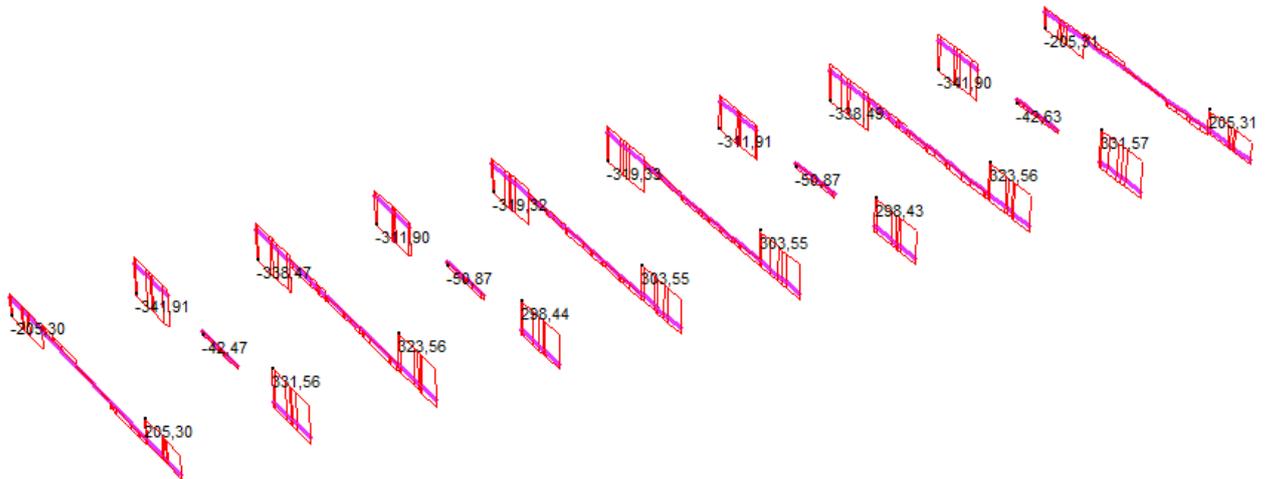
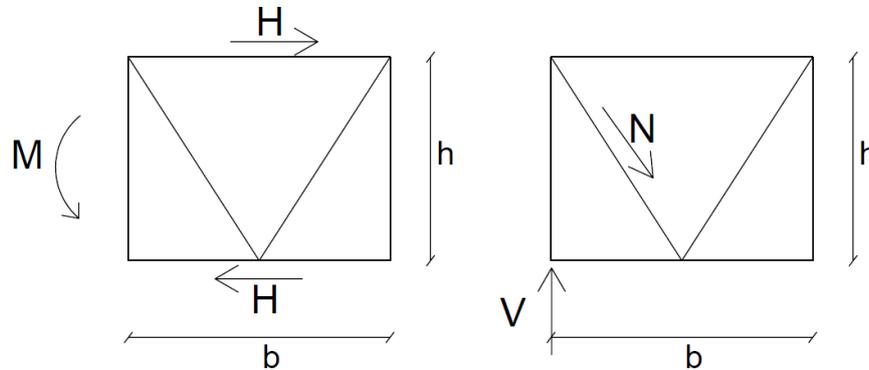


Figura 100 - Modello fase 2a - ENV SLU - Taglio (kN)

Essendo l'impalcato isostatico, le sollecitazioni di taglio e momento dovuti alle azioni di ritiro secondario per il modello di fase 2b e di temperatura per il modello fase 3a sono nulli. Si omettono pertanto i grafici associati per motivi di brevità.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	167



$$H = M/h$$

$$N = V \cdot L/h$$

dove:

h = altezza del cassone

L = lunghezza diagonali

b = interasse travi

Nella tabella a seguire si riportano i valori calcolati per il dimensionamento dei traversi.

Dimensioni	
h	1,48 m
L	1,70 m
Azioni interne	
V _{ed}	1072,56 kN
M _{ed max}	766,30 kNm
M _{ed min}	-1404 kNm
Sollecitazioni nel traverso	
H _{inf}	951,86 kN
H _{sup}	519,52 kN
N	1237,91 kN

Infine, a seguire un riepilogo dei profili usati con associati i valori di carico critico per le assegnate luci di libera inflessione, con indicazione dei rapporti di sfruttamento.

LUCE LIBERA INFLESSIONE						
	l _{0y}	l _{0z}	N _{ed} [kN]	PROFILO	N _{cr}	r.s.
Corrente inf	0,85	1,70	951,86	2L 120x12	1605	59%
Corrente sup	1,70	1,70	519,52	2L 100x10	870,9	60%
Diagonale	1,70	1,70	1237,91	2L 120x12	1387	89%

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			Progr 004

I diagonali sono costituiti da profili 2L120x12 accoppiati, per i quali si assume luce di libera inflessione pari a 1.70 m.

La resistenza a trazione del corrente risulta:

$$N_{T,Rd} = 5508 \text{ mm}^2 * 355/1.05 = 1862.23 \text{ kN.}$$

La resistenza a compressione è pari a:

$$N_{by,Rd} = 1387 \text{ kN} > N_{ed}$$

$$N_{bz,Rd} = 1605 \text{ kN} > N_{ed}$$

Profili L

File Tipo Profilo ?

L Uguali Doppi Accosta lato corto

L Disuguali

d (mm) 20 ?

Ordina per
 iy
 ly
 g

Acciaio S355 (Fe510) fy (N/mm2) 355 fu 510

Lunghezze di libera inflessione [m]
 I_{Oy} 1.7 I_{Oz} 1.7 I_{Ov} 0

Aggiorna Tabella

	designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
	L 90 x 90 x 15	19,5	90	90	15,00	11,00	5,50
	L 110 x 110 x 12	19,7	110	110	12,00	13,00	6,50
	L 120 x 120 x 11	19,9	120	120	11,00	13,00	6,50
	L 100 x 100 x 14	20,6	100	100	14,00	12,00	6,00
	L 140 x 140 x 10	21,4	140	140	10,00	15,00	7,50
	L 120 x 120 x 12	21,6	120	120	12,00	13,00	6,50
	L 150 x 150 x 10	22,0	150	150	10,00	16,00	8,00

Plotta

2 L 120 x 120 x 12

N_{by,Rd} [kN] 1.387 N_{bv,Rd} [kN] 1.778

N_{bz,Rd} [kN] 1.605 ?

Classe Sezione
 Compressione 4 ?

g (Kg/m): 43,2

h (mm): 120

b (mm): 120

t (mm): 12

r1 (mm): 13

r2 (mm): 6,5

A (cm2): 55,08

I_y (cm4): 735,4

W_y (cm3): 85,47

i_y (cm): 3,654

I_z (cm4): 1.800

W_z (cm3): 138,4

i_z (cm): 5,716

I_u (cm4): 583,7

i_u (cm): 4,604

I_v (cm4): 151,6

i_v (cm): 2,346

Figura 103 - Verifica di instabilità profilo 2L 120X12 - Diagonale

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

I correnti superiori sono costituiti da profili 2L100x10 accoppiati, per i quali si assume luce di libera inflessione pari a 1.70m.

La resistenza a trazione del corrente risulta:

$$N_{T,Rd} = 3830 \text{ mm}^2 * 355/1.05 = 1294.90 \text{ kN.}$$

La resistenza a compressione è pari a:

$$N_{by,Rd} = 870.9 \text{ kN} > H_{sup}$$

$$N_{bz,Rd} = 1072 \text{ kN} > H_{sup}$$

Profili L

File Tipo Profilo ?

L Uguali Doppi Accosta lato corto

L Disuguali

d (mm) ?

Ordina per
 iy
 ly
 g

Acciaio S355 (Fe510) fy (N/mm2) 355 fu 510

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{Oy} 1.7 l_{Oz} 1.7 l_{Ov} 0

Aggiorna Tabella

	designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
	L 90 x 90 x 11	14,7	90	90	11,00	11,00	5,50
▶	L 100 x 100 x 10	15,0	100	100	10,00	12,00	6,00
	L 120 x 120 x 9	16,5	120	120	9,00	13,00	6,50
	L 110 x 110 x 10	16,6	110	110	10,00	13,00	6,50
	L 90 x 90 x 13	17,1	90	90	13,00	11,00	5,50
	L 100 x 100 x 12	17,8	100	100	12,00	12,00	6,00
	L 120 x 120 x 10	18,5	120	120	10,00	13,00	6,50

Plotta

2 L 100 x 100 x 10

N_{by,Rd} [kN] 870,9 N_{bv,Rd} [kN] 1.237

N_{bz,Rd} [kN] 1.072 ?

Classe Sezione
 Compressione 4 ?

g (Kg/m): 30

h (mm): 100 A (cm2): 38,3

b (mm): 100 I_y (cm4): 353,4 W_z (cm3): 82,96 I_v (cm4): 73,01

t (mm): 10 W_y (cm3): 49,23 I_z (cm): 4,881 I_v (cm): 1,952

r1 (mm): 12 I_y (cm): 3,037 I_u (cm4): 280,3

r2 (mm): 6 I_z (cm4): 912,6 I_u (cm): 3,826

Figura 104 - Verifica di instabilità profilo 2L 100x10 - Briglia superiore

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

I correnti inferiori sono costituiti da profili 2L120x12 accoppiati, per i quali si assume luce di libera inflessione pari a $l_{0y} = 0.85\text{m}$ e $l_{0z} = 1.70\text{m}$.

La resistenza a trazione del corrente risulta:

$$N_{T,Rd} = 5508 \text{ mm}^2 * 355/1.05 = 1862.23 \text{ kN.}$$

La resistenza a compressione è pari a:

$$N_{by,Rd} = 1683 \text{ kN} > H_{inf}$$

$$N_{bz,Rd} = 1605 \text{ kN} > H_{inf}$$

Profili L

File Tipo Profilo ?

L Uguali L Disuguali

Doppi Accosta lato corto

d (mm) ?

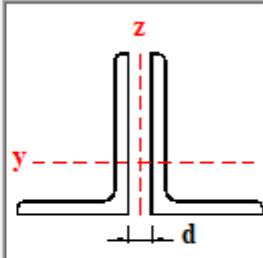
Ordina per iy ly g

Acciaio: S355 (Fe510) fy (N/mm2) 355 fu 510

Lunghezze di libera inflessione [m]

l_{0y} l_{0z} l_{0v}

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
L 90 x 90 x 15	19,5	90	90	15,00	11,00	5,50
L 110 x 110 x 12	19,7	110	110	12,00	13,00	6,50
L 120 x 120 x 11	19,9	120	120	11,00	13,00	6,50
L 100 x 100 x 14	20,6	100	100	14,00	12,00	6,00
L 140 x 140 x 10	21,4	140	140	10,00	15,00	7,50
L 120 x 120 x 12	21,6	120	120	12,00	13,00	6,50
L 150 x 150 x 10	22,0	150	150	10,00	16,00	8,00



2 L 120 x 120 x 12 $N_{by,Rd}$ [kN] $N_{bz,Rd}$ [kN] $N_{bv,Rd}$ [kN] $N_{bv,Rd}$ [kN]

g (Kg/m): $N_{bz,Rd}$ [kN] ?

h (mm): A (cm2):

b (mm): I_y (cm4): W_z (cm3): I_v (cm4):

t (mm): W_y (cm3): i_z (cm): i_v (cm):

r1 (mm): i_y (cm): I_u (cm4):

r2 (mm): i_z (cm4): I_u (cm):

Classe Sezione
Compressione ?

