

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

VIADOTTO RIPALTA

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

L'Appaltatore

COMPAT S.c.a.r.l.

DIRETTORE TECNICO
Ing. G.Babini (Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. T.Peleva



data
Settembre 2021

firma

Data
Settembre 2021

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
LI07	01	E	ZZ	CL	VI0100	001	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	FERRETTI	Ottobre 2021	SALUTE	Ottobre 2021	PIAZZA	Ottobre 2021	
B	RECEPIMENTO Rapporto G-01 ODI 2022-030 e RDV LI07-RV-000000042	FERRETTI	Aprile 2022	STRAMACCI	Aprile 2022	PIAZZA	Aprile 2022	
C								

File: LI0701EZZCLVI0100001B.DOCX

n. Elab.

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	1

INDICE

1. PREMESSA	5
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	5
3. FASI COSTRUTTIVE DELLE STRUTTURE DI IMPALCATO	7
4. NORMATIVE E RIFERIMENTI	8
5. NORME TECNICHE.....	8
6. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	9
7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO	10
7.1 Calcestruzzi.....	10
7.1.1 Travi e trasversi in c.a.p.:	10
7.1.2 Soletta – Getti in opera e predalle:.....	11
7.1.3 Valori limite di apertura delle fessure	11
7.1.4 Copriferri nominali	12
7.2 Acciaio in barre per armatura lenta	12
7.3 Acciaio da precompressione	12
8. ANALISI DEI CARICHI	14
8.1 Azioni permanenti	14
8.1.1 Peso proprio travi prefabbricate (G1a).....	14
8.1.2 Peso proprio soletta (G1b)	14
8.1.3 Carichi permanenti portati sulle strutture d'impalcato(G2a)	14
8.1.4 Carichi permanenti – ballast (Gb)	15
8.2 Azioni variabili	15
8.2.1 Azioni variabili verticali	15
8.2.2 Effetti dinamici.....	16
8.2.3 Forza centrifuga	18
8.2.4 Azione laterale (Serpeggio).....	20
8.2.5 Azioni di avviamento e frenatura.....	20
8.3 Azioni climatiche	21
8.3.1 Azione del vento	21
8.3.2 Effetti aereodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari	27
8.4 Azioni eccezionali.....	29
8.4.1 Deragliamento al di sopra del ponte	29
8.5 Azioni indirette	30
8.5.1 Resistenze parassite nei vincoli	30
8.6 Azioni sismiche – E	30
8.6.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali	30
8.6.2 Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali	32
8.6.3 Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale.....	34
8.6.4 Masse sismiche.....	36

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	2

9. COMBINAZIONI DEI CARICHI	37
9.1 Combinazione dei treni di carico e delle azioni da essi derivanti per più binari	37
9.2 Simultaneità delle azioni da traffico – valori caratteristici delle azioni combinate in gruppi di carichi	37
9.3 Coefficienti parziali e combinazioni per verifiche agli SLU ed SLE	39
9.3.1 Coefficienti parziali e di combinazione per verifiche SLU ed SLE	39
9.3.2 Combinazione delle azioni per verifiche SLU ed SLE	40
10. ANALISI GLOBALE	42
10.1 Criteri di calcolo	42
10.2 Caratteristiche geometrico-inerziale delle singole membrature	42
10.2.1 Travi prefabbricate	42
10.2.2 Trasversi di campata	44
10.2.3 Trasversi di testata	45
10.3 Geometria modelli di calcolo	45
10.3.1 Modello 1a	45
10.3.2 Modello 1b	45
10.3.3 Modello 2	46
10.4 Applicazione dei carichi al modello	48
10.4.1 Peso proprio travi e trasversi (Load g1a)	48
10.4.2 Peso proprio soletta (Load g1b)	48
10.4.3 Carichi permanenti portati (Load g2)	50
10.4.4 Carichi permanenti portati – Ballast (Load gb)	52
10.4.5 Azioni variabili verticali – Treni di carico LM71 e SW/2 (Moving Load M-LM71 e M-SW/2, M-SW/2+LM71, M-LM71+LM71)	53
10.4.6 Forza centrifuga – Treni di carico LM71 e SW/2 (Load q4-LM71a/b/c/d e q4-SW/2)	55
10.4.7 Azione laterale (Serpeggio) – Treni di carico LM71 e SW/2 (Load q5-LM71a/b/c/d e q5-SW/2a/b)	58
10.4.8 Azioni del vento (Load q6)	61
10.5 Caratteristiche della sollecitazione	63
10.5.1 Modello 1a – peso proprio travi prefabbricate e trasversi	63
10.5.2 Modello 1b - peso proprio soletta	64
10.5.3 Modello 2 – permanenti portati	65
10.5.4 Modello 2 – Ballast	67
10.5.5 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno SW2+LM71	68
10.5.6 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno LM71+LM71	70
10.5.7 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno SW/2	71
10.5.8 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno LM71	73
10.5.9 Modello 2 – Forza centrifuga – Treno SW/2	74
10.5.10 Modello 2 – Forza centrifuga – Treno LM71	76
10.5.11 Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) – Treno SW/2	82
10.5.12 Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) – Treno LM71	85
10.5.13 Modello 2 – Azioni del vento	91
10.6 Effetti delle azioni di frenatura ed avviamento (q3)	92
11. VERIFICHE TRAVI PREFABBRICATE	95
11.1 Calcolo della lunghezza di trasferimento degli sforzi di precompressione	95
11.2 Sezioni di verifica	96
11.3 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLE e SLU	96

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	3

11.4	Perdite di tensione nei trefoli.....	99
11.4.1	Perdite di tensione istantanee al rilascio dei trefoli	99
11.4.2	Perdite di tensione per viscosità del cls	100
11.4.3	Perdite di tensione per ritiro del cls	101
11.4.4	Perdite di tensione per rilassamento dei trefoli	103
11.4.5	Perdite di tensione complessive per fenomeni lenti (viscosità, ritiro e rilassamento)	103
11.5	Effetti del ritiro differenziale soletta-trave	104
11.6	Verifiche tensionali a Pressoflessione agli SLE	105
11.6.1	Sezione x=11.40 m (mezzeria) – 72 trefoli	106
11.6.2	Sezione x=2.85 m – 72 trefoli	114
11.6.3	Sezione x=1.80 m – 48 trefoli	122
11.7	Verifiche di resistenza a flessione agli SLU	129
11.8	Verifiche di resistenza a Taglio-Torsione agli SLU	131
11.9	Verifiche di resistenza agli SLU all'interfaccia trave-soletta.....	133
11.10	Verifica armatura ordinaria nelle testate delle travi in c.a.p. a fili aderenti	135
11.10.1	Verifica lato calcestruzzo della zona di appoggio	136
11.10.2	Controllo del fenomeno di "bursting" (fenditura)	137
11.10.3	Controllo del fenomeno di "spalling"	138
11.10.4	Controllo del fenomeno di "spreading".....	141
11.10.5	Armature trasversali per effetti locali da "spalling" e "spreading".....	141
11.10.6	Controllo del fenomeno di "splitting"	141
11.11	Armatura inferiore in corrispondenza degli appoggi.....	141
12.	VERIFICHE DEI TRASVERSI	144
12.1	Caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLE e SLU	144
12.2	Trasversi di campata.....	145
12.2.1	Sezione piena	145
12.2.2	Sezione cava	153
12.3	Trasversi di testata – Verifica in fase di sollevamento dell'impalcato	160
12.4	Verifiche tensionali SLE	161
12.4.1	Verifiche di resistenza a flessione SLU	168
13.	VERIFICHE DELLA SOLETTA	170
13.1	Analisi dei carichi	170
13.2	Combinazioni SLU ed SLE.....	174
13.3	Applicazione dei carichi al modello	175
13.4	Caratteristiche della sollecitazione agli SLU ed SLE	182
13.5	Verifiche di resistenza e a fessurazione.....	192
13.6	Predalles con funzione di cassero a perdere a contenimento del getto della soletta	203
13.6.1	Criteri di calcolo e verifica	204
13.6.2	Verifica della sezione di mezzeria delle predalle centrali.....	205
13.6.3	Verifica della sezione di incastro dello sbalzo della predalla laterale.....	208
14.	VERIFICHE SLE DI DEFORMAZIONE E VIBRAZIONE DELL'IMPALCATO	213
14.1	Stati Limite di Esercizio per la sicurezza del traffico ferroviario	213
14.1.1	Accelerazioni verticali dell'impalcato	213
14.1.2	Deformazioni torsionali dell'impalcato	213
14.1.3	Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato	214

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	4

14.1.4	Inflessione nel piano verticale dell'impalcato.....	214
14.2	Stati Limite per il comfort dei passeggeri.....	216
15.	AZIONI SUGLI APPOGGI.....	219
16.	ESCURSIONI DEI GIUNTI E DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO E AMPIEZZE DEI VARCHI 225	
17.	VALIDAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE CON CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO.....	228
17.1	Confronto delle reazioni vincolari.....	228
17.2	Confronto delle caratteristiche della sollecitazione.....	235
17.3	Conclusioni.....	242
18.	DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 NTC08)	243
18.1	Tipo di analisi svolte	243
18.2	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	243
18.3	Affidabilità dei codici di calcolo	243
18.4	Modalità di presentazione dei risultati.....	243
18.5	Informazioni generali sull'elaborazione.....	243
18.6	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	243

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	5

1. PREMESSA

La presente relazione, riguarda la progettazione esecutiva per la realizzazione del Lotto 1 Ripalta – Lesina del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 24+200 al km 31+044, per uno sviluppo di circa 6,8 km.

In particolare, sono illustrati i calcoli e le verifiche di resistenza delle strutture di impalcato del Viadotto Ripalta (VI01), posto tra le progressive chilometriche 2+566.40 e 3+741.40.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il Viadotto, avente lunghezza complessiva pari a 1175 m, è a doppio binario ed è costituito da 47 campate in semplice appoggio con luce, misurata in asse pile, pari a 25 m.

La piattaforma ha una larghezza complessiva pari a 13.70 m e ospita due binari posti ad interasse di 4.00 m. Gli impalcati sono costituiti da quattro travi a cassoncino in c.a.p. prefabbricate (precompressione a fili aderenti), di altezza pari a 2.10 m, disposte ad interasse pari a 2.41 m, solidarizzate dalla soletta in cls gettata in opera, avente spessore variabile da 30 a 40 cm, dai trasversi di testata e da due trasversi intermedi. I trasversi sono previsti prefabbricati insieme alle travi.

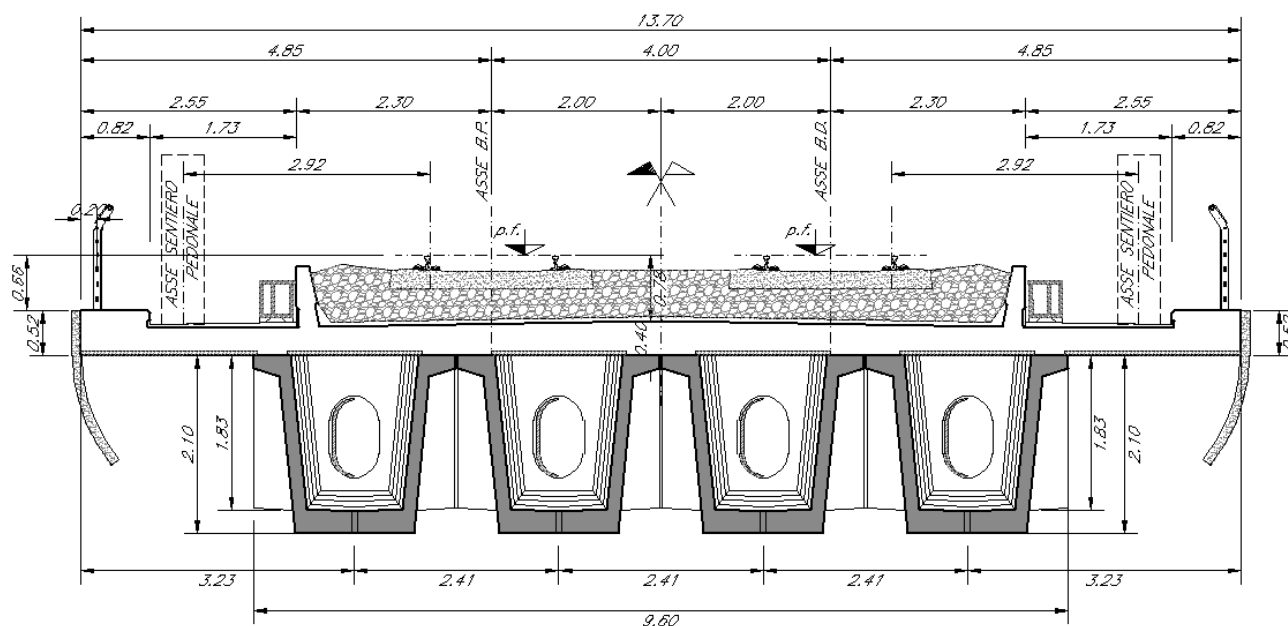


Figura 2.1 – Sezione trasversale tipo impalcato

Lo schema dei vincoli prevede per ogni campata:

- Due appoggi fissi a rigidità variabile e due multidirezionali su un lato;
- Un appoggio unidirezionale (scorrevoli in senso longitudinale) e tre multidirezionali sul lato opposto.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	6

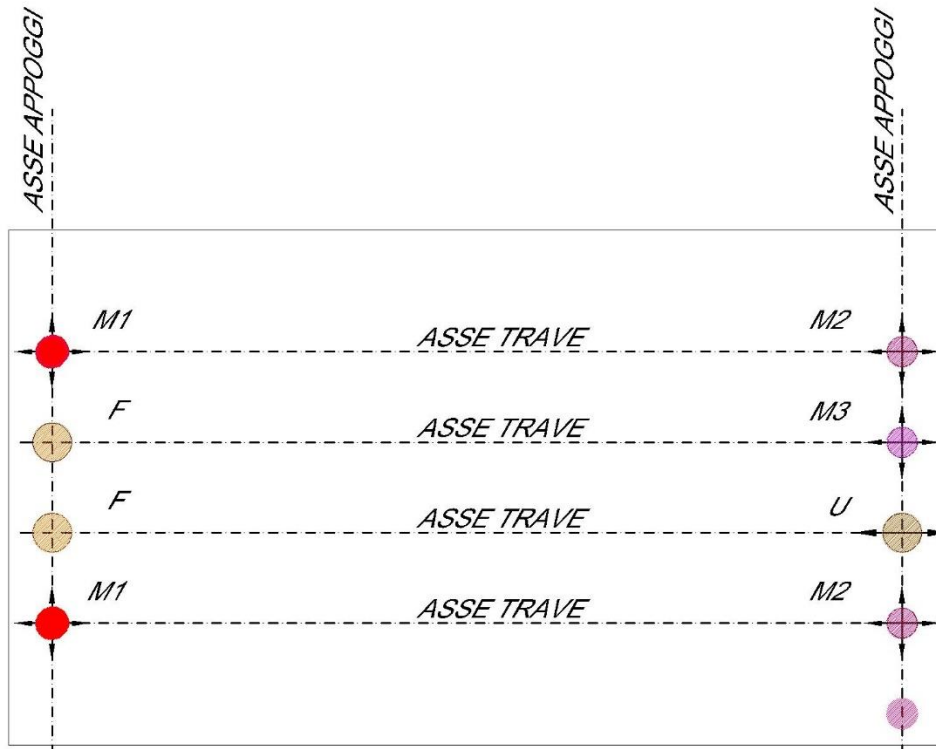


Figura 2.2 – Schema appoggi

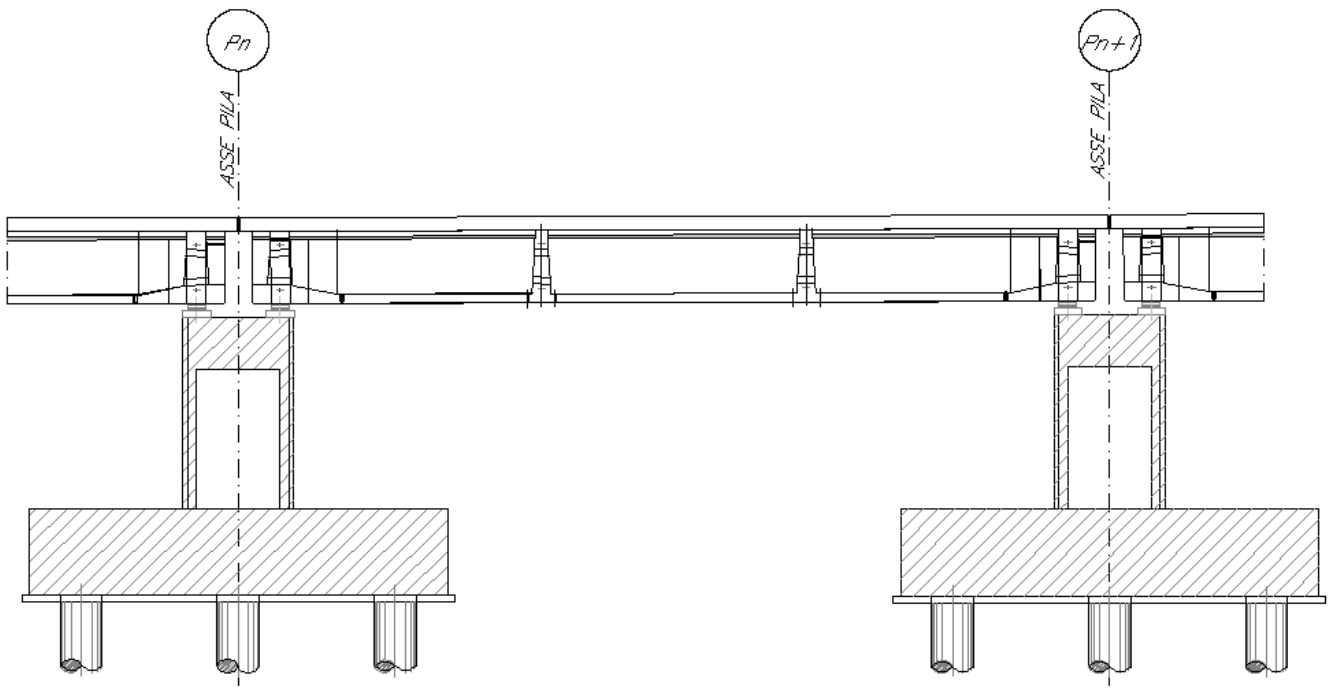


Figura 2.3 – Sezione longitudinale impalcato tipo

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	7

3. FASI COSTRUTTIVE DELLE STRUTTURE DI IMPALCATO

Sono previste le seguenti fasi di costruzione:

- **fase 1 :** posizionamento apparecchi di appoggio;
- **fase 2.1 :** varo delle travi centrali stabilizzate mediante ritegni verticali da posizionarsi sotto i traversi (2+2 per ogni trave);
- **fase 2.2 :** varo delle travi di bordo stabilizzate ognuna mediante 2+2 ritegni verticali da posizionarsi sotto i traversi sia internamente che esternamente all'asse appoggi;
- **fase 3 :** inserimento tubi in gomma nelle guaine dei traversi e loro gonfiaggio;
- **fase 4 :** sigillatura dei traversi, sgonfiaggio tubi in gomma e loro sfilaggio;
- **fase 5 :** inserimento cavi di precompressione nei traversi:
 - tesatura al 10% dei cavi nei traversi e sbloccaggio degli apparecchi di appoggio;
 - completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di testata;
 - completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di campata;
 - iniezione delle guaine sotto vuoto;
- **fase 6 :** inghisaggio zanche inferiori appoggi e loro bloccaggio;
- **fase 7 :** posa in opera delle predalles e sigillatura elementi contigui con mastice;
- **fase 8 :** getto soletta non oltre 150 giorni dal getto della trave;
- **fase 9 :** getto cordoli e muretto paraballast e posizionamento scala di accesso al pulvino;
- **fase 10 :** opere di finitura.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	8

4. NORMATIVE E RIFERIMENTI

- [D_1]. Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- [D_2]. Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- [D_3]. Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- [D_4]. D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- [D_5]. CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- [D_6]. UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- [D_7]. EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 - Novembre 2005;
- [D_8]. Norma Europea UNI EN 206 – Dicembre 2016: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- [D_9]. Norma Italiana UNI 11104 – Luglio 2016: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206”;
- [D_10]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di Progettazione delle Opere Civili del 22/12/2017;
- [D_11]. RFI DTC SI CS SP IFS 001 B Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili del 22/12/2017.
- [D_12]. RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [D_13]. RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [D_14]. RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari;
- [D_15]. RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia;
- [D_16]. STI 2014 - REGOLAMENTO (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea.