Figura 105 - Verifica di instabilità profilo 2L 120x12 - Briglia inferiore

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

15.1.1 Verifiche a fatica

	PROFILO	Area (cm ²)	N (kN)	$\Delta\sigma$ (MPa)
Briglia inferiore	2L 120x12	55,08	305,08	54,41
Briglia superiore	2L 100x10	38,3	305,08	78,25
Diagonale	2L 120x12	55,08	445,51	79,46

NOME: TRAVERSI INTERMEDI		VERIFICA A FATICA (MdP ITF)				Rev. 00
L_{ϕ} (m)	8,50	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	λ_1	0,89	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
Φ_2	1,00	coeff. dinamico sovraccarico	λ_2	1,00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
Y_{Mf}	1,35	coeff. sicurezza fatica	λ_3	1,00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	λ_4	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	λ_{max}	1,40	limite fattore λ	
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 PRODOTTI LAMINATI E ESTRUSI ($\Delta\sigma$) (Tab. 2-1.a)

DETTAGLIO N°1-2-3 $\Delta\sigma_C$ (MPa) **160,0**

Prodotti laminati ed estrusi

- 1) lamiere e piatti laminati;
- 2) lamiere e piatti;
- 3) Profili cavi senza saldatura, rettangolari e circolari



	A_{net}/A_{tot} (%)	$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_{1+2}$ (MPa)	a (-)	λ_4 (-)	λ (-)	t (mm)	k_s (-)	$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{E,d}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$ (MPa)		
BRIGLIA INF	100,0	54,41	115,74	0,47	0,82	0,73	12	1,00	160,0	39,8	118,5	33,6%	OK
BRIGLIA SUP	100,0	78,25	166,45	0,47	0,82	0,73	10	1,00	160,0	57,2	118,5	48,3%	OK
DIAGONALE	100,0	79,45	1371,40	0,06	0,96	0,86	12	1,00	160,0	68,0	118,5	57,4%	OK

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

15.2 TRAVERSI DI TESTATA

Si riportano di seguito gli involuipi SLU di sollecitazione nei diaframmi di testata, riferiti alle differenti fasi dell'analisi statica.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-148,14	97,17
	[Bm:95]	[Bm:95]

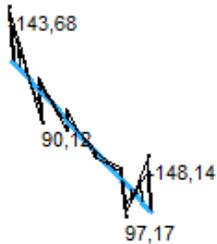
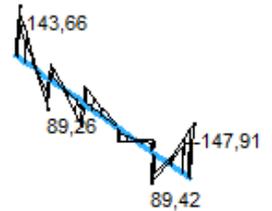


Figura 106 - Modello fase 1 - ENV SLU - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-147,74	140,97
	[Bm:95]	[Bm:91]

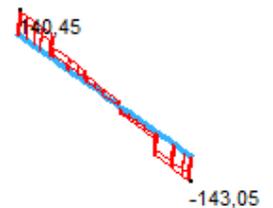


Figura 107 - Modello fase 1 - ENV SLU - Taglio (kN)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1104,88	796,92
	[Bm:138]	[Bm:138]

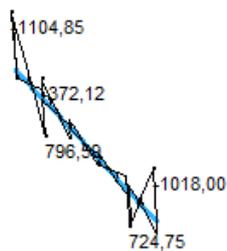
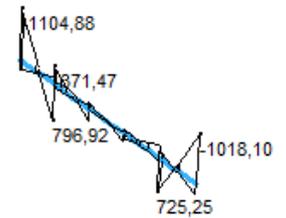


Figura 108 - Modello fase 2a - ENV SLU – Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1025,50	1118,71
	[Bm:142]	[Bm:138]

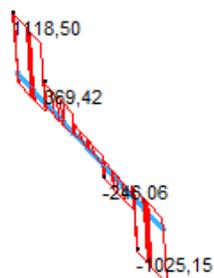


Figura 109 - Modello fase 2a - ENV SLU - Taglio (kN)

Essendo l'impalcato isostatico, le sollecitazioni di taglio e momento dovuti alle azioni di ritiro secondario per il modello di fase 2b e di temperatura per il modello fase 3a sono nulli. Si omettono pertanto i grafici associati per motivi di brevità.

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	174

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1974,66	1974,27
	[Bm:93]	[Bm:93]

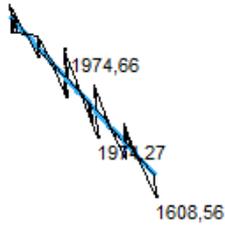
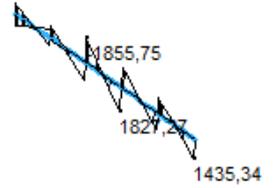


Figura 110 - Modello fase 3b - ENV SLU - Momento (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1076,97	2322,90
	[Bm:91]	[Bm:93]

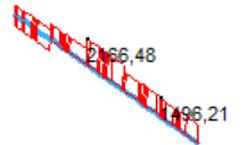
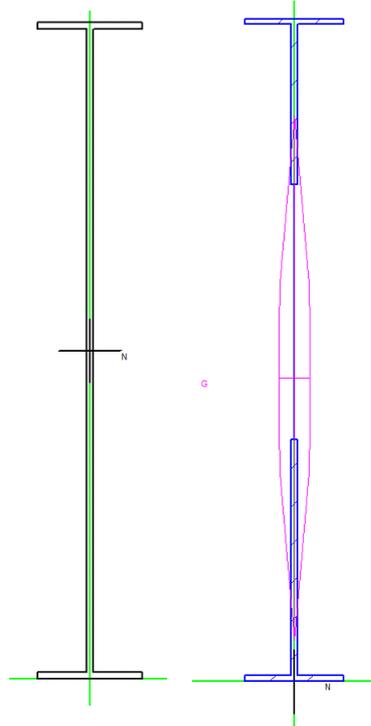


Figura 111 - Modello fase 3b - ENV SLU - Taglio (kN)

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	175

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. In particolare, è stata valutata la resistenza a taglio e flessione delle due sezioni (quella piena e quella cava) separatamente.



	Resistenza flessionale	
	Sezione piena	Sezione cava
y_g (cm)	95,00	94,76
$H-y_g$ (cm)	95,00	95,24
I_{xx} (cm ⁴)	2132836,00	2047443,00
I_{yy} (cm ⁴)	9124,00	9071,00
$W_{sup,x}$ (cm ³)	22450,91	21497,72
$W_{inf,x}$ (cm ³)	22450,91	21606,62
$M_{rd(sup),x}$ (kNm)	7590,54	7268,28
$M_{rd(inf),x}$ (kNm)	7590,54	7305,09
	Resistenza a taglio	
	Sezione piena	Sezione cava
A_v (m ²)	0,04	0,02
f_{yk} (MPa)	355,00	355,00
V_{cRd} (kN)	7339,50	4216,31

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	176

15.2.1 Verifiche a fatica

	$\Delta\sigma$ (MPa)	$\Delta\tau$ (MPa)
Anima		93,41
Piattabanda	35,05	

NOME: TRAVERSI TESTATA		VERIFICA A FATICA (Mdp ITF)				Rev. 00
L_0 (m)	8,50	luce caratteristica (Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1)	λ_1	0,89	fattore danneggiamento per traffico (Tab. 2.7.1.2.1-1)	
Φ_2	1,00	coeff. dinamico sovraccarico	λ_2	1,00	fattore volume traffico (Tab. 2.7.1.2.2-1)	
Y_{Mf}	1,35	coeff. sicurezza fatica	λ_3	1,00	fattore vita progetto ponte (Tab. 2.7.1.2.3-1)	
$\Delta\sigma_C$ (MPa)	(vedi tab)	classe dettaglio	λ_4	(vedi tab)	fattore carico su più binari	
$\Delta\sigma_{C,red}$ (MPa)	"	classe ridotta dettaglio	λ_{max}	1,40	limite fattore λ	
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



Piattabanda	A_{net}/A_{tot}	$\Delta\sigma_1$	$\Delta\sigma_{1+2}$	a	λ_4	λ	t	k_s	$\Delta\sigma_{C,red}$	$\Delta\sigma_{E,d}$	$\Delta\sigma_{C,red}/Y_{Mf}$		
inferiore	(%)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)	(mm)	(-)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
TRAVERSO	100,0	35,05	423,94	0,08	0,95	0,84	20	1,00	125,0	29,5	92,6	31,9%	OK
Anima	A_{net}/A_{tot}	$\Delta\tau_1$	$\Delta\tau_{1+2}$	a	λ_4	λ	t	k_s	$\Delta\tau_{C,red}$	$\Delta\tau_{E,d}$	$\Delta\tau_{C,red}/Y_{Mf}$		
	(%)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)	(mm)	(-)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
TRAVERSO	100,0	93,41	670,77	0,14	0,92	0,81	20	1,00	125,0	76,1	92,6	82,2%	OK

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

15.2.2 Verifica al sollevamento

Si effettua la verifica del traverso di testata per il caso di sollevamento impalcato per eventuale sostituzione apparecchi d'appoggio, che è il caso dimensionante.

Il modello FEM del traverso consta di elementi beam alle quali sono state assegnate le proprietà dei traversi di testata.

Martinetti ipotizzati 10, in corrispondenza degli irrigidenti verticali del passo d'uomo come da schema seguente:

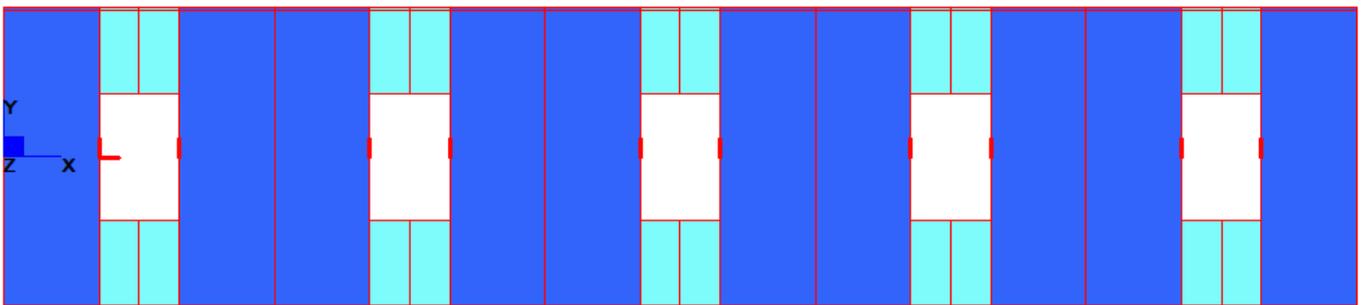


Figura 112 - Modello traverso di testata

I carichi applicati sono stati ricavati dal modello longitudinale dell'impalcato: le reazioni agli appoggi (cambiate di segno) sono state distribuite sulla lunghezza di interesse.

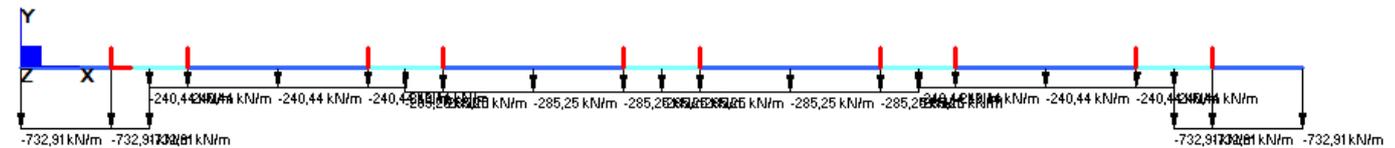


Figura 113 - Modello traverso testata - Carichi permanenti

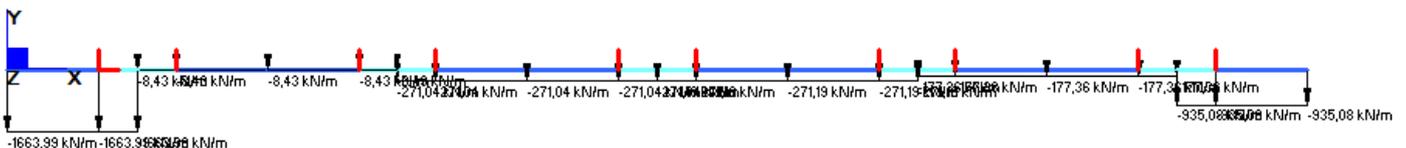


Figura 114 - Modello traverso testata - PPNS con una barriera antirumore



Figura 115 - Modello traverso testata - PPNS con 2 barriere antirumore

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	178

MIN MAX
BM2(kN.m) -418 209
[Bm:1] [Bm:1]

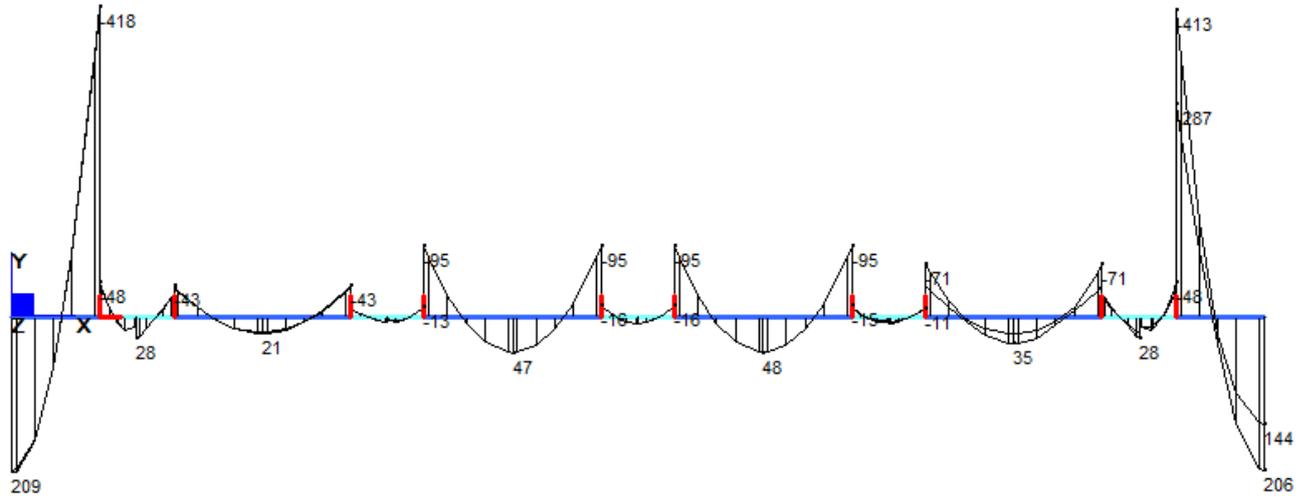


Figura 116 - Modello trasversale testata - ENV SLU - Momento flettente (kNm)

MIN MAX
SF2(kN) -2091 2063
[Bm:1] [Bm:15]

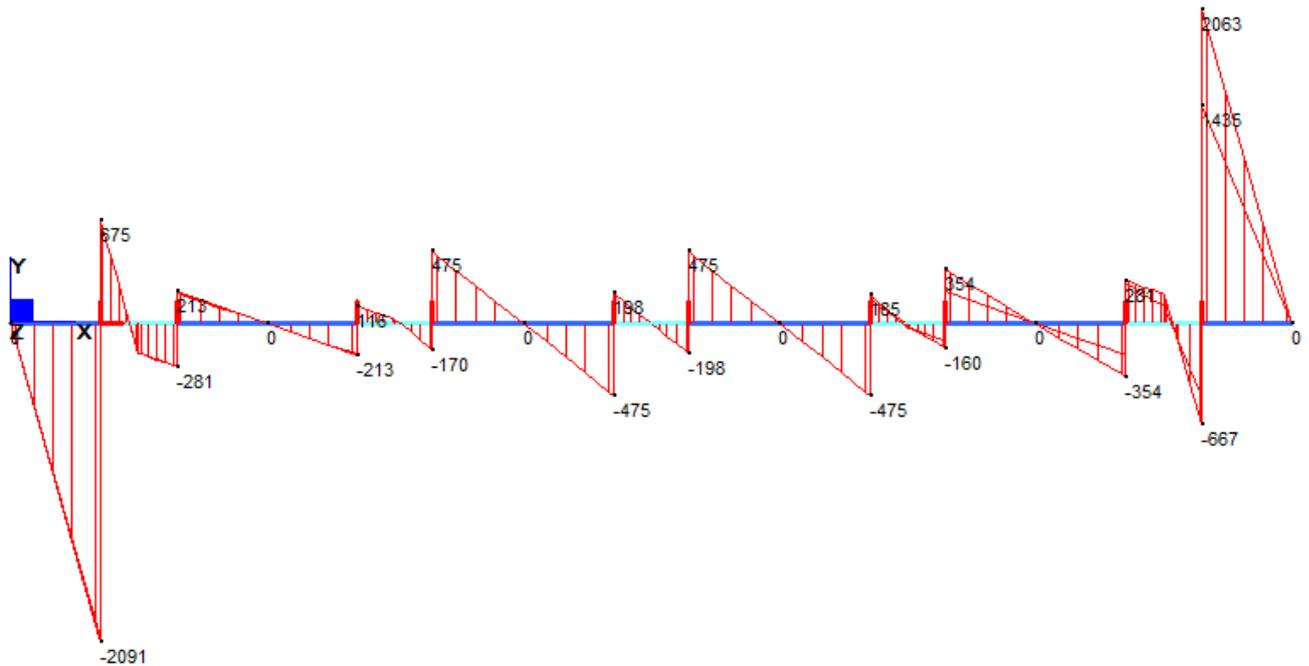


Figura 117 - Modello trasversale testata - ENV SLU - Taglio (kN)

I valori di taglio e momento resistente illustrati al paragrafo precedente sono sempre maggiori delle sollecitazioni che interessano il trasverso di testata in fase di sollevamento, pertanto la verifica è soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	179

16. VERIFICA GIUNTI BULLONATI

Si riportano di seguito le verifiche dei giunti bullonati di diaframmi e controventi.

16.1 TRAVERSI INTERMEDI

16.1.1 Corrente inferiore

Tipo di profilo: 2L120x12

Spessore piastra: 20 mm

Bullonatura: 4+4 M27

Azione assiale nel profilo: 951.86 kN

Sollecitazioni	
$F_{v,Ed}$ (N)	118982,5
$F_{t,Ed}$ (N)	0

Bulloni	
Classe	8,8
d (mm)	27
γ_{M2}	1,25
f_{yb} (N/mm ²)	640
f_{tb} (N/mm ²)	800
A_n (mm ²)	572
A_{res} (mm ²)	459

Piastra di collegamento	
Acciaio	S355
t (mm)	20
γ_{M2}	1,25
d_0 (mm)	28,5
f_{tk} (N/mm ²)	510

Caratteristiche resistenti bulloni		
Classe	f_{yb} (N/mm ²)	f_{tb} (N/mm ²)
4,6	240	400
5,6	300	500
6,8	480	600
8,8	640	800
10,9	900	1000

Caratteristiche geometriche bulloni		
d (mm)	A_n (mm ²)	A_{res} (mm ²)
12	113	84
14	153	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	572	459
30	706	561

Verifica di resistenza con formula 4.2.71

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{con} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$	0,675
--	-------

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

Verifica a rifollamento con formula 4.2.67

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \text{ con } F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

Tipo di unione	
●	Esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
○	Non esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
○	Elementi resistenti alla corrosione (EN10025-5)

Bulloni di bordo	
e_1 (mm)	50
e_2 (mm)	60
p_1 (mm)	80
p_2 (mm)	200

$$34,2 \leq e_1 \leq 120$$

$$34,2 \leq e_2 \leq 120$$

$$62,7 \leq p_1 \leq 200$$

$$68,4 \leq p_2 \leq 200$$

$\alpha = \min \{e_1/(3d_0) ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni di bordo // al carico applicato

$\alpha = \min \{p_1/(3d_0)-0,25 ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni interni // al carico applicato

$k = \min \{2,8e_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo _|_ al carico applicato

$k = \min \{1,4p_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni _|_ al carico applicato

α_{MIN}	0,585
k_{MIN}	2,500

$F_{b,Rd}$ (N)	322105
----------------	--------

$\frac{F_{v, Ed}}{F_{b, Rd}}$	0,739
-------------------------------	-------

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

16.1.2 Corrente superiore

Tipo di profilo: 2L100x10

Spessore piastra: 20 mm

Bullonatura: 4+4 M27

Azione assiale nel profilo: 951.86 kN

Sollecitazioni	
$F_{v,Ed}$ (N)	118982,5
$F_{t,Ed}$ (N)	0

Bulloni	
Classe	8,8
d (mm)	27
γ_{M2}	1,25
f_{yb} (N/mm ²)	640
f_{tb} (N/mm ²)	800
A_n (mm ²)	572
A_{res} (mm ²)	459