5. NORME TECNICHE

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	9

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

6. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Con riferimento alla tabella 2.4.1. del DM 14.01.2008 ed al par. 2.5.1.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI (§[D_10]), si assume:

- Vita Nominale: $V_N = 75$ anni
- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso: $C_U = 1.50$

Per cui, il Periodo di Riferimento V_R considerato nella valutazione delle azioni sismiche è pari a:

- Periodo di Riferimento: $V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.5 = 112.5$ anni

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	10

7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

7.1 Calcestruzzi

7.1.1 Travi e trasversi in c.a.p.:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C45/55
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	Mpa	55
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	45
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	53.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	Mpa	3.80
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.66
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	4.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	4.55
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	36283

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente γ_c	γ_c		1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	25.50
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.77

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.55 f_{ck}$	Mpa	24.75
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.40 f_{ck}$	Mpa	18.00
Resistenza a compressione car. Cubica iniziale	R_{ckj}	Mpa	40.0
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	R_{ckj}	Mpa	32.0
tensioni max iniziali di compressione	$\sigma_c < 0.6 f_{ckj}$	Mpa	19.20

Per tutte le combinazioni, compresa la fase iniziale, non sono ammesse tensioni di trazione ai lembi delle travi.

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	11

7.1.2 Soletta – Getti in opera e predalle:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C30/37
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	Mpa	37
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	30
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	38.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	Mpa	2.90
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.03
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	3.77
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.48
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	32837

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente γ_c	γ_c		1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	17.00
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.35

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.55 f_{ck}$	Mpa	16.50
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.40 f_{ck}$	Mpa	12.00

7.1.3 Valori limite di apertura delle fessure

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in "ordinarie", "aggressive" e "molto aggressive" in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III del DM 14.01.2008:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	12

Tabella 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

in accordo a [D_10], l'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara), per gli SLE, deve rispettare le seguenti limitazioni:

- a) $\delta_f \leq w_1 = 0.20 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali "aggressive" e "molto aggressive", così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.01.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b) $\delta_f \leq w_2 = 0.30 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.01.2008.

Tenuto conto che le condizioni ambientali relative alle solette d'impalcato sono "aggressive" (classe di esposizione XC4), l'apertura convenzionale di progetto deve rispettare le limitazioni di cui al precedente punto "a".

7.1.4 Copriferrini nominali

I copriferrini nominali adottati per le barre di armatura lenta e di precompressione sono i seguenti:

- Solette da ponte - estradosso: $C_{nom} = 35 \text{ mm}$;
- Solette da ponte - intradosso (getto su predalle): $C_{nom} = 20 \text{ mm}$;
- Travi e traversi in c.a.p. - trefoli: $C_{nom} = \max(3\phi_{trefolo}; 50 \text{ mm})$;
- Predalles senza funzioni strutturali: $C_{nom} = \max(\phi_{barra \text{ inf}}; 20 \text{ mm})$.

7.2 Acciaio in barre per armatura lenta

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità	
Qualità dell'acciaio			B450C
Tensione caratteristica di snervamento nominale	f_{yk}	Mpa	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	f_{tk}	Mpa	540
Modulo elastico	E_s	Mpa	210000
STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente γ_s	γ_s		1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	Mpa	391.3
STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max} = 0.75 f_{yk}$	Mpa	337.5

7.3 Acciaio da precompressione

Trefoli $\phi 0.6$ " stabilizzati

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	13

Caratteristiche Acciaio da precompressione

Var

unità

Tipologia di armatura

Trefoli

Tensione caratteristica a carico ultimo	f_{ptk}	Mpa	1860
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{pyk} f_{p(0.1)k} f_{p(1)k} *$	Mpa	1670
Modulo elastico	Es	Mpa	195000

* f_{pyk} per acciaio in barre $f_{p(0.1)k}$ per acciaio in fili $f_{p(1)k}$ per acciaio in trefoli e trecce

STATI LIMITE ULTIMI

Var

unità

coefficiente γ_s	γ_s		1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	Mpa	1452

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Var

unità

$\sigma_{sp,max}$ - tensioni max in esercizio a cadute avvenute	$\sigma_{sp,max} = 0.8 f_{p(0.1)k}$	Mpa	1336
$\sigma_{spi,max}$ - tensioni max iniziali - armatura pre-tesa	$\sigma_{spi} = \min(0.90 f_{p(0.1)k} ; 0.8 f_{ptk})$	Mpa	1488

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	14

8. ANALISI DEI CARICHI

Nella determinazione dei valori delle azioni si è tenuto conto dei seguenti pesi unitari dei materiali:

- Strutture in cemento armato: $\gamma_{c.a.} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Strutture in acciaio: $\gamma_{acciaio} = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Ballast: $\gamma_{ballast} = 20.0 \text{ kN/m}^3$

8.1 Azioni permanenti

8.1.1 Peso proprio travi prefabbricate (G1a)

Il peso proprio delle **TRAVI PREFABBRICATE** è pari a:

- Sezione corrente: $25.0 \times 1.09 = 27.25 \text{ kN/m}$
- Sezione di testata: $25.0 \times 2.24 = 56.00 \text{ kN/m}$
- Sezione iniziale tratto di transizione: $25.0 \times 1.97 = 49.25 \text{ kN/m}$

Il peso dei ringrossi relativi ai trasversi di campata è pari a:

- Trasversi di campata: $25.0 \times [2 \times 0.623 \times 0.40 + (2.416-0.546) \times (0.25+0.40)/2] = 27.65 \text{ kN}$

Il peso dei ringrossi relativi ai trasversi di testa è pari a:

- Travi interne: $25.0 \times [2 \times 0.623 \times 0.40 + (1.265-0.546) \times (0.35+0.47)/2] = 19.83 \text{ kN}$
- Travi esterne: $25.0 \times [0.623 \times 0.40 + 0.465 \times 1.50 + (1.265-0.546) \times (0.35+0.47)/2] = 31.03 \text{ kN}$

Pertanto, Il peso complessivo delle travi interne è pari a:

$$Pg1 = 56.0 \times 1.0 \times 2 + (49.25 + 27.25) / 2 \times 1.55 \times 2 + 27.25 \times 19.20 + 2 \times 19.83 + 2 \times 27.65 = 848.74 \text{ kN}$$

Il peso complessivo delle travi esterne è pari a:

$$Pg1 = 56.0 \times 1.0 \times 2 + (49.25 + 27.25) / 2 \times 1.55 \times 2 + 27.25 \times 19.20 + 2 \times 31.03 + 2 \times 27.65 = 871.14 \text{ kN}$$

8.1.2 Peso proprio soletta (G1b)

Il peso complessivo della soletta di larghezza 13.70 m e spessore massimo pari a 0.40 m, comprensivo delle predalle, è pari a:

- Peso soletta: $25.0 \times (13.70 \times 0.31 + 12.1 \times 0.09 / 2) = 119.68 \text{ kN/m}$

8.1.3 Carichi permanenti portati sulle strutture d'impalcato(G2a)

- Cordoli laterali: $2 \times 0.82 \times 0.21 \times 25.0 = 8.61 \text{ kN/m}$
- Muretti paraballast: $2 \times 0.16 \times 25.0 = 8.00 \text{ kN/m}$
- Canaline portacavi: $2 \times 3.0 = 6.00 \text{ kN/m}$
- Barr. Antirumore*: $2 \times 15.0 = 30.00 \text{ kN/m}$

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	15

– Massetto: $2 \times 0.05 \times (1.73+4.05) \times 24.0 = 13.87 \text{ kN/m}$

– Veelette pref.: $2 \times 0.19 \times 25.0 = 9.50 \text{ kN/m}$

Sommano: 75.98 kN/m

**Si conferma il valore previsto in Progetto Definitivo in linea con la versione 2021 del Manuale di Progettazione RFI, che prevede un peso minimo per le barriere antirumore pari a 3.2 kN/m^2 per un'altezza di 4.0 m da estradosso soletta.*

8.1.4 Carichi permanenti – ballast (Gb)

Tenendo conto che il tracciato del viadotto si sviluppa parzialmente in curva, in accordo al punto 2.5.1.3.2 del Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]), si considera un peso di volume convenzionale pari a 20 kN/m^3 , un'altezza convenzionale pari a 0.80 m ed una larghezza della vasca portaballast pari a 8.20 m:

– Ballast + arm.: $8.20 \times 0.80 \times 20.0 = 131.20 \text{ kN/m}$

8.2 Azioni variabili

8.2.1 Azioni variabili verticali

Treni di carico:

In accordo al par. 5.2.2.3.1 del DM 14.01.2018, sono stati considerati i seguenti modelli di carico “teorici”:

- Treno di carico LM71 - traffico normale;
- Treno di carico SW/2 – traffico pesante.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α :

- Treni di carico LM71: $\alpha = 1.1$
- Treno di carico SW/2: $\alpha = 1.0$

Treno di carico LM71:

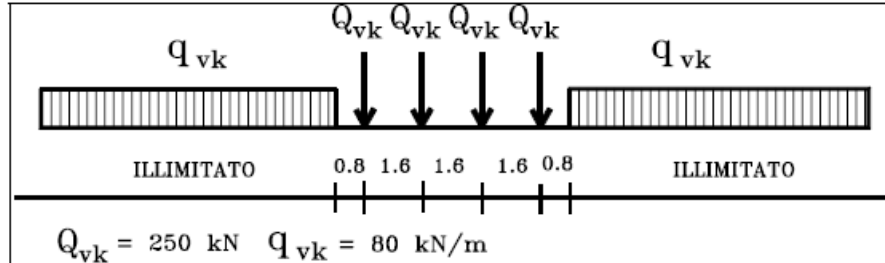
Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.60 m.
- Carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	16



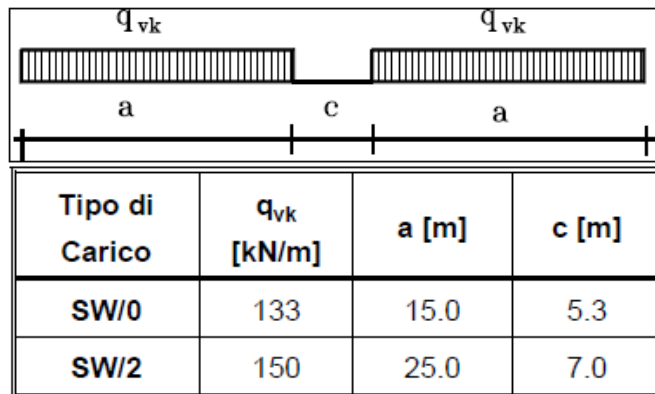
Per questo modello di carico è stata considerata un'eccentricità trasversale rispetto all'asse del binario pari a:

- $e_t = 1.435/18 = 0.08 \text{ m}$

nella direzione che massimizza gli effetti sulle membrature.

Treni di carico SW:

Questi treni di carico schematizzano gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante e risultano costituiti da due stese di carico uniformemente distribuito di intensità pari a q_{vk} ed estensione pari ad "a", separate da un tratto scarico di estensione pari a "c":



Nel caso in esame gli effetti dovuti al treno di carico SW/0 non sono dimensionamenti e pertanto sono stati trascurati.

Treno scarico:

Questo particolare treno, definito in accordo al punto 5.2.2.3.1.3 del D.M. 14/01/2008 è rappresentato da un carico uniformemente distribuito pari a 10.0 kN/m².

A questo tipo di carico, che non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari, non si applica il coefficiente di incremento dinamico.

8.2.2 Effetti dinamici

La velocità di percorrenza della linea è pari a **200 km/h**.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	17

In accordo al §5.2.2.3.3, per il caso in esame di ponti di usuali tipologie (ponti semplicemente appoggiati che possono essere modellati come travi lineari o con comportamento a piastra semplice, con trascurabili effetti di obliquità, su appoggi rigidi), e per velocità di percorrenza $V \leq 200$ km/h, si verifica che la frequenza propria della struttura ricada all'interno del fuso indicato nella fig. 5.2.7 si seguito riportata:

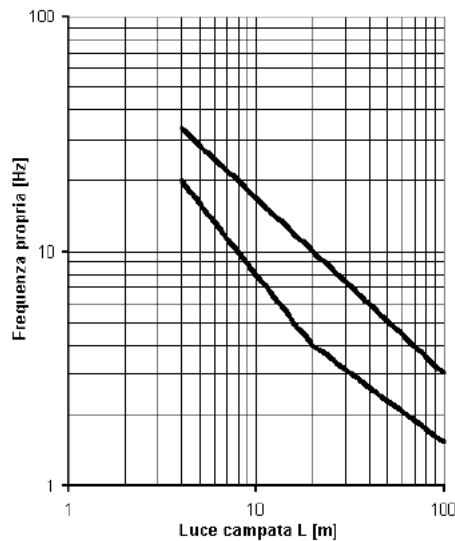


Figura 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie no in Hz in funzione della luce della campata

Per lunghezza caratteristica pari a:

- Lunghezza caratteristica: $L\phi = 22.8$ m

Il limite superiore della frequenza propria è pari a:

- $n_{0sup} = 94.76 \cdot L^{-0.748} = 9.14$ Hz

Il limite inferiore della frequenza propria è pari a:

- $n_{0inf} = 23.58 \cdot L^{-0.592} = 3.70$ Hz

La frequenza propria della struttura, nel caso di trave semplicemente appoggiata sottoposta a flessione può valutarsi con la seguente espressione:

- $n_0 = 17.75 / \delta_0^{0.5}$

dove:

δ_0 rappresenta la freccia espressa in mm, valutata in mezz'ora dovuta alle azioni in permanenti, considerando il modulo elastico secante in accordo con la breve durata del passaggio del treno.

Nel caso in esame si ha:

- $\delta_0 = 5 / 384 \cdot (q \cdot L^4) / (E \cdot I_y) = 5 / 384 \cdot (435.86 \cdot 22.8^4) / (36283000 \cdot 5.1344) \cdot 1000 = 8.2$ mm

Dove:

$q = g_1 + g_2 + g_b = 4 \times 27.25 + 119.68 + 75.98 + 131.2 = 435.86$ kN/m peso dei carichi permanenti

$E = 36283000$ modulo elastico del cls delle travi a breve termine

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	18

$I_y = 4 \times 1.2836 = 5.1344 \text{ m}^4$
al cls delle travi

momento d'inerzia della sezione composta di impalcato omogeneizzata

Si ha pertanto:

$$- n_0 = 17.75 / 8.2^{0.5} = 6.20 \text{ Hz}$$

essendo n_0 compreso nel fuso indicato nella fig.5.2.7 delle NTC08, è possibile valutare il coefficiente di incremento dinamico con la seguente formulazione valida per linee con ridotto standard manutentivo:

$$- \text{Coefficiente di incremento dinamico: } \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.202$$

Per quanto attiene le analisi locali si assumono i seguenti coefficienti di incremento dinamico:

Trasversi:

- Luce caratteristica pari a 2 volte la luce dei trasversi: $L_\phi = 2 \times 2.41 = 4.82 \text{ m}$

$$- \text{Coefficiente di incremento dinamico: } \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.812$$

Solette:

- Luce caratteristica pari a 3 volte la luce della soletta: $L_\phi = 3 \times 1.60 = 4.80 \text{ m}$

$$- \text{Coefficiente di incremento dinamico: } \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.815$$

8.2.3 Forza centrifuga

Il valore caratteristico della forza centrifuga $Q_{tk} - q_{tk}$ è stato valutato in accordo alla seguente espressione (§5.2.2.4.1 DM 14.01.2008):

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

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

Dove:

$Q_{tk} - q_{tk}$: valore caratteristico della forza centrifuga [kN – kN/m];

$Q_{vk} - q_{vk}$: valore caratteristico dei carichi verticali [kN – kN/m];

v : velocità di progetto espressa in m/s;

V : velocità di progetto espressa in km/h;

f : fattore di riduzione (definito in seguito);

g : accelerazione di gravità (m/s^2);

r : raggio di curvatura in m.

Il fattore di riduzione f è fornito dalla seguente espressione:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	19

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{V} + 1.75 \right) \right] \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2.88}{L_f}} \right)$$

Dove:

Lf: lunghezza di influenza in metri, della parte curva di binario carico sul ponte;

con le seguenti limitazioni:

f=1 per V ≤ 120 km/h o Lf ≤ 2.88 m;

f<1 per 120 ≤ V ≤ 300 km/h e Lf > 2.88 m;

f(V) = f(300) per V > 300 km/h

Per il modello di carico SW2 si assume una velocità di 100 km/h e pertanto f = 1.

Per il modello di carico LM71 sono stati considerati due casi:

- Modello di carico LM71 e forza centrifuga per V = 120 km/h, per cui f = 1;
- Modello di carico LM71 e forza contrifuga per V pari alla massima velocità di progetto (200 km/h), per cui f<1.

Questa seconda condizione è sempre risultata più gravosa, e pertanto, è quella illustrata nei calcoli delle strutture.

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

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

Facendo riferimento al raggio di curvatura minore lungo lo sviluppo del viadotto (R = 2200 m), relativamente alla singola campata, si ha:

- Carico SW/2: $q_{tk} = \frac{100^2}{127 \cdot 2200} \cdot (1.0 \cdot 150) = 5.37 \text{ kN/m}$

V = 100 km/h

- Carico LM71a:

V = 200 km/h

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	20

$$Q_{tk} = \frac{200^2}{127 \cdot 2200} \cdot (0.69 \cdot 1.0 \cdot 250.0) = 24.7 \text{ kN}$$

carichi concentrati

$$q_{tk} = \frac{200^2}{127 \cdot 2200} \cdot (0.69 \cdot 1.0 \cdot 80.0) = 7.90 \text{ kN/m}$$

carichi distribuiti

– Carico LM71b:

V = 120 km/h

$$Q_{tk} = \frac{120^2}{127 \cdot 2200} \cdot (1.0 \cdot 1.1 \cdot 250.0) = 14.2 \text{ kN}$$

carichi concentrati

$$q_{tk} = \frac{120^2}{127 \cdot 2200} \cdot (1.0 \cdot 1.1 \cdot 80.0) = 4.53 \text{ kN/m}$$

carichi distribuiti

Relativa al treno di carico LM71, nel caso in esame, la condizione più gravosa è quella relativa alla velocità di percorrenza di 200 km/h.

La forza centrifuga è stata combinata con i carichi verticali supposti agenti nella generica configurazione di carico, e non è stata incrementata dal coefficiente dinamico.

L'azione è stata considerata agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F.

8.2.4 Azione laterale (Serpeggio)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera concentrata, agente orizzontalmente ed applicata alla sommità della rotaia più alta perpendicolarmente all'ase del binario.

Il valore caratteristico della forza è assunto pari a:

– $Q_{sk} = 100 \text{ kN};$

ed è stato moltiplicato per il coefficiente di adattamento relativo al treno di carico agente sul binario, ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

8.2.5 Azioni di avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono state considerate uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

- Avviamento: $Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM71 e SW/2;
- Frenatura: $Q_{lb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ kN}$ per modello di carico LM71;
 $Q_{lb,k} = 35 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]}$ per modello di carico SW/2.

I valori caratteristici delle azioni di avviamento e frenatura sono stati moltiplicati per i coefficienti di adattamenti relativi ai treni di carico, ma non per il coefficiente di incremento dinamico; relativamente al caso di due binari caricati, il primo dal treno SW/2 ed il secondo dal treno LM71, è stato considerato quanto segue:

- Carico SW/2 in frenatura: $Q_{lb,k} = 35.0 \cdot 25.0 = 875 \text{ kN}$
- Carico LM71 in avviamento: $Q_{la,k} = 33.0 \cdot 1.1 \cdot 25.0 = 907.5 \text{ kN}$

Le azioni di frenatura ed avviamento sono state combinate con i relativi carichi verticali.

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	21

8.3 Azioni climatiche

8.3.1 Azione del vento

L'azione del vento è stata assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione è stata considerata agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite (impalcato).

Le azioni del vento sono state calcolate in accordo al paragrafo 3.3 del DM 14/01/2008.

L'opera è situata in zona "3", in accordo alla suddivisione del territorio italiano rappresentata nella figura 3.3.1 del citato DM:



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

I parametri di base per il calcolo della velocità di riferimento v_b sono illustrati nella tabella 3.3.1:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	22

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Nel caso in esame si ha pertanto:

- $v_{b,0}$ [m/s] = 27 a_0 [m] = 500 k_a [1/s] = 0.020

l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorgerà il viadotto è pari a:

- $a_s = 6.0 \div 8.0$ m slm

Pertanto, la **velocità di riferimento del vento**, riferita ad un periodo di riferimento di 50 anni è pari a:

- $v_b = 27$ m/s

la **pressione del vento** è data dall'espressione:

- $p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$

dove:

- q_b : pressione cinetica di riferimento definita nel seguito;
- C_e : coefficiente di esposizione definito nel seguito;
- C_p : coefficiente di forma (o coefficiente aereodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento, più avanti definito;
- C_d : coefficiente dinamico

la **pressione cinetica di riferimento**, in accordo al par. 3.3.6 del DM 14.01.2008, è pari a:

- $q_b = 0.5 \times \rho \times v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \times 27^2 = 456$ N/m²

Il **coefficiente di esposizione**, in accordo al par. 3.3.7 del DM 14.01.2008, è pari a:

- $C_e(z) = k_r^2 \times C_t \times \ln(z/z_0) \times [7 + C_t \times \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	23

- $C_e(z) = C_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

dove:

k_r , z_0 e z_{min} sono assegnati in accordo alla tabella 3.3.II del DM in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione:

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

La categoria di esposizione è stata assegnata in base alla fig. 3.2.2 del DM in funzione della posizione geografica rispetto alla costa e della classe di rugosità del terreno, definita in tab. 3.3.III:

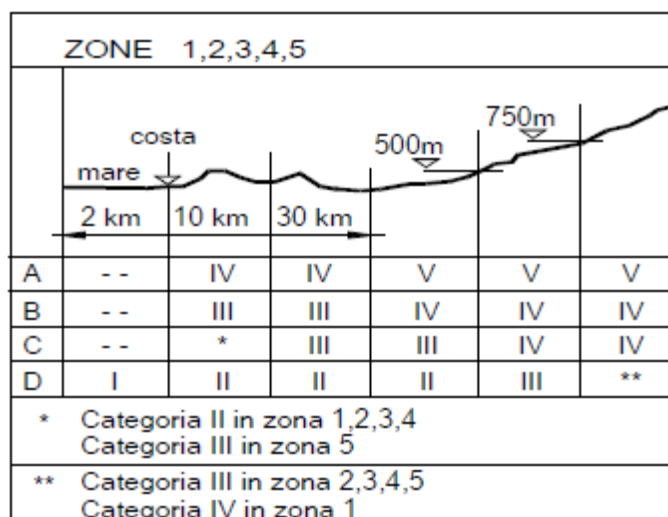


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	24

Tabella 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 15m
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	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

c_t è il **coefficiente di topografia** posto pari ad 1 per zone pianeggianti.

Si ha pertanto:

- Classe di rugosità del terreno: D;
- Categoria di esposizione: II (sito ubicato a distanza dalla linea di costa compresa inferiore a 10 km);
- $k_f = 0.19$ z_0 [m] = 0.05 m z_{min} [m] = 4.0

ed infine, considerando un'altezza massima del viadotto dal suolo pari a $z = 13.1$ m si ottiene:

- $c_e = 2.53$

La superficie dei carichi ferroviari transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 4 m a partire dal P.F.

Per il calcolo dei **coefficienti di forma per vento su superfici laterali dell'impalcato** si è fatto riferimento alla UNI-ENV 1991-2-4/1997 (§8.3.1):

- $C_{f,x} = C_{f,x,0} \times \Psi_{\lambda,x}$

Dove:
 $C_{f,x,0}$: è il coefficiente di forma per snellezza infinita da determinarsi in base alle caratteristiche geometriche dell'impalcato ed al rapporto d/b in base alle figure sotto riportate:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	25

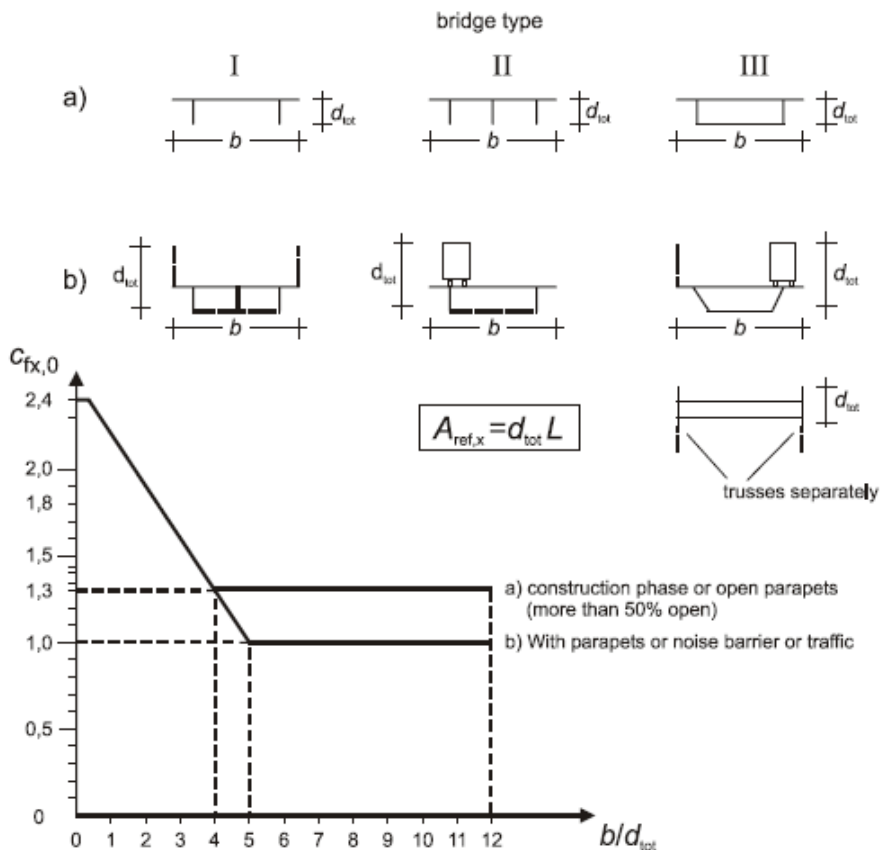


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges, $C_{fx,0}$

Il valore del fattore di riduzione $\psi_{\lambda,x}$ si ricava in funzione della snellezza effettiva λ e del rapporto di solidità ϕ dal grafico sottostante:

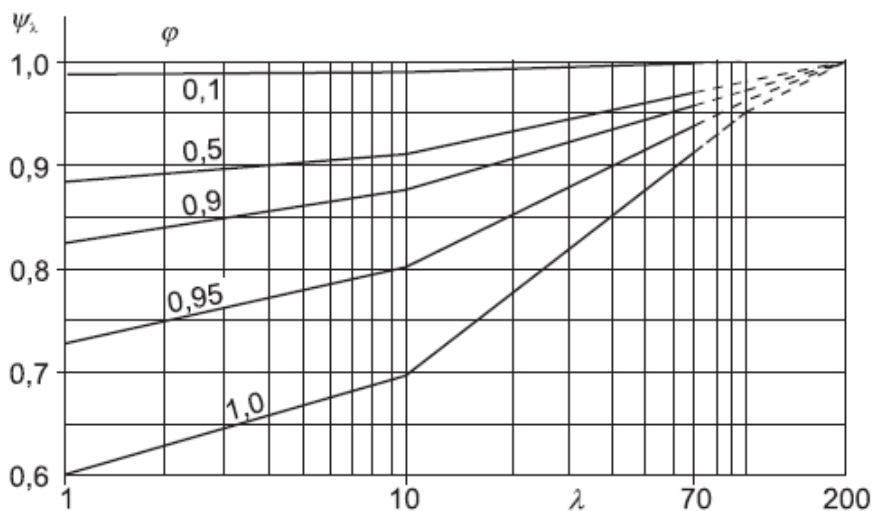


Figure 7.36 — Indicative values of the end-effect factor ψ_{λ} as a function of solidity ratio ϕ versus slenderness λ

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	26

I valori della snellezza effettiva sono stati determinati dalla tabella 7.16 della norma:

Table 7.16 — Recommended values of λ for cylinders, polygonal sections, rectangular sections, sharp edged structural sections and lattice structures

No.	Position of the structure, wind normal to the plane of the page	Effective slenderness λ
1		For polygonal, rectangular and sharp edged sections and lattice structures: for $\ell \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 \ell/b$ or $\lambda = 70$, whichever is smaller
2		for $\ell < 15$ m, $\lambda = 2 \ell/b$ or $\lambda = 70$, whichever is smaller For circular cylinders: for $\ell \geq 50$, $\lambda = 0,7 \ell/b$ or $\lambda = 70$, whichever is smaller for $\ell < 15$ m, $\lambda = \ell/b$ or $\lambda = 70$, whichever is smaller
3		For intermediate values of ℓ , linear interpolation should be used
4		for $\ell \geq 50$ m, $\lambda = 0,7 \ell/b$ or $\lambda = 70$, whichever is larger for $\ell < 15$ m, $\lambda = \ell/b$ or $\lambda = 70$, whichever is larger For intermediate values of ℓ , linear interpolation should be used

Nel caso in esame, di impalcato di notevole lunghezza, si è posto:

- $\Psi_{\lambda,x} = 1.0$;

Sono stati presi in considerazione due configurazioni:

- Vento agente su impalcato scarico;

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	27

- Vento agente su impalcato carico;

Nel primo caso, di **vento agente su impalcato scarico**, l'altezza complessiva della superficie laterale investita dal vento considera la presenza di barriere antirumore di altezza pari a 5.10 m rispetto all'estradosso del cordolo:

- $d_{tot} = 2.1$ (travi) + 0.52 (soletta + cordoli) + 2 x 5.10 (barriera antirumore) = 12.82 m;

da cui, tenendo conto che la larghezza dell'impalcato è pari a $b = 13.70$ m, si ha:

- $b / d_{tot} = 1.07$ $c_{f,x} = c_{f,x,0} = 2.20$

ed infine:

- $p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = 0.456 \times 2.53 \times 2.20 \times 1.0 = 2.53$ kN/m²

Nel secondo caso, di **vento agente su impalcato carico**, si ha:

- $d_{tot} = 3.28$ (dist. da intradosso imp. a P.F.) + 4.00 (altezza convoglio) = 7.28m;

da cui, tenendo conto che la larghezza dell'impalcato è pari a $b = 13.70$ m, si ha:

- $b / d_{tot} = 1.88$ $c_{f,x} = c_{f,x,0} = 1.95$

ed infine:

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = 0.456 \times 2.53 \times 1.95 \times 1.0 = 2.24$$
 kN/m²

in entrambi i casi, la superficie di riferimento, per profondità di impalcato unitaria, è pari a:

$$A_{ref,x} = d_{tot} \times 1.0$$
 [mq/ml]

Nel dimensionamento si è fatto riferimento al caso di impalcato con barriere antirumore su ambedue i lati.

La forza orizzontale agente sul lato direttamente esposto al vento è pari a:

- $F_{wk} = 2.53 \times (2.10 + 0.52 + 5.10) = 19.53$ kN/m

La coppia valutata rispetto al baricentro della soletta è pari a:

- $M_{Fwk} = 19.53 \times [7.72/2 - (2.10+0.31/2)] = 31.35$ kNm/m

La forza orizzontale agente sulla barriera antirumore sul lato opposto è pari a:

- $F_{wk} = 2.53 \times 5.10 = 12.90$ kN/m

La coppia valutata rispetto al baricentro della soletta è pari a:

- $M_{Fwk} = 12.90 \times (5.10/2 + 0.21 + 0.31/2) = 37.60$ kNm/m

8.3.2 Effetti aereodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari

Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria (per esempio barriere antirumore) onde di pressione e depressione secondo gli schemi riportati nel seguito.

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

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

dinamiche significative per il comportamento degli elementi strutturali investiti dalle azioni aerodinamiche. Esse sono state 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.

In ogni caso, le azioni aerodinamiche devono essere cumulate con l'azione del vento come indicato al punto 5.2.3.3.2 delle NTC08.