Piastra di collegamento	
Acciaio	S355
t (mm)	20
γ_{M2}	1,25
d_0 (mm)	28,5
f_{tk} (N/mm ²)	510

Caratteristiche resistenti bulloni		
Classe	f_{yb} (N/mm ²)	f_{tb} (N/mm ²)
4,6	240	400
5,6	300	500
6,8	480	600
8,8	640	800
10,9	900	1000

Caratteristiche geometriche bulloni		
d (mm)	A_n (mm ²)	A_{res} (mm ²)
12	113	84
14	153	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	572	459
30	706	561

Verifica di resistenza con formula 4.2.71

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{con} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$	0,675
--	-------

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	182

Verifica a rifollamento con formula 4.2.67

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \text{ con } F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

Tipo di unione	
	Esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Non esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Elementi resistenti alla corrosione (EN10025-5)

Bulloni di bordo	
e ₁ (mm)	50
e ₂ (mm)	50
p ₁ (mm)	65
p ₂ (mm)	200

$$34,2 \leq e_1 \leq 120$$

$$34,2 \leq e_2 \leq 120$$

$$62,7 \leq p_1 \leq 200$$

$$68,4 \leq p_2 \leq 200$$

$\alpha = \min \{e_1/(3d_0) ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni di bordo // al carico applicato

$\alpha = \min \{p_1/(3d_0)-0,25 ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni interni // al carico applicato

$k = \min \{2,8e_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo _|_ al carico applicato

$k = \min \{1,4p_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni _|_ al carico applicato

α_{MIN}	0,585
k_{MIN}	2,500

$F_{b,Rd}$ (N)	322105
----------------	--------

$\frac{F_{v, Ed}}{F_{b, Rd}}$	0,739
-------------------------------	-------

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	183

16.1.3 Diagonale

Tipo di profilo: 2L120x12

Spessore piastra: 20 mm

Bullonatura: 4+4 M27

Azione assiale nel profilo: 1237.91kN

Sollecitazioni	
$F_{v,Ed}$ (N)	154738,75
$F_{t,Ed}$ (N)	0

Bulloni	
Classe	8,8
d (mm)	27
γ_{M2}	1,25
f_{yb} (N/mm ²)	640
f_{tb} (N/mm ²)	800
A_n (mm ²)	572
A_{res} (mm ²)	459

Piastra di collegamento	
Acciaio	S355
t (mm)	20
γ_{M2}	1,25
d_0 (mm)	28,5
f_{tk} (N/mm ²)	510

Caratteristiche resistenti bulloni		
Classe	f_{yb} (N/mm ²)	f_{tb} (N/mm ²)
4,6	240	400
5,6	300	500
6,8	480	600
8,8	640	800
10,9	900	1000

Caratteristiche geometriche bulloni		
d (mm)	A_n (mm ²)	A_{res} (mm ²)
12	113	84
14	153	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	572	459
30	706	561

Verifica di resistenza con formula 4.2.71

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \text{ con } \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$	0,878
--	-------

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Tipologico struttura mista da 35m -</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <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>LI0B</td> <td>02</td> <td>E</td> <td>ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI</td> <td>00</td> <td>00</td> <td>004</td> <td>C</td> <td>184</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	184
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	184													

Verifica a rifollamento con formula 4.2.67

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \text{ con } F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

Tipo di unione	
	Esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Non esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Elementi resistenti alla corrosione (EN10025-5)

Bulloni di bordo	
e ₁ (mm)	60
e ₂ (mm)	60
p ₁ (mm)	65
p ₂ (mm)	200

$$34,2 \leq e_1 \leq 120$$

$$34,2 \leq e_2 \leq 120$$

$$62,7 \leq p_1 \leq 200$$

$$68,4 \leq p_2 \leq 200$$

$\alpha = \min \{e_1/(3d_0) ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni di bordo // al carico applicato

$\alpha = \min \{p_1/(3d_0)-0,25 ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni interni // al carico applicato

$k = \min \{2,8e_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo _|_ al carico applicato

$k = \min \{1,4p_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni _|_ al carico applicato

α_{MIN}	0,702
k_{MIN}	2,500

$F_{b,Rd}$ (N)	386526
----------------	--------

$\frac{F_{v, Ed}}{F_{b, Rd}}$	0,801
-------------------------------	-------

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	185

16.2 CONTROVENTI

16.2.1 Controventi inferiori (concio C1/C5)

Tipo di profilo: 2L150x15 accostati

Spessore piastra: 15 mm

Bullonatura: 4+4 M27

Azione assiale nel profilo: 1258.05 kN

Sollecitazioni	
$F_{v,Ed}$ (N)	157256,25
$F_{t,Ed}$ (N)	0

Bulloni	
Classe	8,8
d (mm)	27
γ_{M2}	1,25
f_{yb} (N/mm ²)	640
f_{tb} (N/mm ²)	800
A_n (mm ²)	572
A_{res} (mm ²)	459

Piastra di collegamento	
Acciaio	S355
t (mm)	15
γ_{M2}	1,25
d_0 (mm)	28,5
f_{tk} (N/mm ²)	510

Caratteristiche resistenti bulloni		
Classe	f_{yb} (N/mm ²)	f_{tb} (N/mm ²)
4,6	240	400
5,6	300	500
6,8	480	600
8,8	640	800
10,9	900	1000

Caratteristiche geometriche bulloni		
d (mm)	A_n (mm ²)	A_{res} (mm ²)
12	113	84
14	153	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	572	459
30	706	561

Verifica di resistenza con formula 4.2.71

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{con} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$	0,892
--	-------

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	186

Verifica a rifollamento con formula 4.2.67

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \text{ con } F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

Tipo di unione	
	Esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Non esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Elementi resistenti alla corrosione (EN10025-5)

Bulloni di bordo					
e ₁ (mm)	50	34,2	≤	e ₁	≤ 100
e ₂ (mm)	75	34,2	≤	e ₂	≤ 100
p ₁ (mm)	65	62,7	≤	p ₁	≤ 200
p ₂ (mm)	200	68,4	≤	p ₂	≤ 200

$\alpha = \min \{e_1/(3d_0) ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni di bordo // al carico applicato

$\alpha = \min \{p_1/(3d_0)-0,25 ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni interni // al carico applicato

$k = \min \{2,8e_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo _|_ al carico applicato

$k = \min \{1,4p_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni _|_ al carico applicato

α_{MIN}	0,585
k_{MIN}	2,500

$F_{b,Rd}$ (N)	241579
----------------	--------

$\frac{F_{v, Ed}}{F_{b, Rd}}$	0,651
-------------------------------	-------

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

16.2.2 Controventi inferiori (concio C2/C3/C4)

Tipo di profilo: 2L140x13 accostati

Spessore piastra: 15 mm

Bullonatura: 3+3 M27

Azione assiale nel profilo: 976.8 kN

Sollecitazioni	
$F_{v,Ed}$ (N)	162800
$F_{t,Ed}$ (N)	0

Bulloni	
Classe	8,8
d (mm)	27
γ_{M2}	1,25
f_{yb} (N/mm ²)	640
f_{tb} (N/mm ²)	800
A_n (mm ²)	572
A_{res} (mm ²)	459

Piastra di collegamento	
Acciaio	S355
t (mm)	15
γ_{M2}	1,25
d_0 (mm)	28,5
f_{tk} (N/mm ²)	510

Caratteristiche resistenti bulloni		
Classe	f_{yb} (N/mm ²)	f_{tb} (N/mm ²)
4,6	240	400
5,6	300	500
6,8	480	600
8,8	640	800
10,9	900	1000

Caratteristiche geometriche bulloni		
d (mm)	A_n (mm ²)	A_{res} (mm ²)
12	113	84
14	153	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	572	459
30	706	561

Verifica di resistenza con formula 4.2.71

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{con} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$	0,924
--	-------

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C

Verifica a rifollamento con formula 4.2.67

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \text{ con } F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

Tipo di unione	
	Esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Non esposta a fenomeni corrosivi o ambientali
	Elementi resistenti alla corrosione (EN10025-5)

Bulloni di bordo					
e ₁ (mm)	50	34,2	≤	e ₁	≤ 92
e ₂ (mm)	65	34,2	≤	e ₂	≤ 92
p ₁ (mm)	65	62,7	≤	p ₁	≤ 182
p ₂ (mm)	182	68,4	≤	p ₂	≤ 182

$\alpha = \min \{e_1/(3d_0) ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni di bordo // al carico applicato

$\alpha = \min \{p_1/(3d_0)-0,25 ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$ per bulloni interni // al carico applicato

$k = \min \{2,8e_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo _|_ al carico applicato

$k = \min \{1,4p_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni _|_ al carico applicato

α_{MIN}	0,585
k_{MIN}	2,500

$F_{b,Rd}$ (N)	209368
----------------	--------

$\frac{F_{v, Ed}}{F_{b, Rd}}$	0,778
-------------------------------	-------

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

17. RITEGNI METALLICI

Per evitare il movimento trasversale dell'impalcato conseguente all'azione sismica, si prevedono 4 ritegni trasversali metallici, due per ciascun traverso di testata.

I ritegni vengono bullonati alla piattabanda inferiore del traverso di testata mediante una piastra di dimensioni 300x700mm. Si utilizzano profili saldati la cui geometria è illustrata nella seguente figura.