Per superfici verticali parallele al binario (barriere antirumore), i valori caratteristici dell'azione orizzontale equivalente sono forniti dalla figura seguente, in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino:

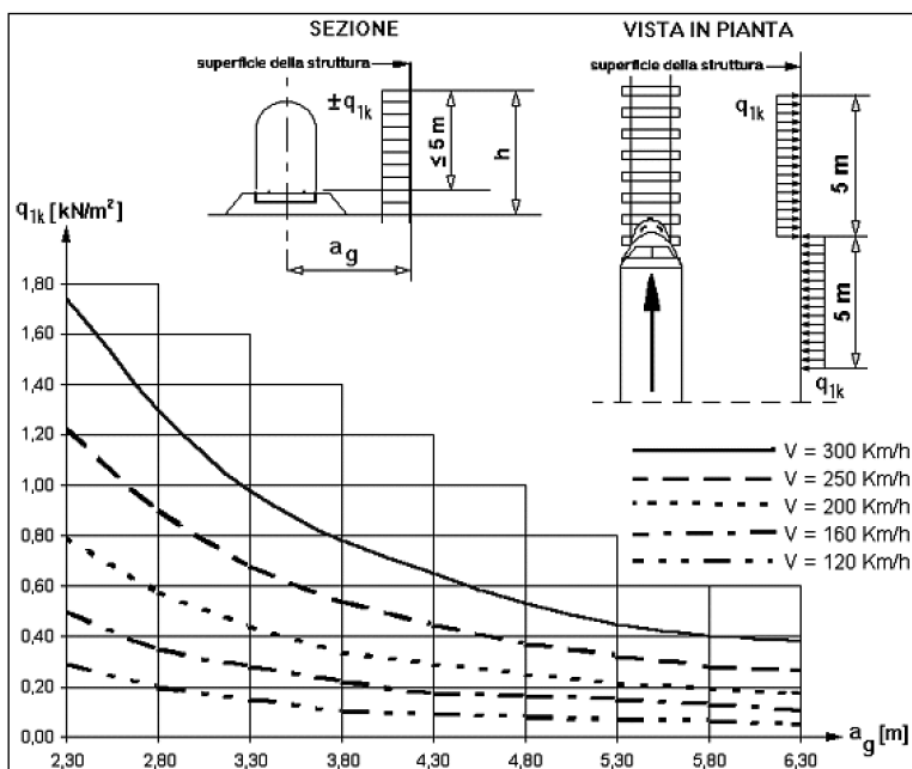


Figura 8.1 – Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

Nel caso in esame, si considera una distanza delle barriere antirumore dall'asse del binario pari a:

– $a_g = 13.7/2 - 0.40 - 2.0 = 4.45 \text{ m}$

Per una velocità massima di progetto pari a 200 km/h si ottiene:

– $q_{1k} = 0.28 \text{ kN/m}^2$

L'altezza complessiva delle barriere antirumore dall'estradosso del cordolo laterale è pari a 5.10 m, per cui:

– $F_{wk} = 0.28 \times 5.10 = 1.43 \text{ kN/m}$

La coppia, valutata rispetto al baricentro della soletta, è pari a:

– $M_{Fwk} = 1.43 \times (5.10/2 + 0.21 + 0.31/2) = 4.16 \text{ kNm/m}$

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	29

8.4 Azioni eccezionali

8.4.1 Deragliamento al di sopra del ponte

Il punto 5.2.2.9.2 del D.M. 14/01/2008, richiede che oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura, si tenga conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante degli, esaminando separatamente le due seguenti configurazioni di carico:

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 Figura 8.2. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

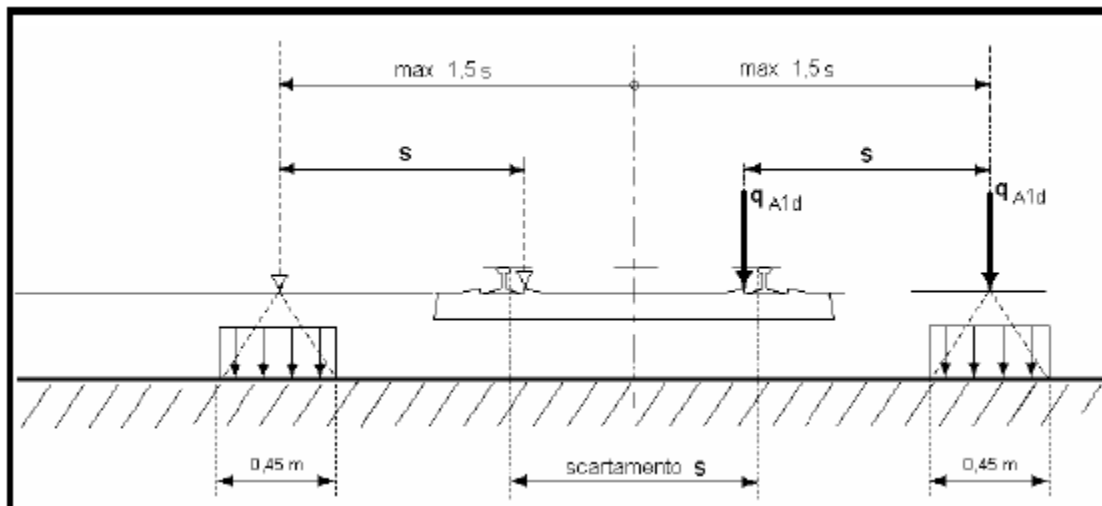


Figura 8.2 – Caso 1

Caso 2: si considera un unico carico lineare $q_{A2d} = \frac{80 \text{ kN}}{\text{m} \cdot 1,4}$ esteso per 20, m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di $1,5 s$ rispetto all'asse del binario (vedi Figura 8.3) Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc.

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	30

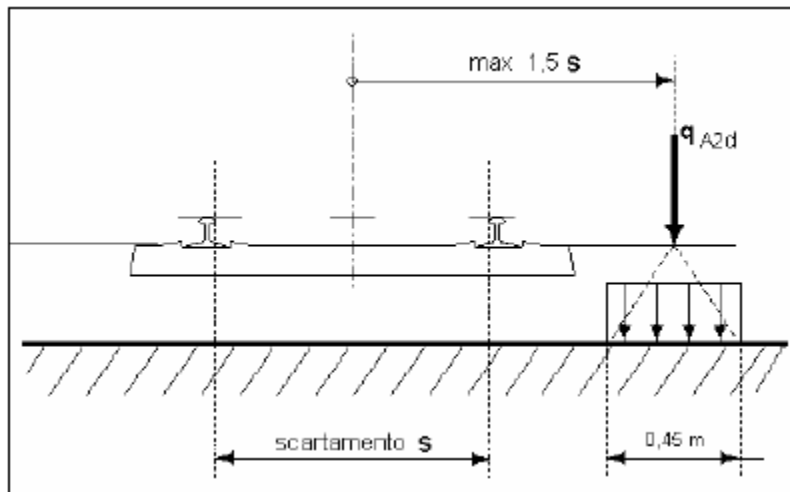


Figura 8.3 – Caso 2

Nel caso in esame la configurazione delle strutture di impalcato è tale che le configurazioni carico relative ai casi 1 e 2 non possono nè pregiudicare la stabilità globale dell'opera, nè generare problemi di collasso della soletta; pertanto, le forze generate dal deragliamento non sono state prese in considerazione nel dimensionamento.

8.5 Azioni indirette**8.5.1 Resistenze parassite nei vincoli**

Le resistenze parassite si esplicano in corrispondenza degli apparecchi di appoggio mobili e, per equilibrio, sui corrispondenti fissi, in corrispondenza di ogni traslazione relativa impalcato-apparecchi d'appoggio.

Per viadotti a travi semplicemente appoggiate, quale quello in esame, si considera:

$$- F_a = f \times (V_g + V_q)$$

Dove:

- f: coefficiente di attrito degli apparecchi di appoggio;
 V_g : reazione verticale massima associata ai carichi permanenti;
 V_q : reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati.

Nel caso in esame è stato considerato un valore del coefficiente di attrito pari a:

$$- f = 0.03;$$

Le resistenze parassite nei vincoli sono state prese in considerazione esclusivamente ai fini del calcolo delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

8.6 Azioni sismiche – E**8.6.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali**

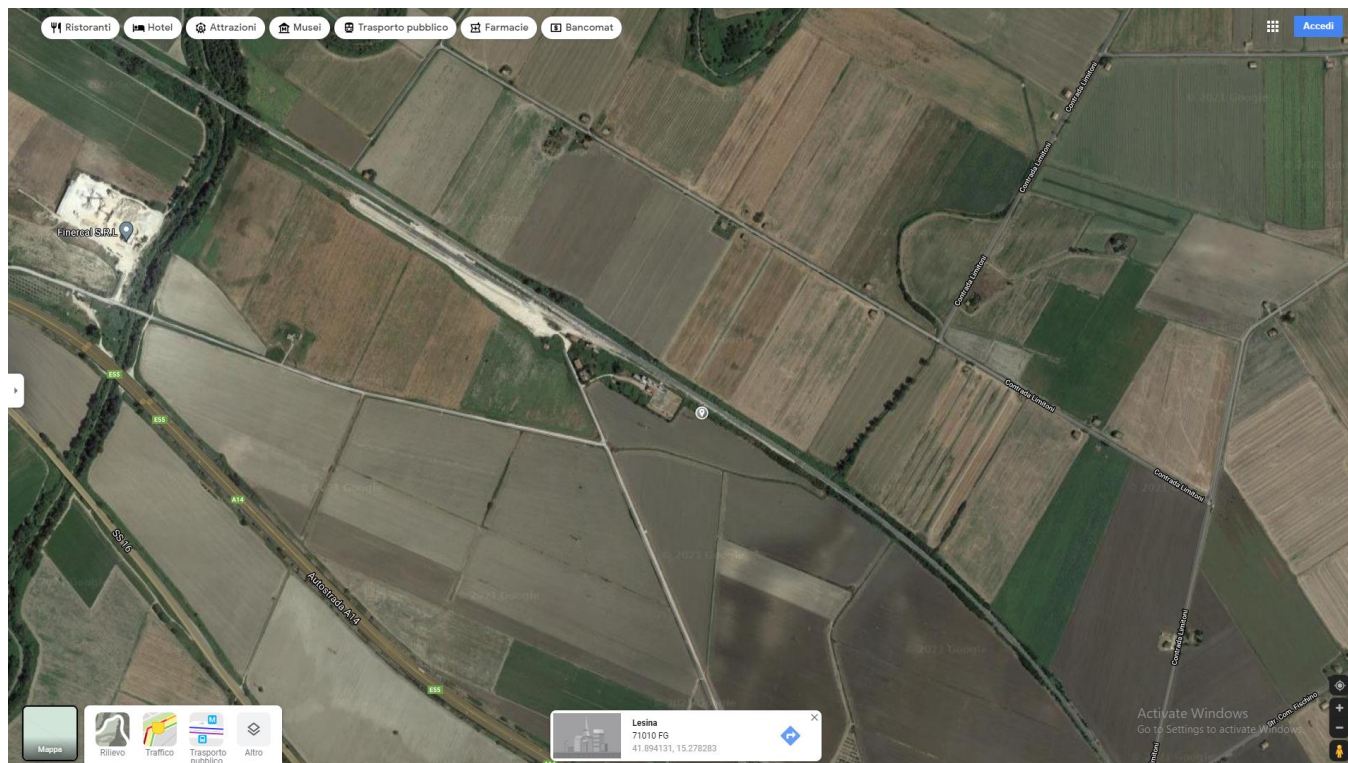
Le figure seguenti illustrano le coordinate di riferimento per la valutazione dei parametri sismici di base:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	31



Convertitore

Per convertire le coordinate di un punto inserisci i valori nelle caselle di testo corrispondenti al sistema di riferimento a cui appartengono e premi il pulsante 'Converti'.

Monte mario / Gauss Boaga zona 1 EPSG:3003

Est: Nord:

ED50 / UTM Zone 32N EPSG:23032

Est: Nord:

ED50 EPSG:4230

Lon: Lat:

WGS84 EPSG:4326

Lon: Lat:

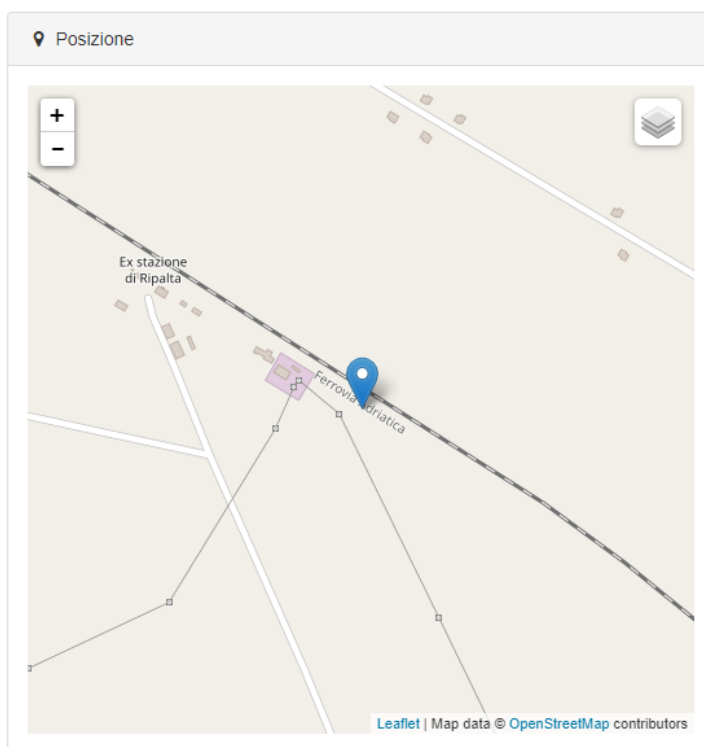


Figura 8.4: Coordinate di riferimento per la determinazione dei parametri sismici di base

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati con l'ausilio del software-free SPETTRI-NTC ver. 1.0.3 (prodotto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici www.cslp.it).

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	32

VI01 - VIADOTTO RIPALTA

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
15.2783	41.8941	15.2791	41.8951

Vita Nominale	$V_N =$	75 anni
Classe d'uso	$CI =$	III
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	1.5
Periodo di riferimento $V_R =$		112.5 anni

PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]
SLO	68	0.076	2.502	0.303
SLD	113	0.097	2.516	0.316
SLV	1068	0.252	2.443	0.343
SLC	2193	0.328	2.434	0.352

L'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali e verticale, definiti in base al §3.2 del D.M. 14/01/2008.

8.6.2 Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

Gli spettri di risposta elastici della componenti orizzontali sono definiti dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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

In cui:

- T è il periodo di vibrazione;
- $S_e(T)$ è l'accelerazione spettrale orizzontale;
- a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_S \times S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tabella 8.1) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 8.2);
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = 10 / (5 + \xi) \geq 0,55$, dove ξ

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	33

(espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C^*$ dove T_C^* è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 8.1);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante e vale: $T_B = T_C/3$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 \times (a_g/g) + 1.6$

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 8.1 – Espressioni per S_s e C_c

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 8.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Gli spettri di progetto per verifiche SLV si ottengono sostituendo η con $1/q$ nelle formule di cui al par. 3.2.3.2.1 del DM 14/01/2008.

Le forze sismiche orizzontali e verticali sono ininfluenti ai fini del dimensionamento delle strutture di impalcato e sono state prese in considerazione esclusivamente per il calcolo delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

Si rimanda alle relazioni sulle sottustrutture per la valutazione degli effetti su pile e spalle.

Per la valutazione delle azioni sismiche sugli apparecchi di appoggio si è fatto riferimento ai valori massimi degli spettri di risposta (valori al plateau), in accelerazione delle componenti orizzontali agli SLV per $q = 1$.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	34

Tenuto conto della variazione della Categoria di Sottosuolo lungo lo sviluppo del viadotto, illustrata nella “Relazione Geotecnica” di PE, le valutazioni sono state fatte per **Categoria di Sottosuolo D**, cui corrispondono le maggiori accelerazioni.

Si ha pertanto:

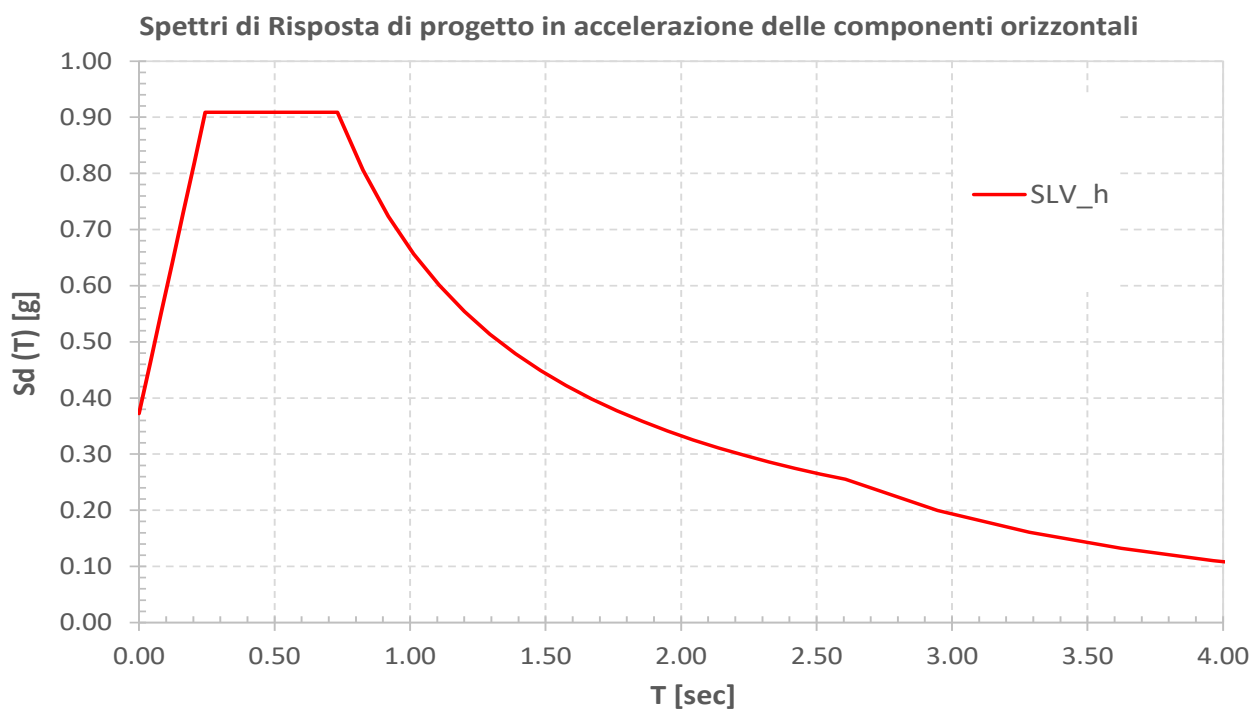
- Categoria di sottosuolo: **D**
- Categoria stratigrafica: **T1**

La tabella seguente illustra i parametri caratteristici degli spettri di risposta.

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [sec]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_s [-]	S_T [-]	S [-]	C_C [-]	d_g [m]	v_g [m/s]
SLV	0.252	2.443	0.343	0.244	0.732	2.607	1.48	1.00	1.48	2.13	0.174	0.427

Tabella 8.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

La figura seguente illustra gli spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali di progetto agli SLV ottenuti per $q = 1.0$:



*Figura 8.5 – Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali di progetto agli SLV – **fattore di struttura q = 1.0***

L'accelerazione di progetto per la valutazione delle azioni sismiche orizzontali sugli apparecchi di appoggio è pari a:

$$S_d = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 = 0.252 \cdot 1.48 \cdot 1.0 \cdot 2.443 = 0.91 \text{ g}$$

8.6.3 Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale

Gli spettri di risposta elastici della componente verticale sono definiti dalle espressioni seguenti:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	35

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

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

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

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^3} \right)$$

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad [3.2.9]$$

In cui:

T è il periodo di vibrazione;

$S_{ve}(T)$ è l'accelerazione spettrale verticale;

F_v Il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione $F_v = 1.35 \times F_0 \times (a_g/g)^{0.5}$;

I valori di a_g , F_0 , S , η sono quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VI delle NTC2018:

Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Gli spettri di progetto per verifiche SLV si ottengono sostituendo η con $1/q$ nelle formule di cui al par. 3.2.3.2.2 del DM 14/01/2008.

Gli spettri illustrati sono stati ottenuti per **fattore di struttura $q = 1.0$** .

La tabella seguente illustra i parametri caratteristici degli spettri di risposta:

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	F_v [-]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_s [-]	S_T [-]	S [-]
SLV	0.252	2.443	1.655	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00

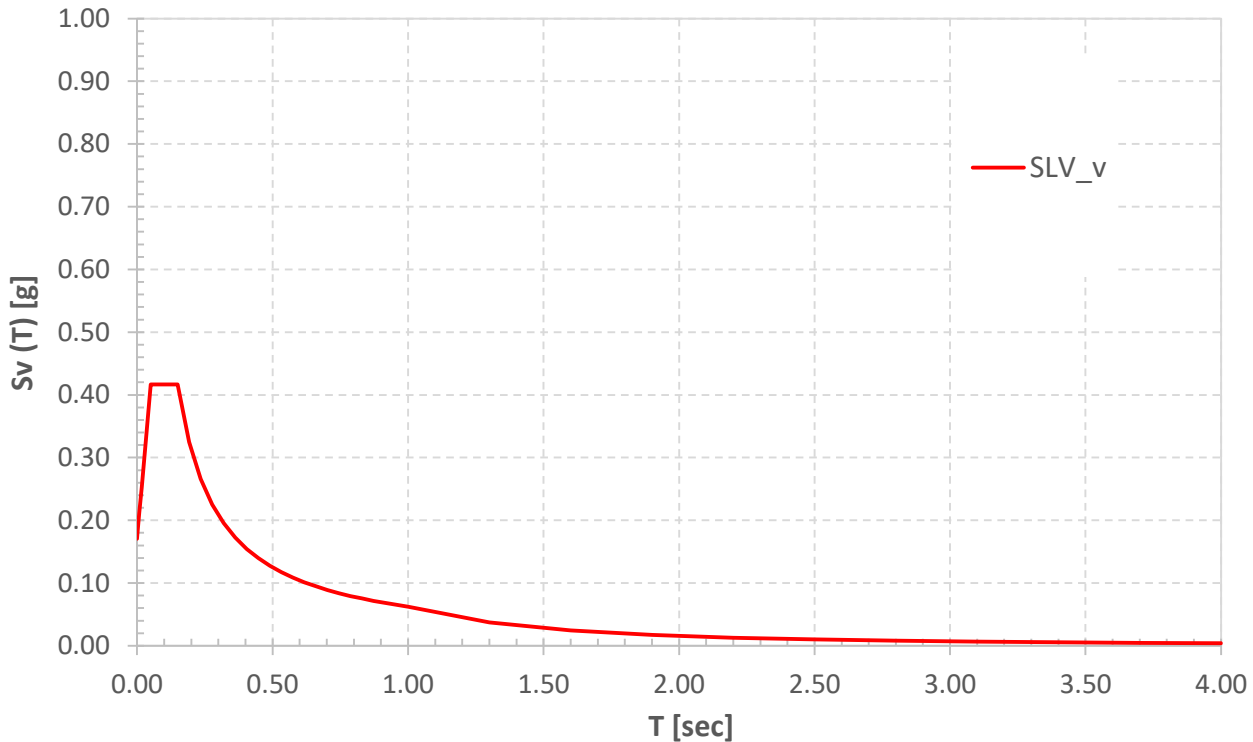
Tabella 8.4 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

La figura seguente illustra gli spettri di risposta in accelerazione della componente verticale di progetto:

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	36

Spettri di Risposta di progetto in accelerazione della componente verticale*Figura 8.6 – Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale di progetto agli SLV***8.6.4 Masse sismiche**

Per determinare gli effetti delle azioni sismiche sulle strutture si è fatto riferimento alle masse corrispondenti ai:

- pesi propri delle strutture;
- sovraccarichi permanenti portati e ballast agenti sulle strutture di impalcato;
- peso del terreno di rinterro della zattera di fondazione;
- 20% ($\Psi_{2j} = 0.20$) del peso dei convogli ferroviari in transito sul ponte.

In particolare, relativamente a questo ultimo punto, il peso dei convogli è quello relativo al caso di 2 binari caricati su singola campata.

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	37

9. COMBINAZIONI DEI CARICHI

9.1 Combinazione dei treni di carico e delle azioni da essi derivanti per più binari

In accordo al par. 5.3.2.1.2 del DM 14/01/2008, nella progettazione è stata considerata la contemporaneità di più treni, secondo quanto previsto nella Tab. 5.2.III del citato DM, considerando sia il traffico normale che il traffico pesante:

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
2	Primo	1,0 (LM 71" + "SW/0")	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71" + "SW/0")	-	1,0 (LM 71" + "SW/0")
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71" + "SW/0")	0,75 (LM 71" + "SW/0")	1,0 SW/2
	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")	-

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

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Tabella 9.1 – carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Per il dimensionamento si è fatto riferimento alle seguenti configurazioni:

- Impalcato con singolo binario (primo) caricato da treno di carico LM71;
- Impalcato con singolo binario (primo) caricato da treno di carico SW/2;
- Impalcato con primo binario caricato da treno di carico SW/2 e secondo binario caricato da treno di carico LM71;
- Impalcato con primo binario caricato da treno di carico LM71 e secondo binario caricato da treno di carico LM71.

9.2 Simultaneità delle azioni da traffico – valori caratteristici delle azioni combinate in gruppi di carichi

Gli effetti derivanti dai carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli sono stati combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella Tab. 5.2.IV del DM 14/01/2008:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	38

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo.2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc..)

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

I valori fra parentesi 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.

Il carico verticale, nel caso di ponti con più binari, è quello che si ottiene con i treni specificati nella Tab. 5.2.III precedentemente illustrata.

Le azioni derivanti da ciascuno dei gruppi di carico definiti precedentemente sono da intendersi come un'unica azione caratteristica da utilizzarsi nella definizione dei valori rari e frequenti.

I valori quasi-permanenti delle azioni da traffico ferroviario possono assumersi uguali a 0, fatta eccezione per le combinazioni eccezionali e sismiche.

In particolare, per la verifiche delle sottostrutture i gruppi considerati sono i seguenti:

AZIONI VARIABILI - GRUPPI DI CARICO				
Gruppo di carico	Carico verticale	frenatura ed avviamento	centrifuga	serpeggio
gr.1	1.0	0.5	1.0	1.0
gr.3-1	1.0	1.0	0.5	0.5
gr.3-2	0.5	1.0	0.5	0.5
gr.4-1	0.8	0.8	0.8	0.8
gr.4-2	0.6	0.6	0.6	0.6

Tabella 9.2 – Gruppi di carico e coefficienti di combinazione degli effetti derivanti da traffico ferroviario

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	39

9.3 Coefficienti parziali e combinazioni per verifiche agli SLU ed SLE

9.3.1 Coefficienti parziali e di combinazione per verifiche SLU ed SLE

Per le verifiche agli SLU sono stati adottati i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.2.V e i coefficienti di combinazione Ψ in Tab. 5.2.VI del DM 14/01/2008:

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

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

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽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⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	40

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	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	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} : coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} : coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_Q : coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico ferroviario;
- γ_{G1} : coefficiente parziale delle azioni variabili.

Per le verifiche agli SLE sono stati adottati i valori dei coefficienti di combinazione Ψ illustrati in Tab. 5.2.VI.

9.3.2 Combinazione delle azioni per verifiche SLU ed SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite sono state adottate le combinazioni delle azioni di cui al par. 2.5.3 del DM 14/01/2008, appresso riepilogate:

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

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \gamma_{Q2} \times \Psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma_{Q3} \times \Psi_{03} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \times Q_{k2} + \Psi_{03} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \times Q_{k1} + \Psi_{22} \times Q_{k2} + \Psi_{23} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	41

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

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

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d :

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

Relativamente alle azioni sismiche, la risposta della struttura è stata calcolata per sisma agente in direzione orizzontale trasversale e longitudinale ed in direzione verticale.

Sono state considerate le seguenti combinazioni:

- $E_I = E_{EI} \pm 0.30 E_{Et} \pm 0.30 E_{Ev}$
- $E_t = 0.30 E_{EI} \pm E_{Et} \pm 0.30 E_{Ev}$
- $E_v = 0.30 E_{EI} \pm 0.30 E_{Et} \pm E_{Ev}$

Essendo:

- E_{EI} Azione sismica in direzione orizzontale longitudinale;
- E_{Et} Azione sismica in direzione orizzontale trasversale;
- E_{Ev} Azione sismica in direzione verticale.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	42

10. ANALISI GLOBALE

L'analisi globale delle strutture d'impalcato è stata condotta con l'ausilio del programma di calcolo SAP 2000P.

10.1 Criteri di calcolo

Le caratteristiche della sollecitazioni e lo stato deformativo generato dalle singole azioni di carico sono state determinate attraverso l'implementazione dei seguenti modelli di calcolo:

- **Modello 1a:** Gli effetti del peso proprio delle travi prefabbricate, comprensive dei ringrossi relativi ai trasversi di testata e di campata, sono stati valutati esaminando la singola trave con schema di semplice appoggio. Le caratteristiche geometrico-inerziali di riferimento sono quelle relative alla "sezione isolata della trave";
- **Modello 1b:** Gli effetti del peso proprio della soletta comprensiva delle predalle, sono stati valutati esaminando il graticcio costituito dalle quattro travi prefabbricate, solidarizzate dai trasversi di testata e di campata. Il modello è congruente con le fasi costruttive delle strutture di impalcato che prevedono che il getto della soletta avvenga al termine della precompressione di tutti i trasversi. Le travi sono considerate semplicemente appoggiate in corrispondenza degli apparecchi di appoggio. Le caratteristiche geometrico-inerziali di riferimento per le travi prefabbricate sono quelle relative alle "sezioni isolate";
- **Modello 2:** Gli effetti del peso della massicciata (ballast), degli altri carichi permanenti portati e dei carichi mobili relativi al transito dei convogli ferroviari, sono stati valutati esaminando il graticcio costituito dalle quattro travi prefabbricate, solidarizzate dai trasversi di testata e di campata e dalla soletta. Le travi sono considerate semplicemente appoggiate in corrispondenza degli apparecchi di appoggio. Le caratteristiche geometrico-inerziali di riferimento per le travi prefabbricate sono quelle relative alle "sezioni composte comprensive della soletta".

10.2 Caratteristiche geometrico-inerziale delle singole membrature

10.2.1 Travi prefabbricate

Sezione isolata:

La figura seguente illustra la geometria della sezione corrente delle travi prefabbricate:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	43

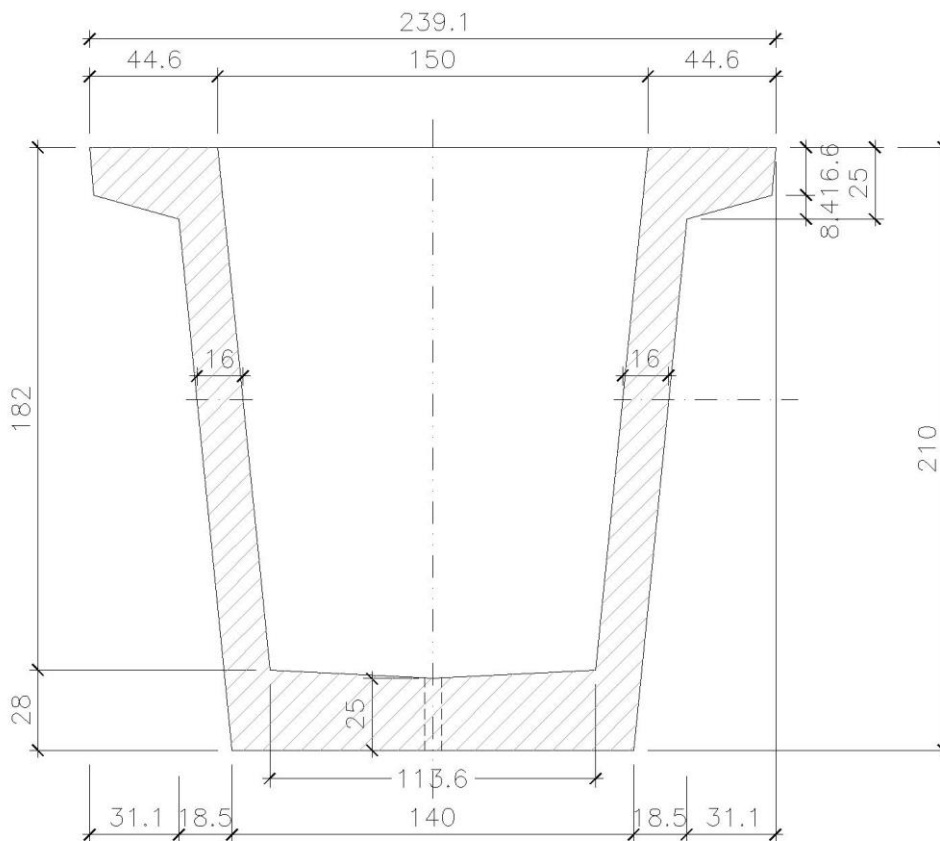


Figura 10.1 – Sezione corrente trave prefabbricata

Le caratteristiche geometrico-inerziali sono appresso riepilogate:

Area sezione trasversale:	$A = 1.087 \text{ m}^2$
Momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale:	$I_y = 0.5822 \text{ m}^4$
Momento d'inerzia attorno all'asse verticale:	$I_z = 0.5196 \text{ m}^4$
Momento d'inerzia a torsione:	$J = 0.0159 \text{ m}^4$
Area a taglio in direzione verticale:	$A_v = 0.6425 \text{ m}^2$

Sezione composta (trave + soletta):

Si considera una larghezza collaborante di soletta relativa alle travi interne ed esterne pari all'interasse di posa ($i = 2.41 \text{ m}$); pertanto, per le travi esterne si trascura cautelativamente la larghezza di soletta relativa agli sbalzi laterali.

Lo spessore complessivo della soletta, comprensivo delle predalle, è assunto pari a 0.31 m . Nel calcolo delle caratteristiche geometrico-inerziali della sezione omogeneizzata si trascura il contributo relativo alla porzione di sezione in corrispondenza delle predalle, che non sono collaboranti in direzione longitudinale.

Il coefficiente di omogeneizzazione della soletta (cls C30/37), alla trave prefabbricata (cls C45/55), è pari a:

$$- n_s = E_{soletta} / E_{travi} = 32837 / 36283 = 0.90$$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	44

L'inerzia torsionale della sezione composta "chiusa", è stata valutata in accordo alla teoria di Bredt.

La figura seguente illustra la geometria della sezione corrente della sezione composta da travi prefabbricate e soletta collaborante (verde):

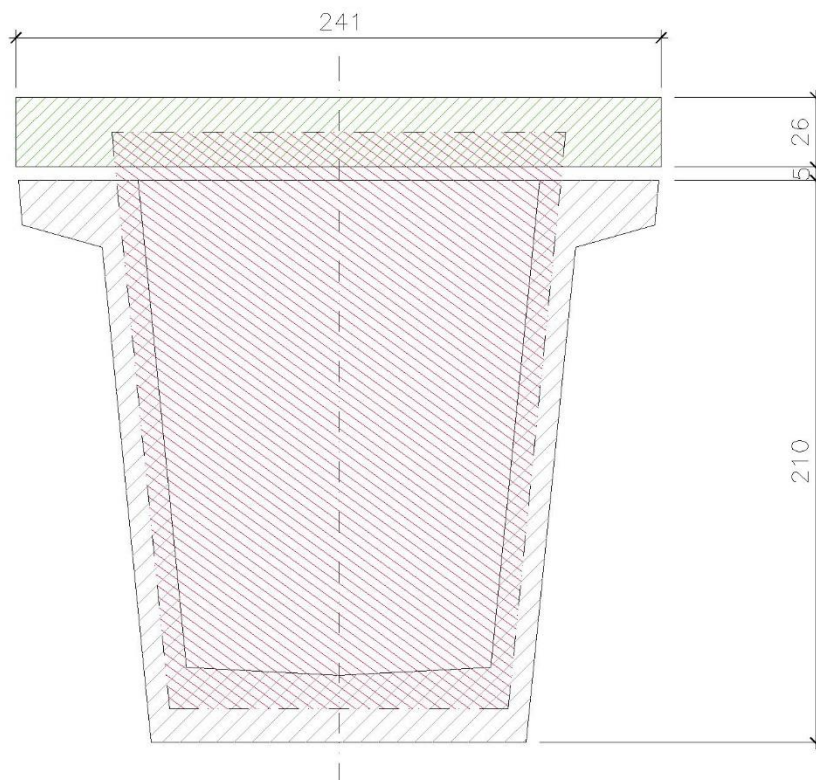


Figura 10.2 – Sezione composta trave prefabbricata + soletta

In rosso è evidenziata l'area della sezione chiusa considerata nel calcolo dell'inerzia torsionale.