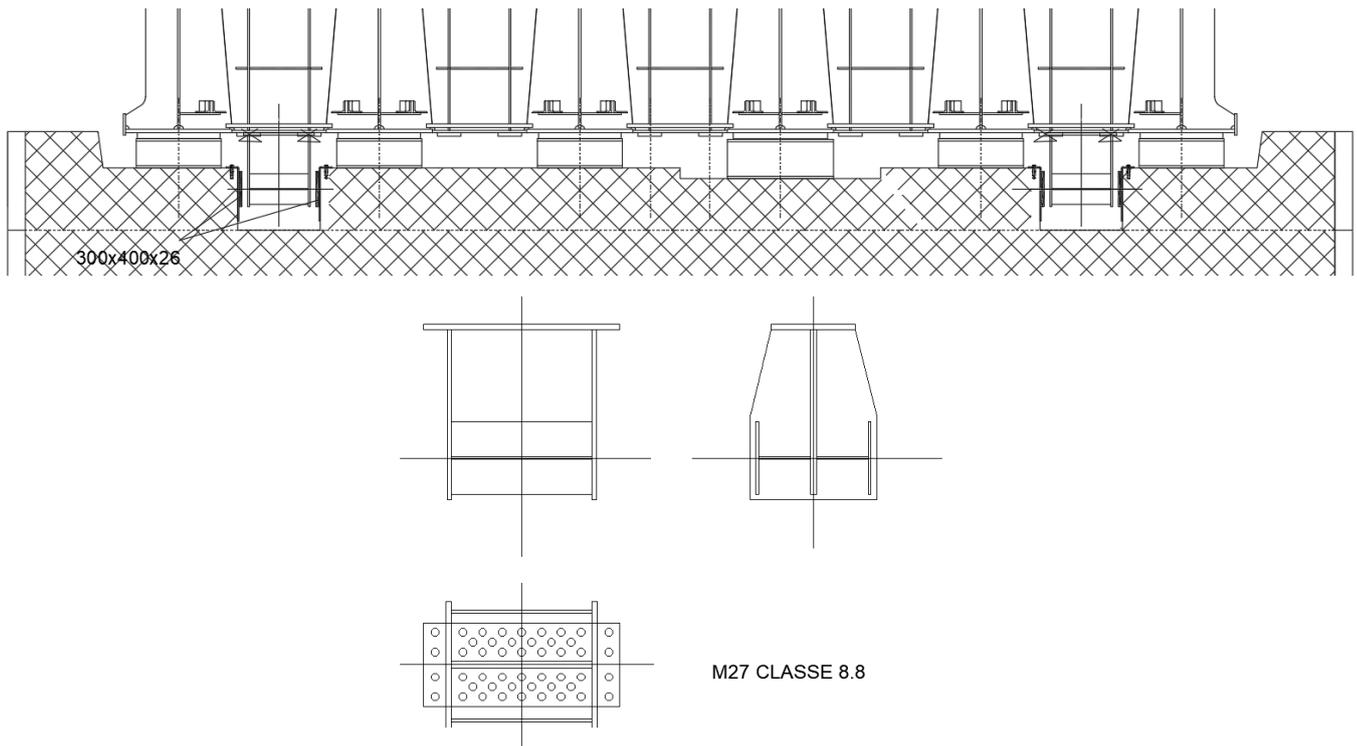


Figura 118 - Dettaglio ritegno metallico

Si considera l'azione sollecitante trasversale dovuta al sisma in corrispondenza degli appoggi mobili e ripartita tra i 4 ritegni, agente nella mezzera del respingente in neoprene, pari a $F_E = 1600$ kN.

L'azione di progetto è stata ottenuta amplificando F_E con un fattore $\gamma = 1.1$, per ottenere $F_{ED} = 1760$ kN.

Si prevede un respingente di dimensioni 300x400x26, pertanto la pressione massima di battuta è pari a:

$$\sigma_{\max} = F_{ED} / A = 14.67 \text{ MPa}$$

Considerando un braccio di 0.48m (distanza tra retta di applicazione di F_E ed estradosso piattabanda inferiore traverso), la forza sismica esplica un momento flettente $M_{ED} = 844.8$ kNm all'interfaccia tra estradosso piattabanda inferiore e ritegno metallico. Si riporta nel seguito la verifica della sezione in oggetto, sottoposta all'azione di F_{ED} e M_{ED} .

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

NAME: Ritegno impalcato 35m		BENDING, SHEAR AND AXIAL FORCE (UNI EN 1993-1-1) - H SECTION				Rev. 01
	h (mm) = 530,0 b (mm) = 300,0 t _w (mm) = 25,0 t _f (mm) = 20,0 c _w = d (mm) = 490,0 r (mm) = 0	A (cm ²) = 242,50 W _{el} (cm ³) = 3871,00 W _{pl} (cm ³) = 4561,00 I (cm ⁴) = 102580	η = 1,00 ε = 0,814 c _w /t _w = d/t _w = 19,60 (b/2)/t _f = 7,50	f _y (MPa) = 355,00 Y _m = 1,10	Web Class Bending 1 Flange Class Bending 1 Section Class 1	<input type="text" value="pers2"/>
	CASE: Ritegno	GENERAL ELASTIC METHOD (§ 6.2.1)				
DESIGN ACTIONS N _{Ed} (kN) = 0,00 M _{Ed} (kNm) = 844,80 V _{Ed} (kN) = 1760,00	σ _{x,Ed,1} = N _{Ed} /A - M _{Ed} /W _{el} = -218,24 MPa σ _{x,Ed,2} = N _{Ed} /A + M _{Ed} /W _{el} = +218,24 MPa σ _{x,Ed} = max(σ _{x,Ed,1} ; σ _{x,Ed,2}) = +218,24 MPa τ _{Ed} = V _{Ed} /A _v = +138,04 MPa		(σ _{x,Ed} / (f _y /Y _{M0})) ² = 0,457 + 3(τ _{Ed} / (f _y /Y _{M0})) ² = 0,549 = ----- 1,006 < 1.000 NOT CHECKED			
AXIAL FORCE (§ 6.2.3, 6.2.4) N _{Rd} = N _{pl,Rd} = A * f _y / Y _{M0} = 7826,14 kN N_{Ed}/N_{Rd} = 0,0% CHECK OK (§ 6.6, 6.10)						
BENDING MOMENT (§ 6.2.5) M _{Rd} = M _{pl,Rd} = W _{pl} * f _y / Y _{M0} = 1471,96 kNm M_{Ed}/M_{Rd} = 57,4% CHECK OK (§ 6.13)						
SHEAR FORCE (§ 6.2.6) A _v = A - 2 * b * t _f + (t _w + 2 * r) * t _f = 127,50 cm ² V _{Rd} = V _{pl,Rd} = A _v * f _y / √3 / Y _{M0} = 2375,67 kN V_{Ed}/V_{Rd} = 74,1% CHECK OK (§ 6.18) c _w /t _w = d/t _w < 72 * ε / η No web shear instability "						
BENDING AND AXIAL FORCE (§ 6.2.9) N _{pl,v} = A _v * f _y / Y _{M0} = 4114,77 kN 0,50 * N _{pl,v} > N _{Ed} 2057,39 kN > 0,00 kN (§ 6.33) 0,25 * N _{pl,Rd} > N _{Ed} 1956,53 kN > 0,00 kN NEd negligible (§ 6.34) n = N _{Ed} / N _{pl,Rd} = 0,000 a = (A - 2 * b * t _f) / A = 0,381 M _{N,Rd} = M _{pl,Rd} * (1 - n) / (1 - 0,5 * a) < M _{pl,Rd} 1471,96 kNm (§ 6.36) M _{N,Rd} = 1471,96 kNm M_{Ed}/M_{N,Rd} = 57,4% CHECK OK						
BENDING, SHEAR AND AXIAL FORCE (§ 6.2.10) 0,50 * V _{pl,Rd} > V _{Ed} 1187,83 kN < 1760,00 kN VEd not negligible (§ 6.45) p = (2 * V _{Ed} / V _{pl,Rd} - 1) ² = 0,232 M _{V,N,Rd} = M _{N,Rd} * (1 - p) = 1130,43 kNm M _{V,N,Rd} = 1130,43 kNm M_{Ed}/M_{V,N,Rd} = 74,7% CHECK OK						

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00		PROGR 004

17.1 VERIFICA PIASTRA BULLONATA

Si riporta di seguito la verifica della piastra bullonata. La trazione sul singolo bullone è stata individuata mediante l'ausilio del software VCAslu, ipotizzando una sezione di calcestruzzo interamente reagente a trazione, con armature disposte in corrispondenza dei bulloni.

Considerando un momento flettente agente all'interfaccia tra piattabanda inferiore del traverso di testata e piastra pari a $M_{ED} = 844.8$ kNm (preventivamente incrementato con $\gamma = 1.1$), lo sforzo di trazione in corrispondenza del singolo bullone è pari a:

$$\sigma_s = 325 \text{ MPa}$$

Conseguentemente, la forza di trazione sul singolo bullone è pari a:

$$F_{tEd} = \sigma_s \cdot A_{res} = 149.2 \text{ kN}$$

Dove A_{res} è l'area resistente del bullone, pari ad $A_{res} = 459 \text{ mm}^2$.

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica rev7

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 48 Zoom

N°	x [mm]	y [mm]	N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	-150	-350	1	459	-115	310
2	150	-350	2	459	-45	310
3	150	350	3	459	45	310
4	-150	350	4	459	115	310
			5	459	-115	210
			6	459	-45	210

Solllecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 844.8 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord.[mm]

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

Materiali: B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 14.17 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829 N/mm²

σ_c : -18.86 N/mm²
 σ_s : 325 N/mm²
 ϵ_s : 1.625 ‰
d: 660 mm
x: 307.2 mm x/d: 0.4654
 δ : 1

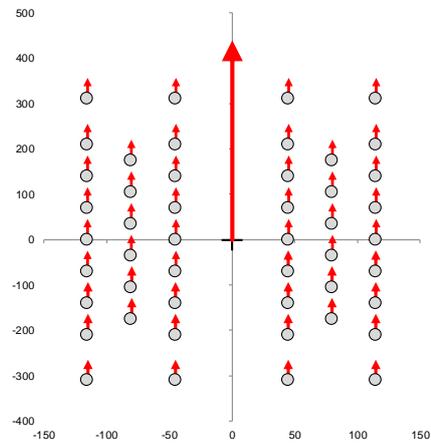
Verifica: N° iterazioni: 3

Precompresso:

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	192

NOME: PIASTRA BASE				VERIFICA GIUNTO BULLONATO (NTC2018)								Rev. 01	
ACCIAIO PIASTR/S355				BULLONI CLASSE 8.8									
f_y (MPa)	355	Resistenza snervamento		f_b (MPa)	640	Resistenza snervamento							
f_u (MPa)	510	Resistenza ultima		f_{ub} (MPa)	800	Resistenza ultima							
γ_{M2}	1,25	Coeff. sicurezza		Giunto bullonato di tipo "A" (a contatto per rifollamento)									
AZIONI SOLLECITANTI													
$V_{Ed,x}$ (kN)	0,0	T_{Ed} (kNm)	0,0	x_V (mm)	0,0	D_x (mm)	0,0						
$V_{Ed,y}$ (kN)	1760,0		0,0	y_V (mm)	0,0	D_y (mm)	0,0						
GEOMETRIA BULLONATURA													
	x	y	d	A_{res}	$V_{x,j}^T$	$V_{y,j}^T$	$V_{x,j}^V$	$V_{y,j}^V$	$V_{x,i}$	$V_{y,i}$	$V_{xy,i}$		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
1	-115,0	310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
2	-45,0	310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
3	45,0	310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
4	115,0	310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
5	-115,0	210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
6	-45,0	210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
7	45,0	210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
8	115,0	210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
9	-80,0	175,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
10	80,0	175,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
11	-115,0	140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
12	-45,0	140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
13	45,0	140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
14	115,0	140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
15	-80,0	105,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
16	80,0	105,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
17	-115,0	70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
18	-45,0	70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
19	45,0	70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
20	115,0	70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
21	-80,0	35,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
22	80,0	35,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
23	-115,0	0,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
24	-45,0	0,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
25	45,0	0,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
26	115,0	0,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
27	-80,0	-35,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
28	80,0	-35,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
29	-115,0	-70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
30	-45,0	-70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
31	45,0	-70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
32	115,0	-70,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
33	-80,0	-105,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
34	80,0	-105,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
35	-115,0	-140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
36	-45,0	-140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
37	45,0	-140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
38	115,0	-140,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
39	-80,0	-175,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
40	80,0	-175,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
41	-115,0	-210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
42	-45,0	-210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
43	45,0	-210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
44	115,0	-210,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
45	-115,0	-310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
46	-45,0	-310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
47	45,0	-310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
48	115,0	-310,0	27	459	0,00	0,00	0,00	36,67	0,00	36,67	36,67		
A_{tot} (mm ²)	22032	x_G (mm)	0,0	500									
		y_G (mm)	0,0										
CARATTERISTICHE UNIONE													
t_w (mm)	20,0	Spessore piastra											
d (mm)	27,0	Diametro bulloni											
d_o (mm)	28,5	Diametro fori											
d_{no} (mm)	41,0	Diametro dado											
A_{res} (mm ²)	459,0	Area resistente bullone											
Fori di bordo													
e_1 (mm)	35,0	$> 1,2d_o$	α	0,41									
e_2 (mm)	35,0	$> 1,2d_o$	k	1,74									
Fori interni													
p_1 (mm)	65,0	$> 2,2d_o$	α	0,51									
p_2 (mm)	70,0	$> 2,4d_o$	k	1,74									
VERIFICHE UNIONE													
$F_{v,Rd}$ (kN)	264,4	Resistenza a taglio bullone											
$F_{b,Rd}$ (kN)	156,8	Resistenza a rifollamento piastra											
$F_{v,Ed}$ (kN)	36,7	Azione taglio progetto											
$F_{t,Rd}$ (kN)	176,3	Resistenza a trazione bullone											
$B_{p,Rd}$ (kN)	630,6	Resistenza a punzonamento piastra											
$F_{t,Ed}$ (kN)	149,2	Azione assiale progetto											
										$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1,4 \cdot F_{t,Rd})$ (%)		83,8% OK VERIFICATO	



Le verifiche risultano soddisfatte.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00		PROGR 004

17.2 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. Tale momento è dunque pari a: $M_{Ed} = 1155\text{kN} * 1.43\text{m} = 1651.65 \text{ kNm}$

Il modello FEM del traverso consta di elementi beam alle quali sono state assegnate le proprietà dei traversi di testata.

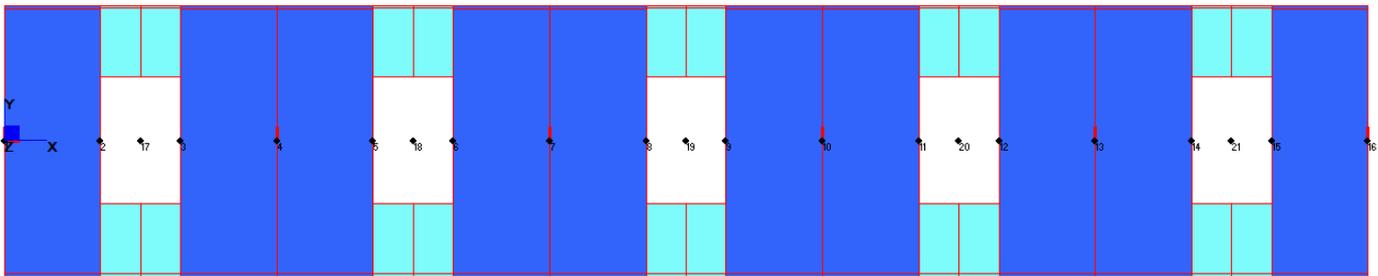


Figura 119 - Modello traverso di testata

I carichi applicati sono stati ricavati dal modello longitudinale dell'impalcato: le reazioni agli appoggi (cambiate di segno) sono state distribuite sulla lunghezza di interesse.

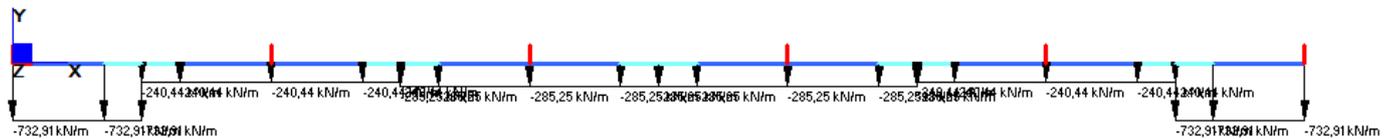


Figura 120 - Modello traverso testata - Carichi permanenti



Figura 121 - Modello traverso testata - PPNS con una barriera antirumore

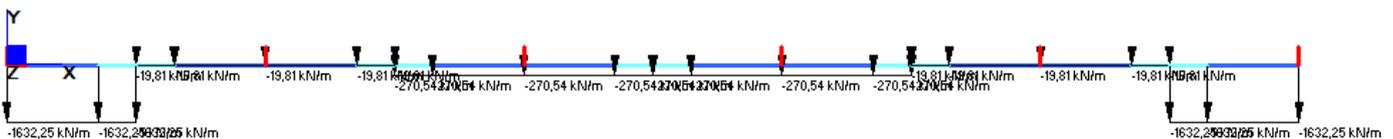


Figura 122 - Modello traverso testata - PPNS con 2 barriere antirumore

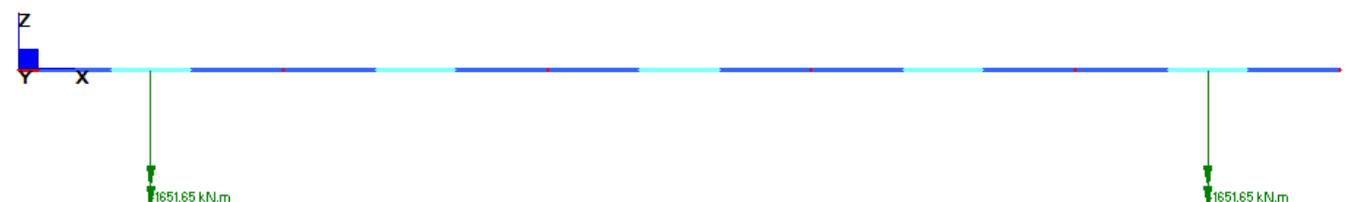


Figura 123 - Modello traverso testata - Azione sismica (piano (x,z))

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-542	1223
	[Bm:16]	[Bm:14]

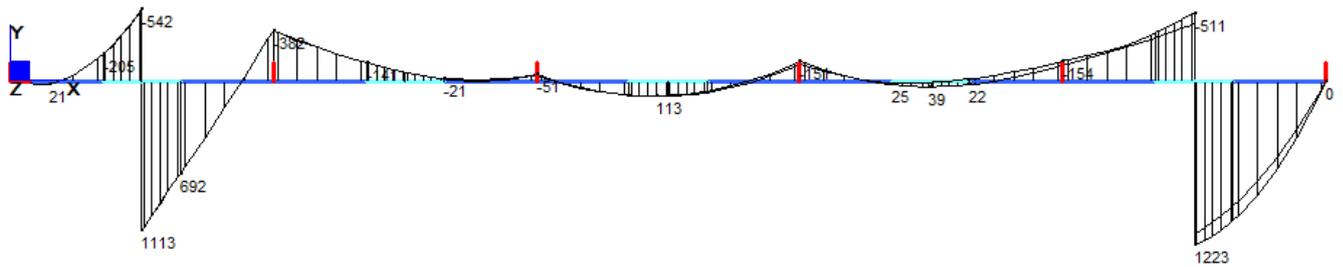


Figura 124 - Modello trasverso testata - ENV SLV - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-2444	477
	[Bm:15]	[Bm:4]

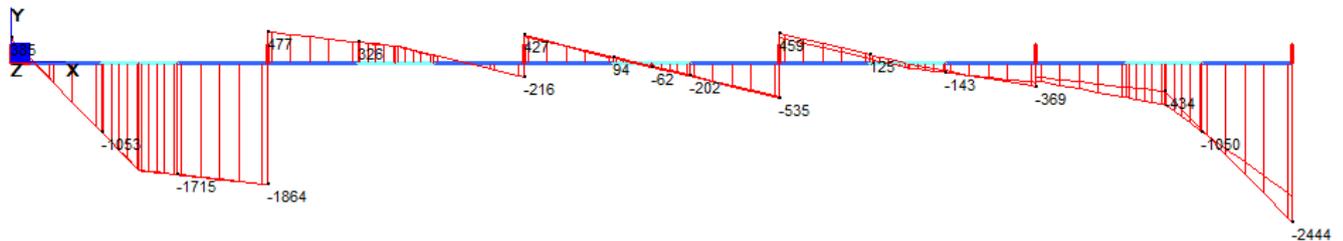


Figura 125 - Modello trasverso testata - ENV SLV - Taglio (kN)

I valori di taglio e momento resistente illustrati al §15.2. sono sempre maggiori delle sollecitazioni che interessano il trasverso, pertanto la verifica è soddisfatta.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	195

18.PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO

Questa verifica viene eseguita per controllare l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico ϕ_3 utilizzato 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 $94.76 \cdot L^{-0.748} = 6.11$ Hz

Il limite inferiore del fuso è pari a $23.58 \cdot L^{-0.592} = 2.98$ Hz

$n_0 = 17.75 / (\delta_0)^{0.5} = 3.03$ Hz

dove δ_0 è la freccia sotto i carichi permanenti, pari a $\delta_0 = 34.31$ mm

Prima frequenza propria impalcato	
L (m)	33,00
PP _{soletta} (kN/m)	122,83
PP _{travi} (kN/m)	52,32
PPNS (kN/m)	228,00
PP _{tot} (kN/m)	403,15
$I_{xx,tot}$ (m ⁴)	0,86
E (MPa)	210000
f (mm)	34,31
n_0 (Hz)	3,03
$n_{0,lim-sup}$ (Hz)	6,11
$n_{0,lim-inf}$ (Hz)	2,98
$n_{0,lim-sup} > n_0 > n_{0,lim-inf}$	VERO

Essendo quindi $n_0 \geq n_{0,lim}$ la verifica è soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