Le caratteristiche geometrico-inerziali della sezione omogeneizzata al cls della trave prefabbricata (C45/55) sono appresso riepilogate:

Area sezione trasversale:	$A = 1.651 \text{ m}^2$
Momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale:	$I_y = 1.2836 \text{ m}^4$
Momento d'inerzia attorno all'asse verticale:	$I_z = 0.7926 \text{ m}^4$
Momento d'inerzia a torsione:	$J = 1.032 \text{ m}^4$
Area a taglio in direzione verticale:	$A_v = 0.6425 \text{ m}^2$

10.2.2 Trasversi di campata

E' stata considerata una sezione rettangolare di dimensioni:

Larghezza equivalente:	$B = (0.25 + 0.40) / 2 = 0.325 \text{ m}$
Altezza:	$H = 1.80 \text{ m}$

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	45

10.2.3 Trasversi di testata

E' stata considerata una sezione rettangolare di dimensioni:

Larghezza equivalente: $B = (0.35 + 0.47) / 2 = 0.41 \text{ m}$

Altezza: $H = 1.80 \text{ m}$

10.3 Geometria modelli di calcolo

10.3.1 Modello 1a

La figura seguente illustra la geometria del modello unifilare implementato per valutare gli effetti del peso proprio della singola trave prefabbricata comprensivo del peso dei ringrossi relativi ai trasversi prefabbricati:



Figura 10.3 – Modello 1a – Geometria

10.3.2 Modello 1b

La figura seguente illustra la geometria del modello a graticcio implementato per valutare gli effetti del peso proprio della soletta:

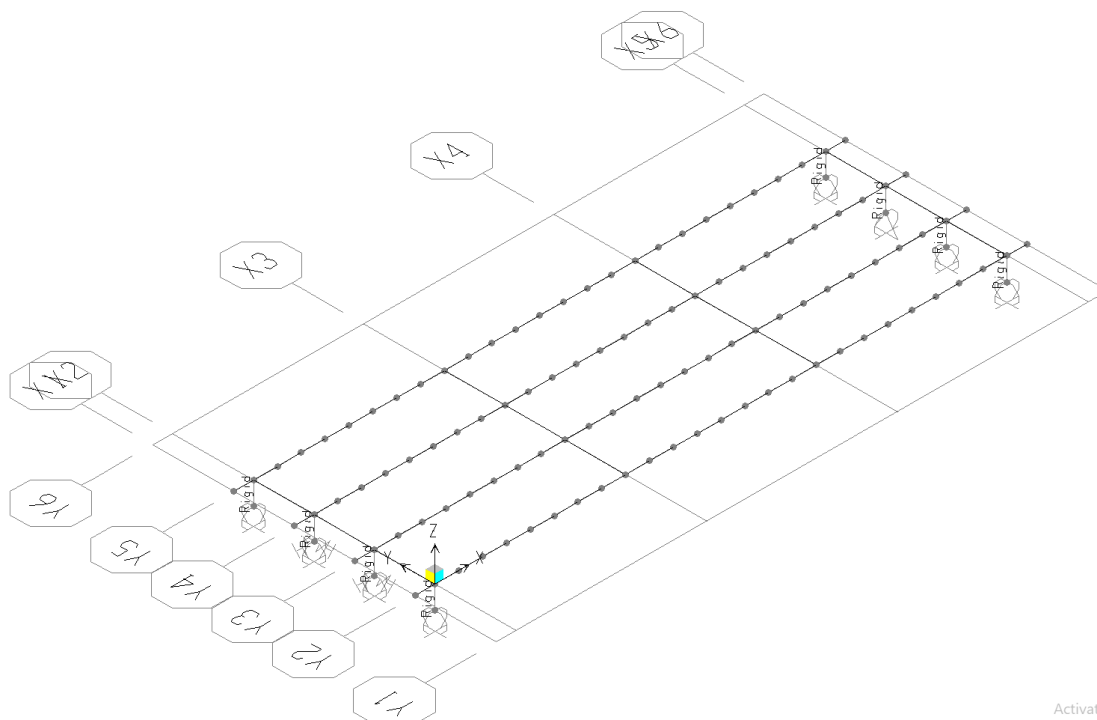


Figura 10.4 – Modello 1b – Geometria

Le travi e i trasversi sono schematizzati con elementi BEAM del programma di calcolo aventi le caratteristiche geometrico-inerziali precedentemente illustrate.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	46

Gli elementi rigidi applicati alle estremità permettono il collegamento tra il graticcio, disposto alla quota del baricentro delle travi prefabbricate e la quota di intradosso delle travi stesse. I vincoli sono congruenti con lo schema di progetto illustrato al capitolo 2.

10.3.3 Modello 2

La figura seguente illustra la geometria del modello a graticcio implementato per valutare gli effetti dei carichi permanenti portati e dei carichi accidentali:

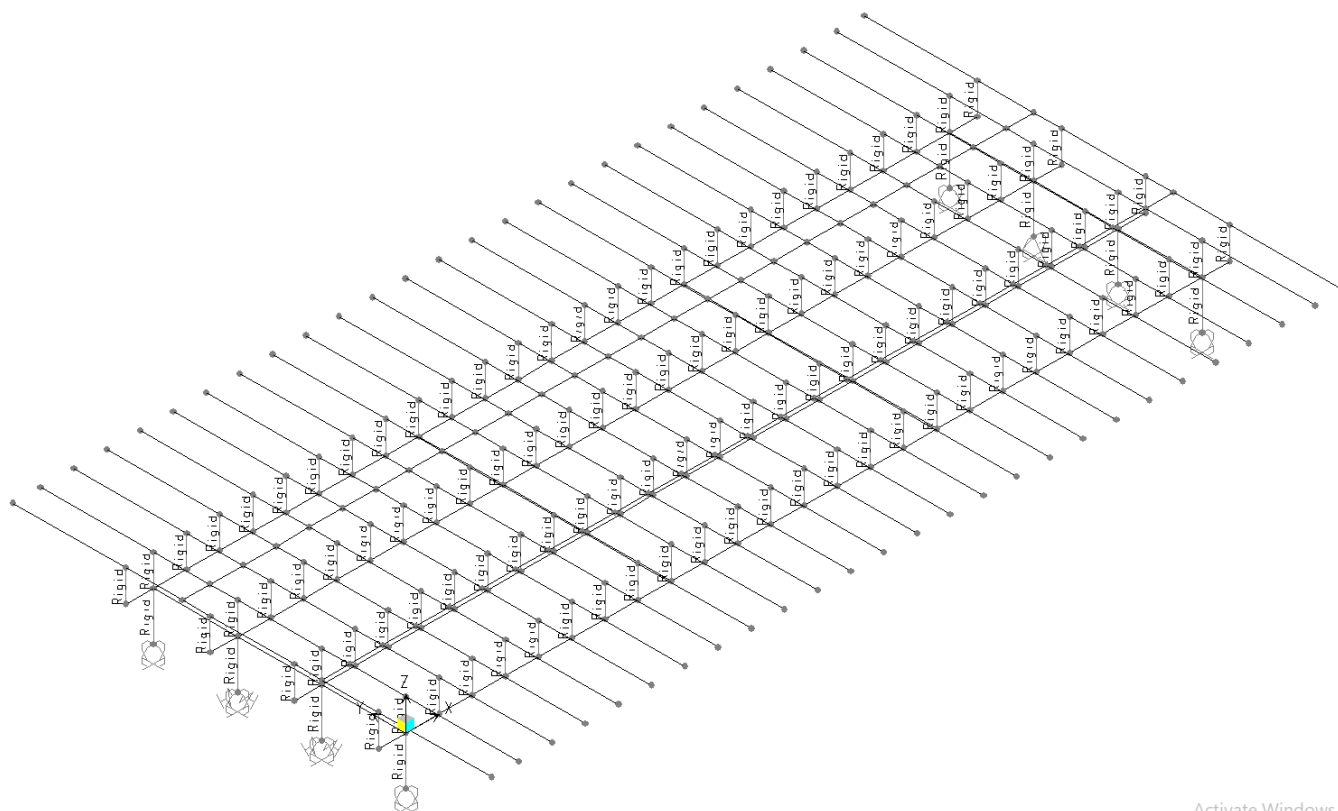


Figura 10.5 – Modello 2 – Geometria

Le travi e i trasversi sono schematizzati con elementi BEAM del programma di calcolo aventi le caratteristiche geometrico-inerziali precedentemente illustrate; in particolare le travi hanno caratteristiche relative alla sezione composta comprensiva della soletta.

Per valutare al meglio la ripartizione dei carichi agenti sulla soletta, sono state previste delle “striscie” trasversali relative alla soletta stessa, disposte alla quota del suo baricentro.

Alla medesima quota sono stati inseriti degli elementi BEAM di inerzia trascurabile, disposti in asse dei due binari, per l'applicazione dei carichi viaggianti relativi ai modelli teorici LM71 e SW/2.

Il collegamento tra travi prefabbricate e elementi della soletta è garantito da elementi LINK di tipo rigido.

Gli elementi rigidi applicati alle estremità permettono il collegamento tra il graticcio di travi prefabbricate e trasversi, disposto alla quota del baricentro delle travi prefabbricate (sezione composta) e la quota di intradosso delle travi stesse.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	47

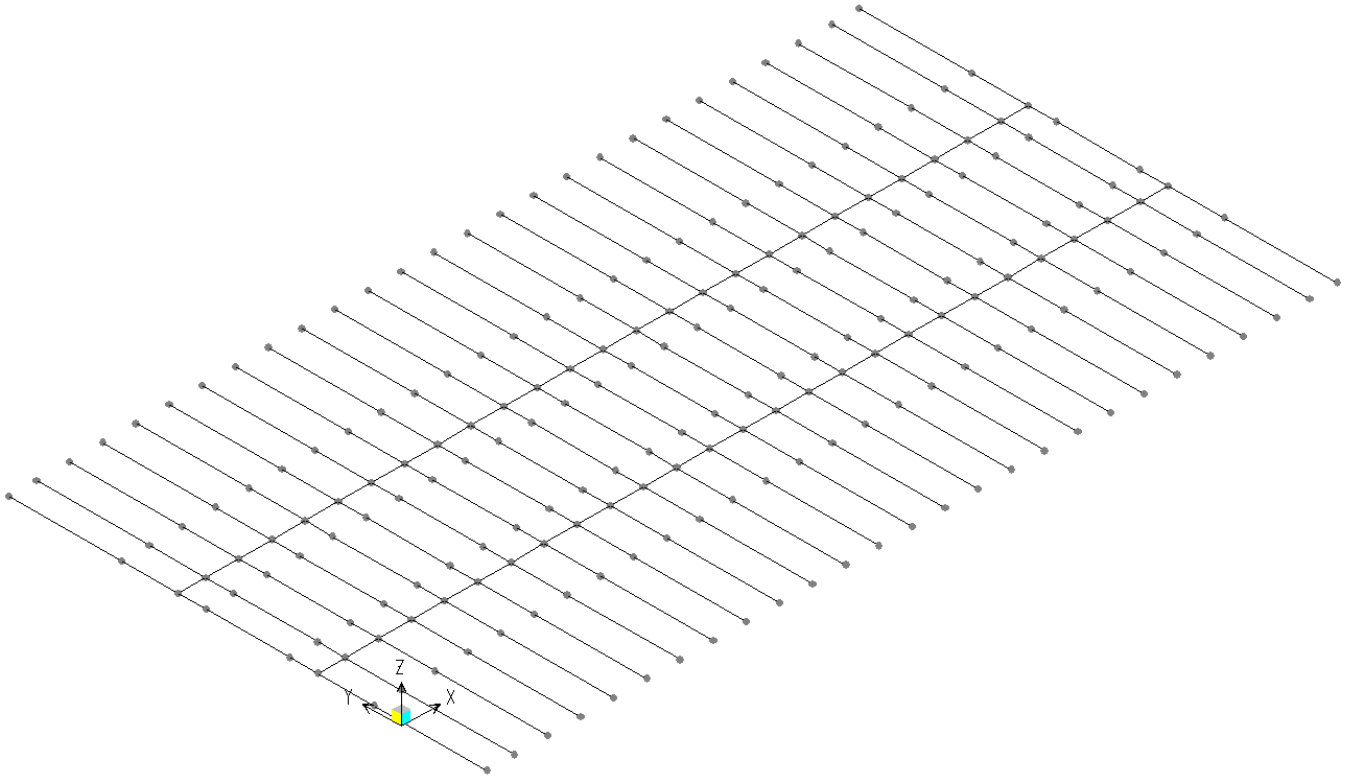
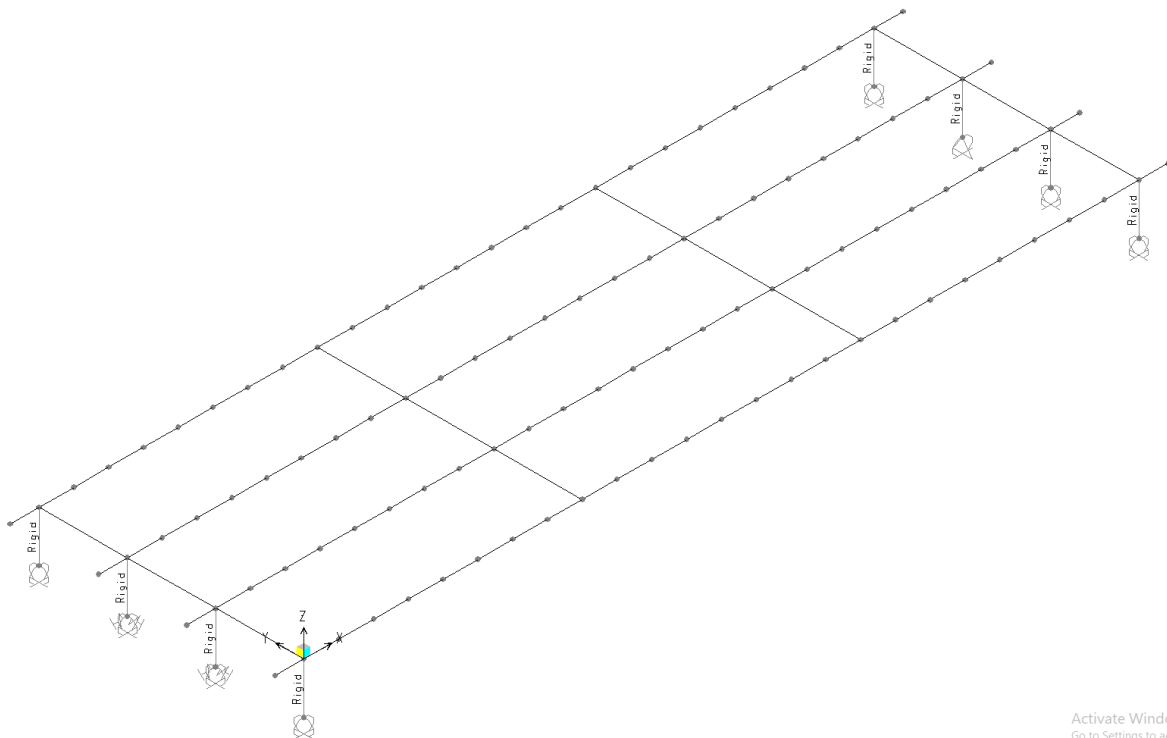


Figura 10.6 – Modello 2 – elementi BEAM che schematizzano la soletta in direzione trasversale



Activate Window
Go to Settings to activi

Figura 10.7 – Modello 2 – elementi BEAM che schematizzano il graticcio di travi prefabbricate e trasversi

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

I vincoli sono congruenti con lo schema di progetto illustrato al capitolo 2.

10.4 Applicazione dei carichi al modello

10.4.1 Peso proprio travi e trasversi (Load g1a)

I carichi distribuiti relativi alle diverse sezioni tipo che compongono la trave prefabbricata e i carichi concentrati relativi al peso dei trasversi di campata e di testata sono stati applicati sul modello unifilare relativo alla singola trave.

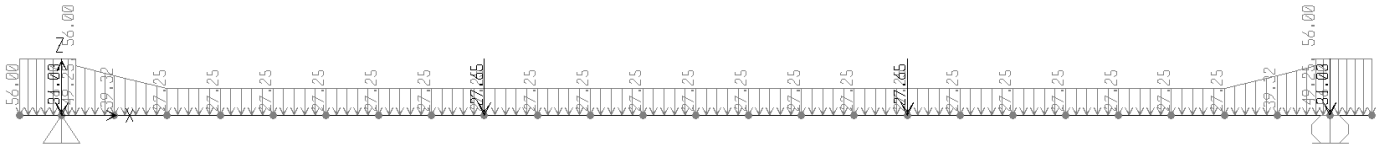


Figura 10.8 – Modello 1a – Pesì propri trave e trasversi (Load g1a)

10.4.2 Peso proprio soletta (Load g1b)

I carichi distribuiti relativi ai pesì della soletta sono state applicate alle travi prefabbricate interne ed esterne del modello a graticcio costituito da travi e trasversi:

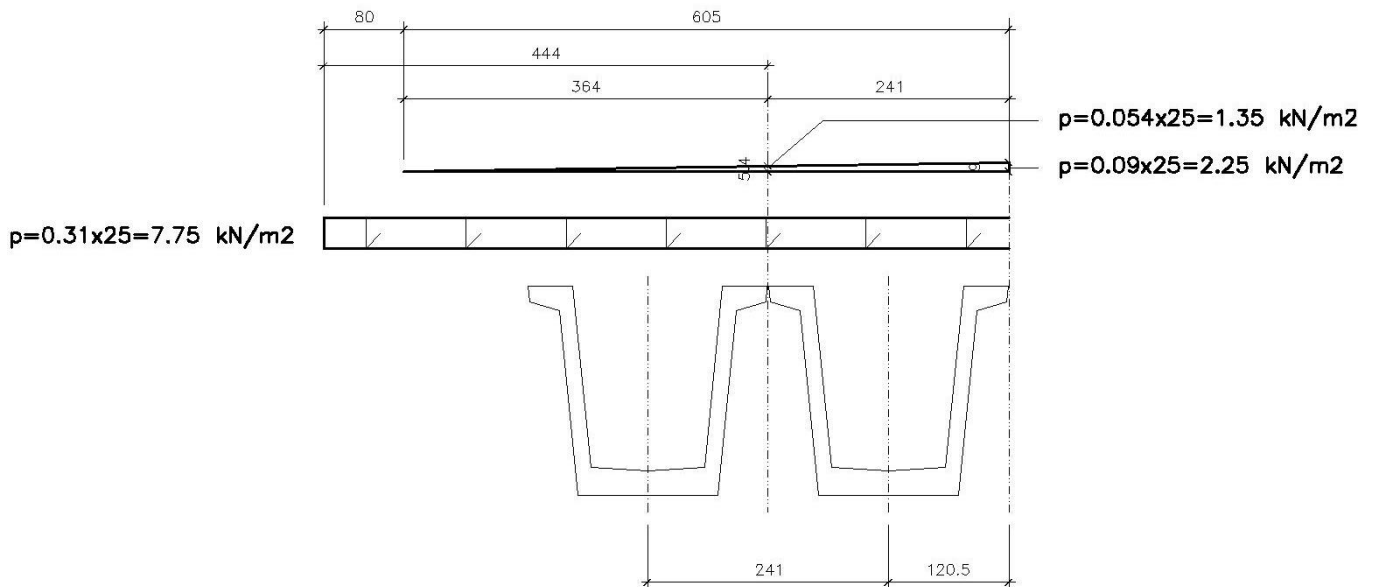


Figura 10.9 – Schema per la valutazione dei carichi agenti sulle travi dovuti al peso della soletta (Load g1b)

– Travi interne: $g_{1b} = [7.75 + (2.25 + 1.35) / 2] \times 2.41 = 23.02 \text{ kN/m}$

La distanza tra il punto di applicazione dei pesì e l'asse della trave interna è pari a:

$$x_p = [(2.25 - 1.35) \times 2.41^2 / 6 + (1.35 + 7.55) \times 2.41^2 / 2] / 23.02 - 2.41 / 2 = -0.02 \text{ m}$$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	49

Il carico torcente uniformemente distribuito agente sulle travi interne (verso l'interno dell'impalcato) è pari a:

$$mt_g1b = 23.02 \times 0.02 = 0.46 \text{ kNm/m}$$

- Travi di bordo: $g1b = 7.75 \times 4.44 + 1.35 / 2 \times 3.64 = 36.87 \text{ kN/m}$

La distanza tra il punto di applicazione dei pesi e l'asse della trave di bordo è pari a:

$$x_p = [7.75 \times 4.44^2 / 2 + 1.35 \times 3.64^2 / 6] / 36.87 - 2.41 / 2 = 0.948 \text{ m}$$

Il carico torcente uniformemente distribuito agente sulle travi esterne (verso l'esterno dell'impalcato) è pari a:

$$mt_g1b = 36.87 \times 0.948 = 34.95 \text{ kNm/m}$$

La tabella seguente riepiloga i carichi agenti sulle travi:

<u>Peso proprio soletta</u>	<u>unità</u>	<u>travi esterne</u>	<u>travi interne</u>
carico verticale	kN/m	36.87	23.02
carico torcente	kNm/m	34.95	-0.46

Le figure seguenti illustrano l'applicazione dei carichi agli elementi BEAM del modello 1b:

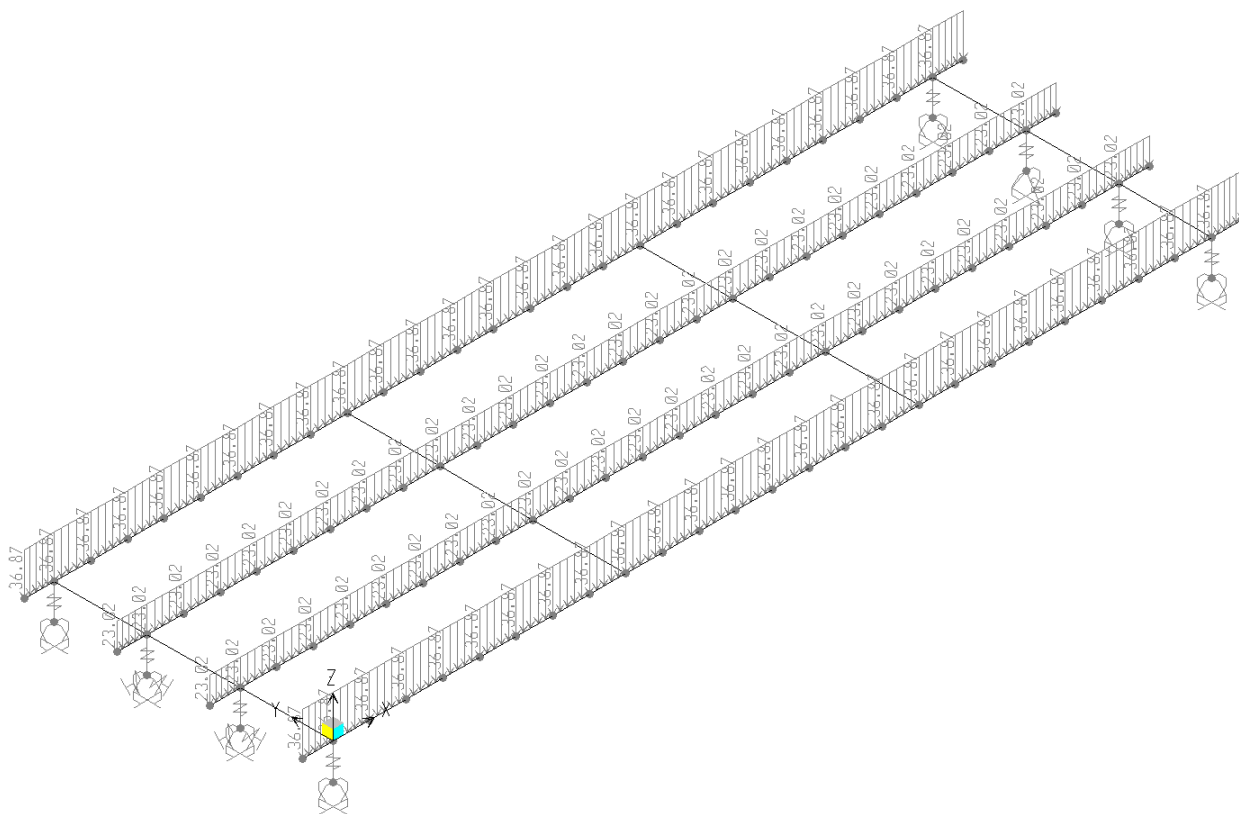


Figura 10.10 – Modello 1b – Peso proprio soletta (Load g1b) – carichi verticali

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	50

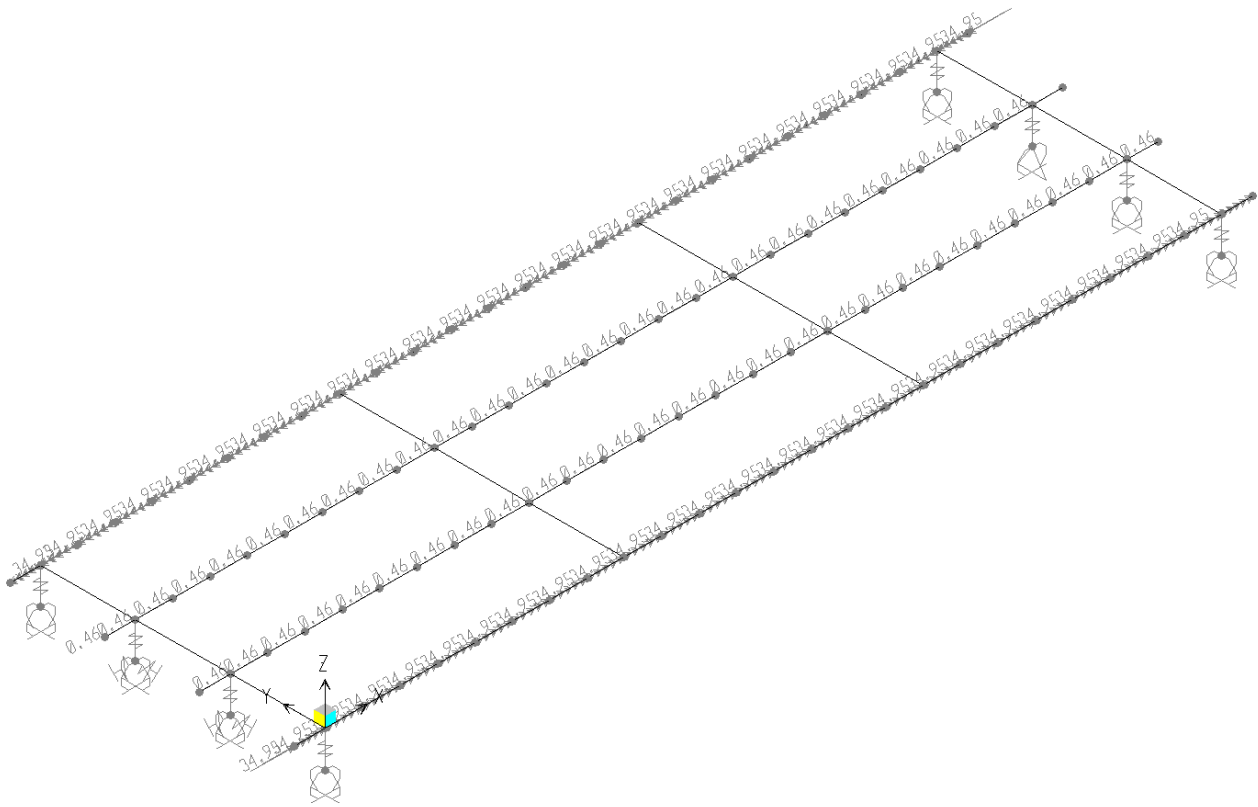


Figura 10.11 – Modello 1b – Peso proprio soletta (Load g1b) – carichi torcenti

10.4.3 Carichi permanenti portati (Load g2)

I carichi distribuiti e concentrati relativi ai permanenti portati, descritti al paragrafo 8.1.3, sono stati applicati agli elementi BEAM che schematizzano la soletta.

I valori dei carichi inseriti nel modello sono stati ottenuti da quelli unitari moltiplicando per la larghezza delle sezioni che schematizzano la soletta:

Solette di larghezza 0.95 m:

Carichi permanenti portati	unità	g (kN/mc) / p (kN/m)	h (m)	B (m)	L (m)	p (kN/m) - P (kN)
Cordoli	kN/m	25.0	0.21		0.95	4.99
Muretti	kN	25.0	0.16		0.95	3.80
Canaline portacavi	kN	3.0			0.95	2.85
massetto	kN/m	24.0	0.05		0.95	1.14
velette	kN	25.0	0.19		0.95	4.51
barriere	kN	15.0			0.95	14.25

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	52

Figura 10.13 – Modello 2 – Permanenti portati (Load g2) – applicazione dei carichi alla generica striscia di larghezza 0.95 m

10.4.4 Carichi permanenti portati – Ballast (Load gb)

I carichi distribuiti e concentrati relativi al ballast, descritti al paragrafo 8.1.4, sono stati applicati agli elementi BEAM che schematizzano la soletta.

I valori dei carichi inseriti nel modello sono stati ottenuti da quelli unitari moltiplicando per la larghezza delle sezioni che schematizzano la soletta:

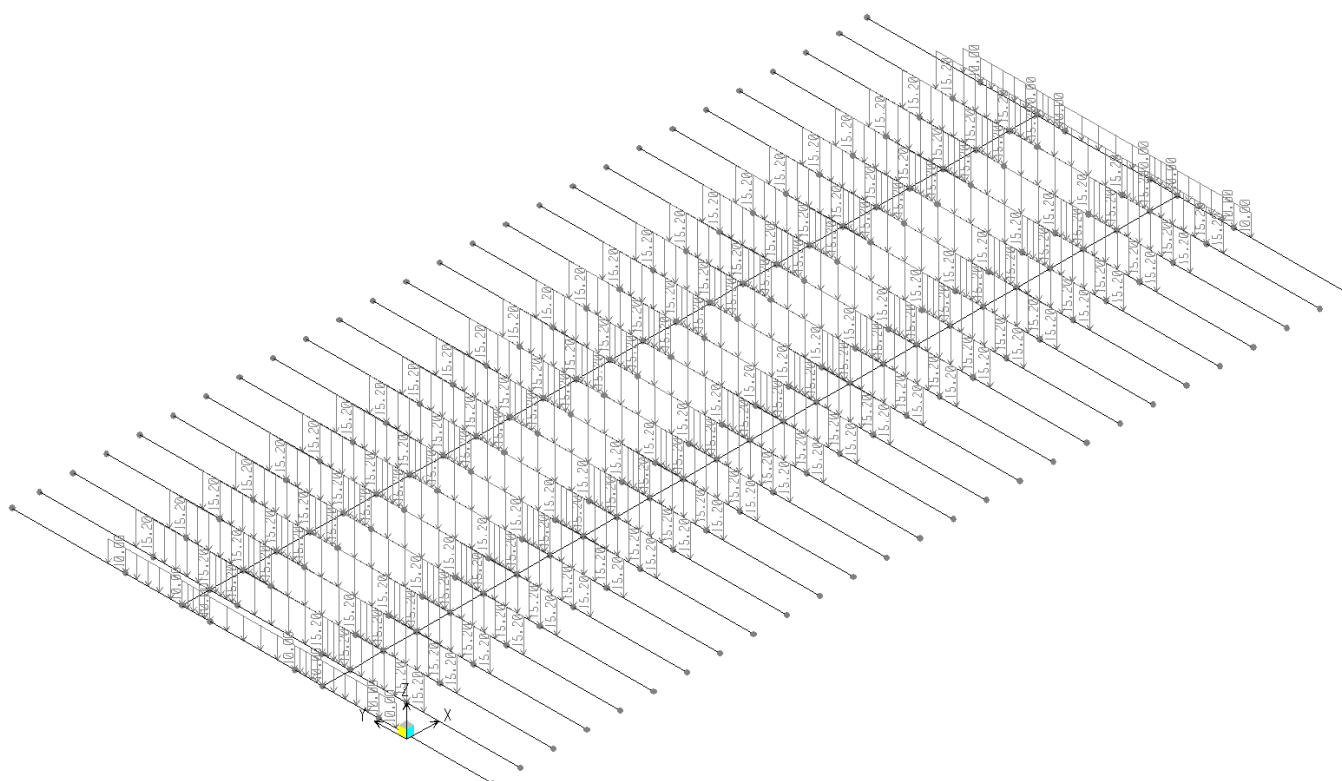
Solette di larghezza 0.95 m:

Ballast	unità	g (kN/mc)	h (m)	B (m)	L (m)	p (kN/m)
Ballast	kN/m	20.0	0.80		0.95	15.20

Solette di larghezza 0.625 m (estremità):

Ballast	unità	g (kN/mc)	h (m)	B (m)	L (m)	p (kN/m)
Ballast	kN/m	20.00	0.80		0.625	10.00

Le figure seguenti illustrano l'applicazione dei carichi permanenti relativi al ballast agli elementi BEAM del modello 2:



		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	53

Figura 10.14 – Modello 2 – Ballast (Load gb)

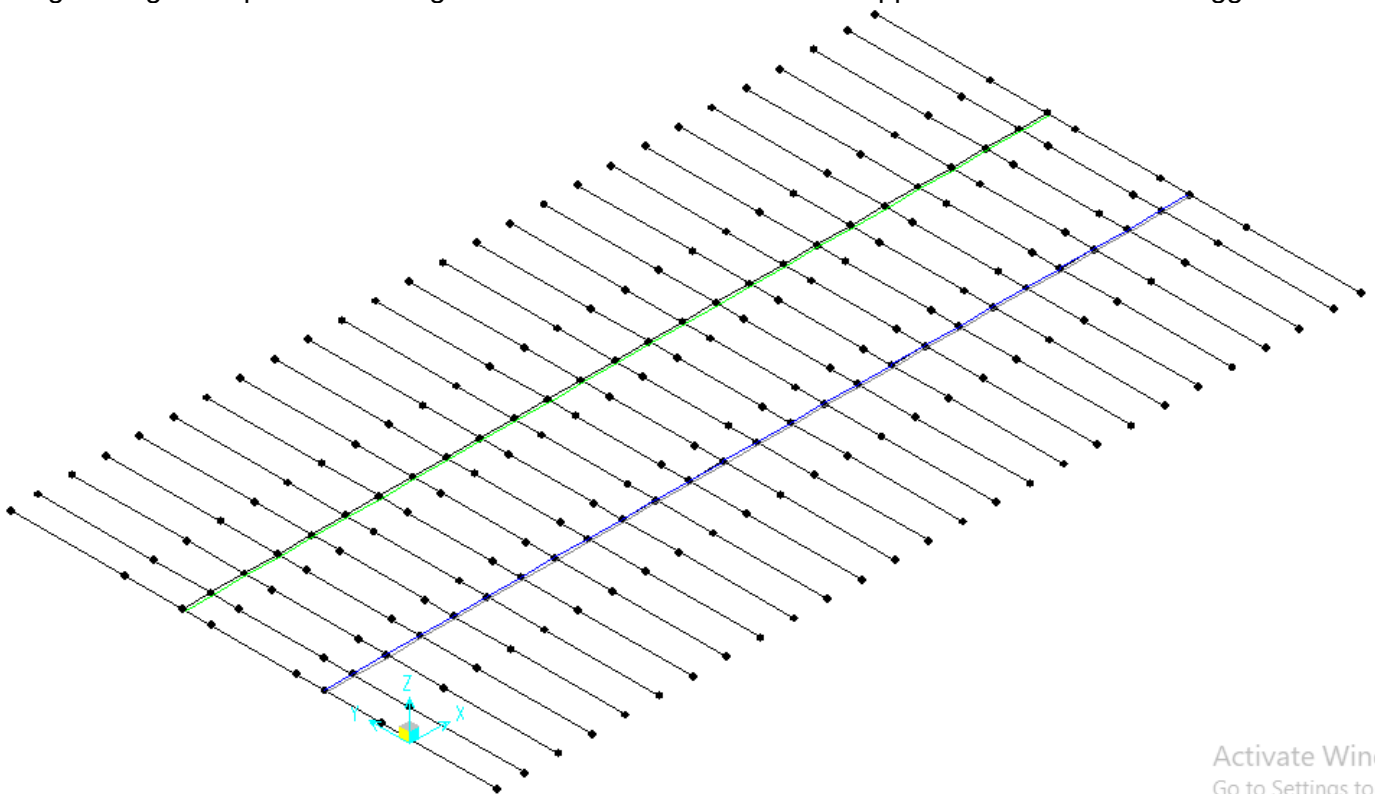
La figura seguente illustra l'applicazione dei carichi relativa alla generica striscia di soletta di larghezza pari a 0.95 m:



Figura 10.15 – Modello 2 – Ballast (Load gb) – applicazione dei carichi alla generica striscia di larghezza 0.95 m

10.4.5 Azioni variabili verticali – Treni di carico LM71 e SW/2 (Moving Load M-LM71 e M-SW/2, M-SW/2+LM71, M-LM71+LM71)

Gli effetti generati dai treni di carico LM71 e SW/2, comprensivi degli effetti dinamici, per come illustrati ai paragrafi 8.2.1 e 8.2.2, sono state valutate mediante l'applicazione di carichi viaggianti lungo l'asse dei binari. La figura seguente permette di cogliere l'ubicazione delle "linee" di applicazione dei carichi viaggianti:



Activate Windows
Go to Settings to

Figura 10.16 – Modello 2 – ubicazione delle "linee" di applicazione dei carichi viaggianti

- La linea blu rappresenta il binario 1 cui è stato applicato il treno di carico SW/2;
- La linea grigia rappresenta il binario 1 cui è stato applicato il treno di carico LM71 con un'eccentricità di 8 cm verso l'esterno dell'impalcato;
- La linea verde rappresenta il binario 2 cui è stato applicato il treno di carico LM71 con un'eccentricità di 8 cm verso l'interno dell'impalcato, in modo da massimizzare gli effetti sulle travi lato binario 1.