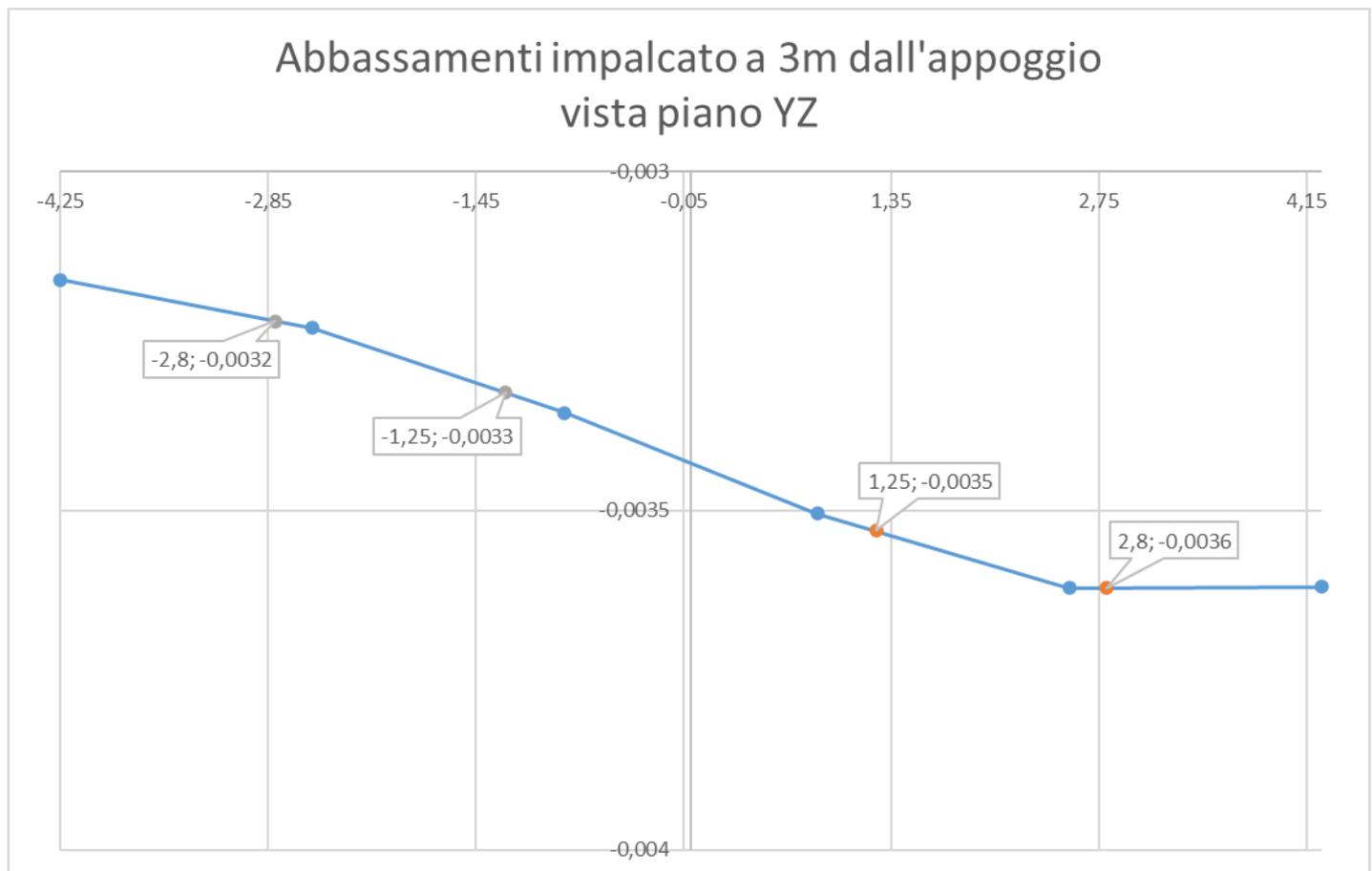
19. VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

La valutazione dei parametri di deformazione degli impalcati si conduce utilizzando la combinazione caratteristica (rara) degli SLE.

19.1 VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO)

La deformazione torsionale dell'impalcato è stata valutata in riferimento al passaggio del convoglio LM71 sul binario 2, 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: $t \approx 0,11 \text{ mm /3m}$. Tale limite è inferiore a quello previsto dalla normativa, pari a $3,0 \text{ mm /3m}$ per il caso $120 < V_{\max} < 200 \text{ km/h}$.

La verifica è soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

19.4 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.

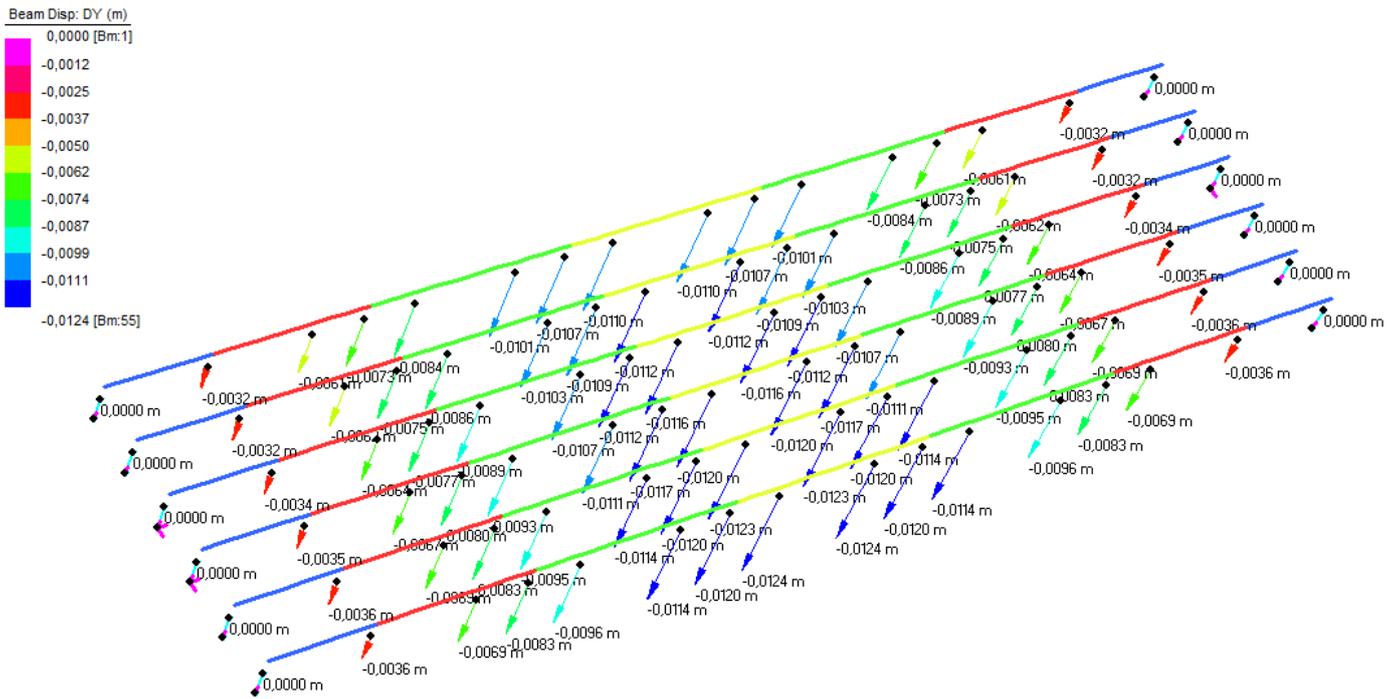


Figura 128 - Inflessione nel piano verticale - LM71

Si registra un abbassamento $\delta = 12.3 \text{ mm}$ in corrispondenza della trave più prossima all'asse del binario caricato.

La verifica si conduce confrontando il valore di L con δ , dovendo essere questo rapporto non minore di 1000. Risulta nel caso in esame:

$$\frac{L}{\delta} = \frac{33000\text{mm}}{12.3\text{mm}} = 2682.9 > 1015$$

La verifica è soddisfatta.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	200

20. CALCOLO DELLA CONTRO-FRECCIA

Per impalcati a struttura mista acciaio-calcestruzzo il MdP prevede una contro-freccia di costruzione (c_f) ottenuta di norma mediante sagomatura dell'anima all'atto del taglio delle lamiere.

In particolare, al §2.5.2.3.7.3 del MdP si prescrive la valutazione di deformazioni elastiche associate a:

- Peso proprio della struttura metallica e soletta di impalcato (f_p);
- Peso delle opere di finitura (f_f);
- Carichi verticali da traffico (f_s);
- Effetti del ritiro della soletta ed effetto viscoso (f_r);

Dovrà essere assorbita da opportuna contro-freccia da costruzione (c_f) la somma dei seguenti contributi:

$$c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 \cdot \phi \cdot f_s$$

Dovrà inoltre risultare:

$$f_p \leq 1/300 L$$

Nella tabella seguente si riportano i valori delle frecce in corrispondenza dei giunti saldati:

FRECCE NEI GS				
FRECCE (m)	C1-C2	C2-C3	C3-C4	C4-C5
c_f	0,0523	0,0750	0,0750	0,0523
f_p	-0,0277	-0,0396	-0,0396	-0,0277
f_{plim}	0,11	0,11	0,11	0,11
CHECK	VERO	VERO	VERO	VERO

La contro-freccia quindi è data da:

$$c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 \cdot \phi \cdot f_s = 0.052 \text{ m tra C1/C2}$$

$$c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 \cdot \phi \cdot f_s = 0.075 \text{ m tra C2/C3}$$

$$c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 \cdot \phi \cdot f_s = 0.075 \text{ m tra C3/C4}$$

$$c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 \cdot \phi \cdot f_s = 0.052 \text{ m tra C4/C5}$$

Il limite sulla freccia associata ai pesi propri risulta soddisfatto, essendo:

$$f_p \leq 1/300 L = 0.11$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Tipologico struttura mista da 35m - Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 00 00			PROGR 004

21. 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.

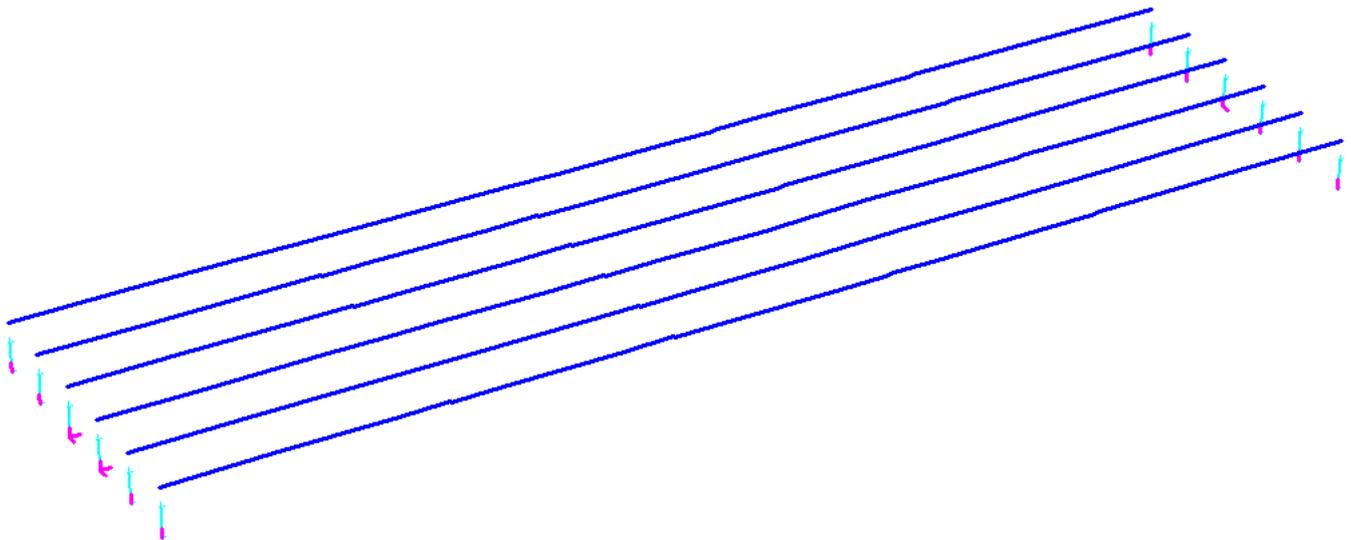


Figura 129 - Schema appoggi

IMPALCATO ACCIAIO L=35m	Lato Appoggi Fissi												Lato Appoggi Mobili																							
	Appoggio 1 (M)			Appoggio 2 (M)			Appoggio 3 (F)			Appoggio 4 (F)			Appoggio 5 (M)			Appoggio 6 (M)			Appoggio 7 (M)			Appoggio 8 (M)			Appoggio 9 (UL)			Appoggio 10 (M)			Appoggio 11 (M)			Appoggio 12 (M)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
Perm. strutturali	0	0	623	0	0	409	0	-5	485	0	5	485	0	0	409	0	0	623	0	0	623	0	0	411	0	0	483	0	0	483	0	0	411	0	0	623
G1 (peso proprio)	0	0	623	0	0	409	0	-5	485	0	5	485	0	0	409	0	0	623	0	0	623	0	0	411	0	0	483	0	0	483	0	0	411	0	0	623
Ballast	0	0	186	0	0	478	0	5	425	0	-5	425	0	0	478	0	0	186	0	0	186	0	0	476	0	0	427	0	0	427	0	0	476	0	0	186
G2.1 (ballast)	0	0	186	0	0	478	0	5	425	0	-5	425	0	0	478	0	0	186	0	0	186	0	0	476	0	0	427	0	0	427	0	0	476	0	0	186
Perm. non strutturali	0	0	225	0	0	-118	0	2	-8	0	-2	-8	0	0	-118	0	0	225	0	0	225	0	0	-119	0	0	-7	0	0	-7	0	0	-119	0	0	225
G2.2 (velette)	0	0	225	0	0	-118	0	2	-8	0	-2	-8	0	0	-118	0	0	225	0	0	225	0	0	-119	0	0	-7	0	0	-7	0	0	-119	0	0	225
G2.3 (arredi)	0	0	410	0	0	-87	0	-3	41	0	3	40	0	0	-87	0	0	410	0	0	409	0	0	-86	0	0	40	0	0	40	0	0	-86	0	0	409
G2.4 (barriere)	0	0	567	0	0	-239	0	1	2	0	-1	2	0	0	-239	0	0	567	0	0	567	0	0	-240	0	0	3	0	0	3	0	0	-240	0	0	567
Q8 Fa.G (attrito)	0	0	0	0	0	0	231	0	0	231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Accidentali da traffico	0	0	306	0	0	808	11	3	623	-11	-4	78	0	0	129	0	0	-95	0	0	263	0	0	597	0	1	623	0	0	78	0	0	125	0	0	-91
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	306	0	0	808	11	3	623	-11	-4	78	0	0	129	0	0	-95	0	0	263	0	0	597	0	1	623	0	0	78	0	0	125	0	0	-91
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	-95	0	0	129	-11	-4	78	11	3	623	0	0	808	0	0	306	0	0	-91	0	0	125	0	1	78	0	0	476	0	0	597	0	0	263
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	-95	0	0	129	-11	-4	78	11	3	623	0	0	808	0	0	306	0	0	-91	0	0	125	0	1	78	0	0	476	0	0	597	0	0	263
Q3 a B1-SW2 (avv)	0	0	381	0	0	978	14	1	813	-14	0	125	0	0	193	0	0	-136	0	0	289	0	0	545	0	-1	813	0	0	107	0	0	179	0	0	-125
Q3 a B2-LM71 (avv)	0	0	381	0	0	978	14	1	813	-14	0	125	0	0	193	0	0	-136	0	0	289	0	0	545	0	-1	813	0	0	107	0	0	179	0	0	-125
Q3 a B1-SW2 (avv)	0	0	-28	0	0	70	-495	71	-95	-495	-71	-95	0	0	70	0	0	-28	0	0	5	0	0	32	0	0	16	0	0	16	0	0	32	0	0	5
Q3 a B2-LM71 (avv)	0	0	-28	0	0	70	-495	71	-95	-495	-71	-95	0	0	70	0	0	-28	0	0	5	0	0	32	0	0	16	0	0	16	0	0	32	0	0	5
Q3 a B1-LM71 (avv)	0	0	-31	0	0	77	-545	-78	-104	-544	78	-104	0	0	77	0	0	-31	0	0	5	0	0	35	0	0	18	0	0	18	0	0	35	0	0	5
Q3 a B2-LM71 (avv)	0	0	-31	0	0	77	-545	-78	-104	-544	78	-104	0	0	77	0	0	-31	0	0	5	0	0	35	0	0	18	0	0	18	0	0	35	0	0	5
Q3 f B1-SW2 (fren)	0	0	-33	0	0	82	-577	82	-111	-577	-82	-111	0	0	82	0	0	-33	0	0	6	0	0	37	0	0	19	0	0	19	0	0	37	0	0	6
Q3 f B2-LM71 (fren)	0	0	-33	0	0	82	-577	82	-111	-577	-82	-111	0	0	82	0	0	-33	0	0	6	0	0	37	0	0	19	0	0	19	0	0	37	0	0	6
Q3 f B1-LM71 (fren)	0	0	-21	0	0	51	-363	-52	-70	-363	52	-70	0	0	51	0	0	-21	0	0	4	0	0	23	0	0	12	0	0	12	0	0	23	0	0	4
Q3 f B2-LM71 (fren)	0	0	-21	0	0	51	-363	-52	-70	-363	52	-70	0	0	51	0	0	-21	0	0	4	0	0	23	0	0	12	0	0	12	0	0	23	0	0	4
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	-54	0	0	-10	2	42	18	-2	42	18	0	0	10	0	0	-54	0	0	35	0	0	2	0	53	3	0	0	-20	0	0	17	0	0	37
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	-54	0	0	-10	2	42	18	-2	42	18	0	0	10	0	0	-54	0	0	35	0	0	2	0	53	3	0	0	-20	0	0	17	0	0	37
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-64	0	0	12	-1	50	-22	1	49	21	0	0	-12	0	0	64	0	0	-54	0	0	25	0	78	-29	0	0	5	0	0	4	0	0	50
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-64	0	0	12	-1	50	-22	1	49	21	0	0	-12	0	0	64	0	0	-54	0	0	25	0	78	-29	0	0	5	0	0	4	0	0	50
Q6 B1-SW2 (centr)	0	0	64	0	0	-12	1	49	21	-1	50	-22	0	0	12	0	0	-64	0	0	50	0	0	4	0	78	5	0	0	-29	0	0	25	0	0	-54
Q6 B2-LM71 (centr)	0	0	64	0	0	-12	1	49	21	-1	50	-22	0	0	12	0	0	-64	0	0	50	0	0	4	0	78	5	0	0	-29	0	0	25	0	0	-54
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	18	0	0	-1	1	24	10	-1	24	-10	0	0	1	0	0	-18	0	0	11	0	0	5	0	30	1	0	0	-11	0	0	6	0	0	-13
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	18	0	0	-1	1	24	10	-1	24	-10	0	0	1	0	0	-18	0	0	11	0	0	5	0	30	1	0	0	-11	0	0	6	0	0	-13
Q6 B1-LM71 (serp)	0	0	-21	0	0	1	0	28	-11	0	28	11	0	0	-1	0	0	21	0	0	-23	0	0	11	0	55	-20	0	0	2	0	0	9	0	0	20
Q6 B2-LM71 (serp)	0	0	-21	0	0	1	0	28	-11	0	28	11	0	0	-1	0	0	21	0	0	-23	0	0	11	0	55	-20	0	0	2	0	0	9	0	0	20
Q8 Fa.Q (attrito)	0	0	0	0	0	0	99	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effetti ambientali	0	0	0	0	0	0	99	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q6 (vento)	0	0	82	0	0	24	2	115	57	-2	121	-54	0	0	-8	0	0	-100	0	0	75	0	0	68	0	236	18	0	0	-91	0	0	36	0	0	-106

LINEA PESCARA – BARI

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

**Tipologico struttura mista da 35m -
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	00	00	004	C	202

IMPALCATO ACCIAIO L=35m	Lato Appoggi Fissi												Lato Appoggi Scorrevoli											
	Appoggio 1 (M)		Appoggio 2 (M)		Appoggio 3 (M)		Appoggio 4 (M)		Appoggio 5 (M)		Appoggio 6 (F)		Appoggio 7 (M)		Appoggio 8 (M)		Appoggio 9 (UL)		Appoggio 10 (M)		Appoggio 11 (M)		Appoggio 12 (M)	
	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz	Ry	Rz
Perm. strutturali																								
G1 (peso proprio)	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
Ballast																								
G2,1 (ballast)	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	-2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
Perm. non strutturali																								
G2,2 (velette)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
G2,3 (arredi)	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
G2,4 (barriere)	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Q8 Fa,G (attrito)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Accidentali da traffico																								
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	-2	0	-2	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Q3,a B1-SW2 (avv)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B1-LM71 (avv)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B2-LM71 (avv)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	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	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	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	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	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	0	0	0	0	0	0	0	0
Q8 Fa,Q (attrito)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effetti ambientali																								
Q6 (vento)	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0

IMPALCATO ACCIAIO L=35m									
APPOGGI	Appoggio (F)			Appoggio (UL)			Appoggio (M)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
SLE PERM									
Max (kN)	±0	±0	+950	±0	±0	+950	±0	±0	+2000
Min (kN)	±0	±0	+950	±0	±0	+950	±0	±0	+1450
SLE									
Max (kN)	±250	±250	+1850	±0	±400	+1900	±0	±0	+2400
Min (kN)	-±750	-±100	+900	±0	-±250	+900	±0	±0	+1350
SLU PERM									
Max (kN)	±0	±0	+1350	±0	±0	+1350	±0	±0	+2750
Min (kN)	±0	±0	+1350	±0	±0	+1350	±0	±0	+2000
SLU									
Max (kN)	±300	±400	+2650	±0	±600	+2700	±0	±0	+3300
Min (kN)	-±1050	-±150	+850	±0	-±350	+900	±0	±0	+1350