La figura seguente illustra le caratteristiche del treno di carico SW/2:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	54

General Vehicle Data

Vehicle name: SW2 Units: KN, m, C

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports
 Interior Vertical Support Forces
 All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048
 Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects

Axle: None
 Uniform: None

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	25.		150.	Zero Width		0.	One Point	
Fixed Length	25.		150.	Zero Width		0.	One Point	
Fixed Length	7.		0.	Zero Width		0.	One Point	
Fixed Length	25.		150.	Zero Width		0.	One Point	

Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

OK Cancel

Figura 10.17 – Modello 2 – Treno di carico SW/2

General Vehicle Data

Vehicle name: LM71 Units: KN, m, C

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports
 Interior Vertical Support Forces
 All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048
 Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects

Axle: None
 Uniform: None

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		88.	Zero Width		0.	One Point	
Leading Load	Infinite		88.	Zero Width		0.	One Point	
Fixed Length	0.8		0.	Zero Width		275.	One Point	
Fixed Length	1.6		0.	Zero Width		275.	One Point	
Fixed Length	1.6		0.	Zero Width		275.	One Point	
Fixed Length	1.6		0.	Zero Width		275.	One Point	
Fixed Length	0.8		0.	Zero Width		275.	One Point	
Trailing Load	Infinite		88.	Zero Width		0.	One Point	

Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

OK Cancel

Figura 10.18 – Modello 2 – Treno di carico LM71

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	55

10.4.6 Forza centrifuga – Treni di carico LM71 e SW/2 (Load q4-LM71a/b/c/d e q4-SW/2)

I carichi distribuiti relativi alle forze centrifughe generati dal transito in curva dei treni SW/2 e LM71, la cui entità è illustrata al paragrafo 8.2.3, sono stati applicati quali forze orizzontali trasversali e coppie concentrate agenti nella medesima direzione, ai nodi della soletta posizionati in corrispondenza dei binari.

I valori dei carichi inseriti nel modello sono stati ottenuti da quelli unitari moltiplicando per la larghezza delle sezioni che schematizzano la soletta:

Solette di larghezza 0.95 m:

- Load q4_SW/2: carico orizzontale: $5.37 \times 0.95 = 5.10 \text{ kN}$
Coppia: $5.10 \times (1.80 + 1.02) = 14.38 \text{ kNm}$
- Load q4_LM71: carico orizzontale concentrato: $24.7/1.60 \times 0.95 = 14.67 \text{ kN}$
Coppia relativa: $14.67 \times (1.80 + 1.02) = 41.37 \text{ kNm}$
carico orizzontale distribuito: $7.90 \times 0.95 = 7.51 \text{ kN}$
Coppia relativa : $7.51 \times (1.80 + 1.02) = 21.16 \text{ kNm}$

Solette di larghezza 0.625 m (estremità):

- Load q4_SW/2: carico orizzontale: $5.37 \times 0.625 = 3.36 \text{ kN}$
Coppia: $3.36 \times (1.80 + 1.02) = 9.48 \text{ kNm}$
- Load q4_LM71: carico orizzontale concentrato: $24.7/1.60 \times 0.625 = 9.65 \text{ kN}$
Coppia relativa: $9.65 \times (1.80 + 1.02) = 27.21 \text{ kNm}$
carico orizzontale distribuito: $7.90 \times 0.625 = 4.94 \text{ kN}$
Coppia relativa : $4.94 \times (1.80 + 1.02) = 13.93 \text{ kNm}$

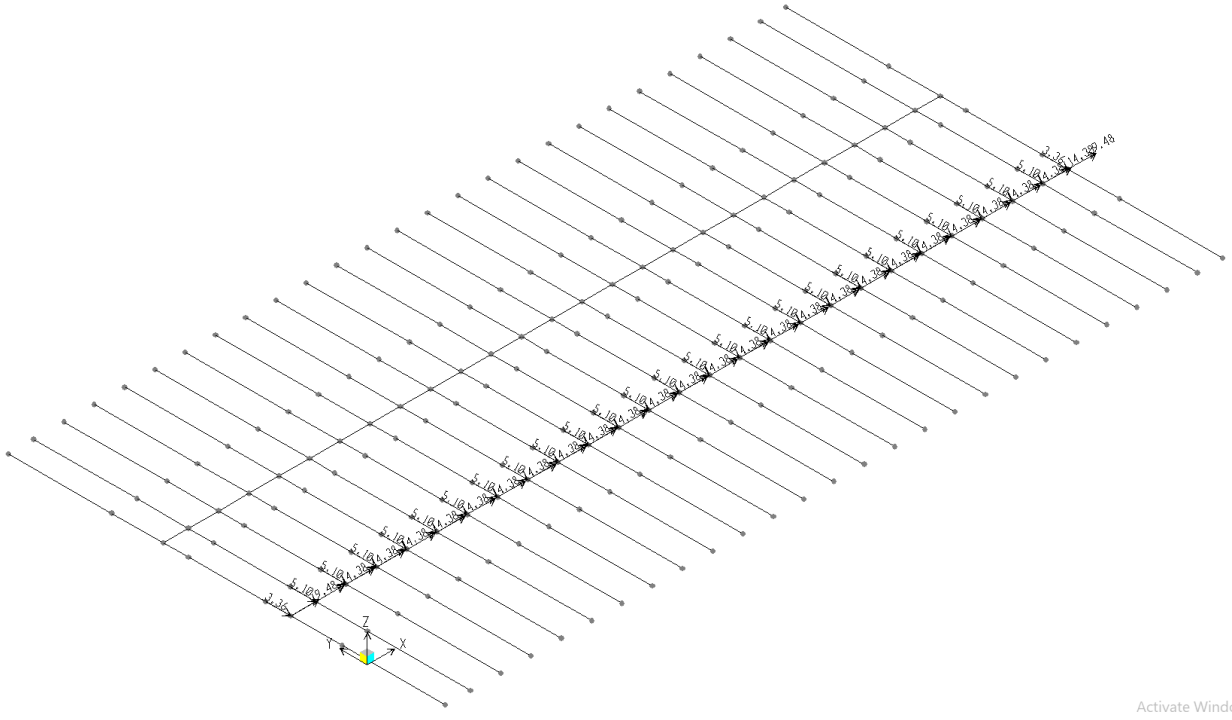
Per il modello di carico LM71 sono state prese in considerazione due distinte configurazioni in modo da massimizzare le sollecitazioni in mezzzeria ed alle estremità delle travi.

Le figure seguenti illustrano le applicazioni dei carichi al modello 2:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

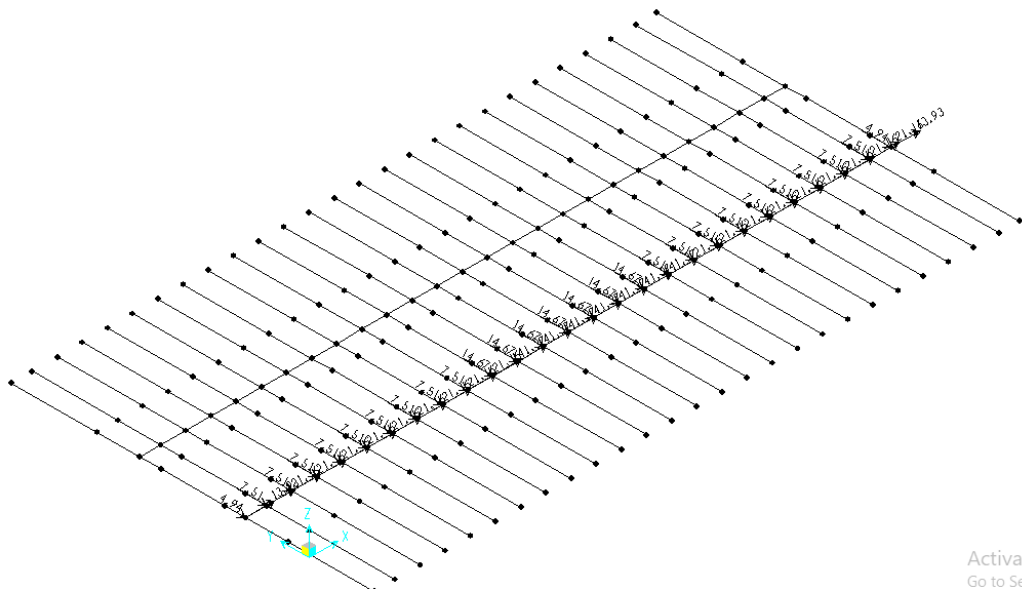
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	56



Activate Windo

Figura 10.19 – Modello 2 – Forza centrifuga treno SW/2 (Load q4_SW2)



Activate
Go to Setti

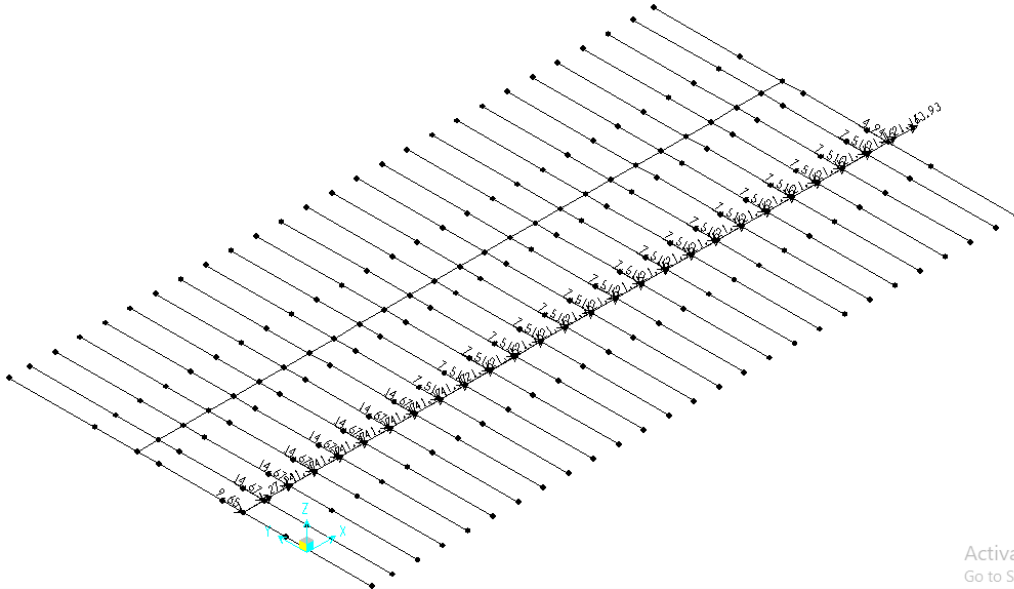
Figura 10.20 – Modello 2 – Forza centrifuga treno LM71 (Load q4_LM71a)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

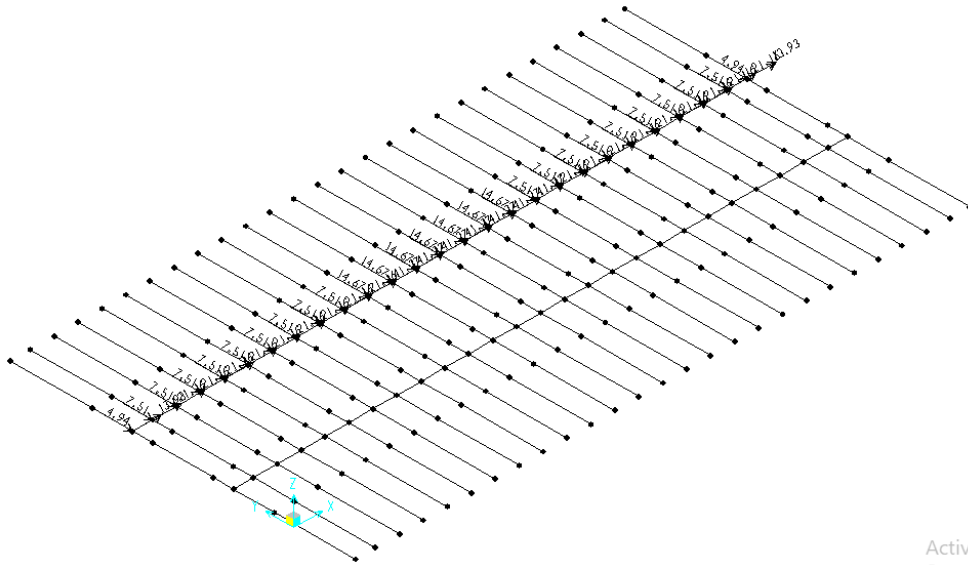
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	57



Activate
Go to Settir

Figura 10.21 – Modello 2 – Forza centrifuga treno LM71 (Load q4_LM71b)



Activat
Go to Settir

Figura 10.22 – Modello 2 – Forza centrifuga treno LM71 (Load q4_LM71c)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	59

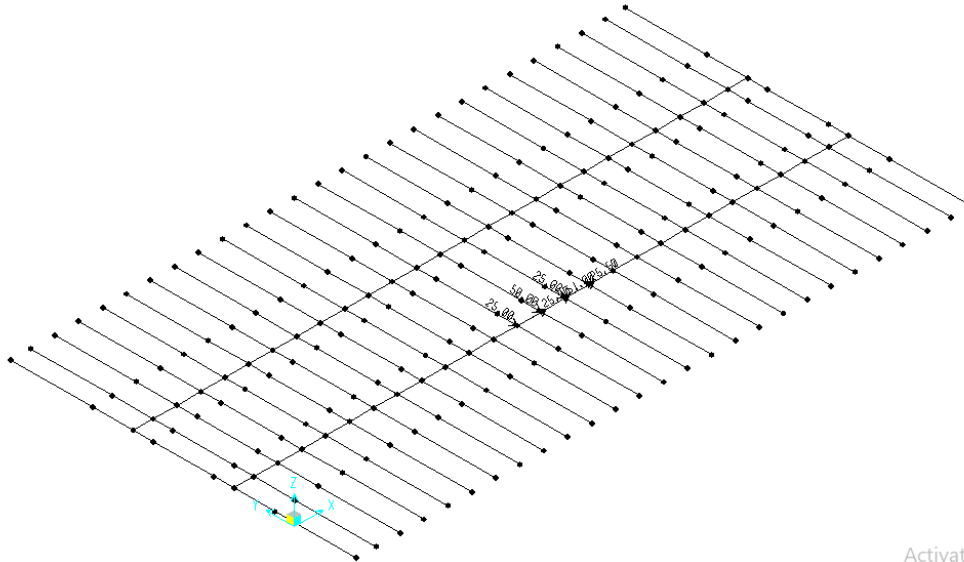


Figura 10.24 – Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) treno SW/2 (Load q5_SW2a)

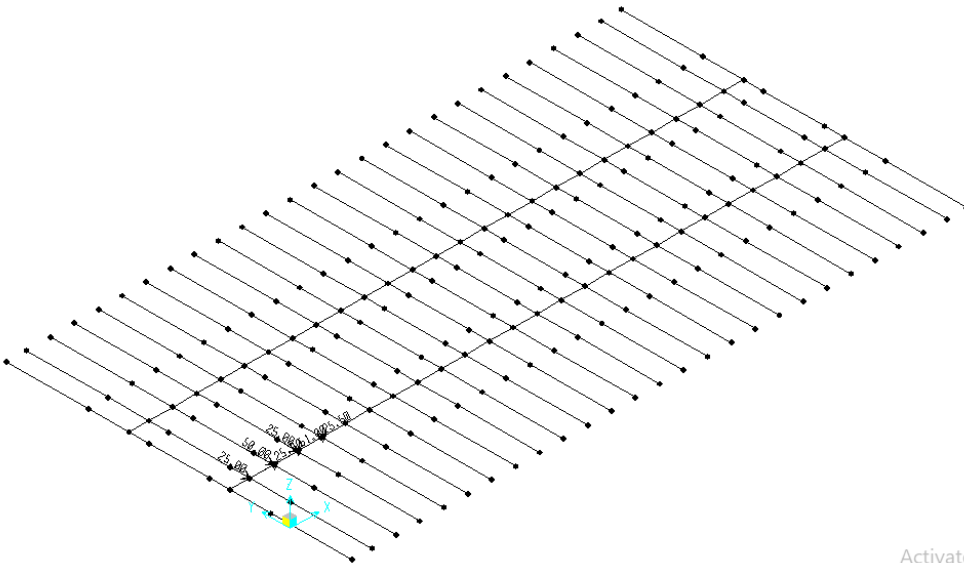
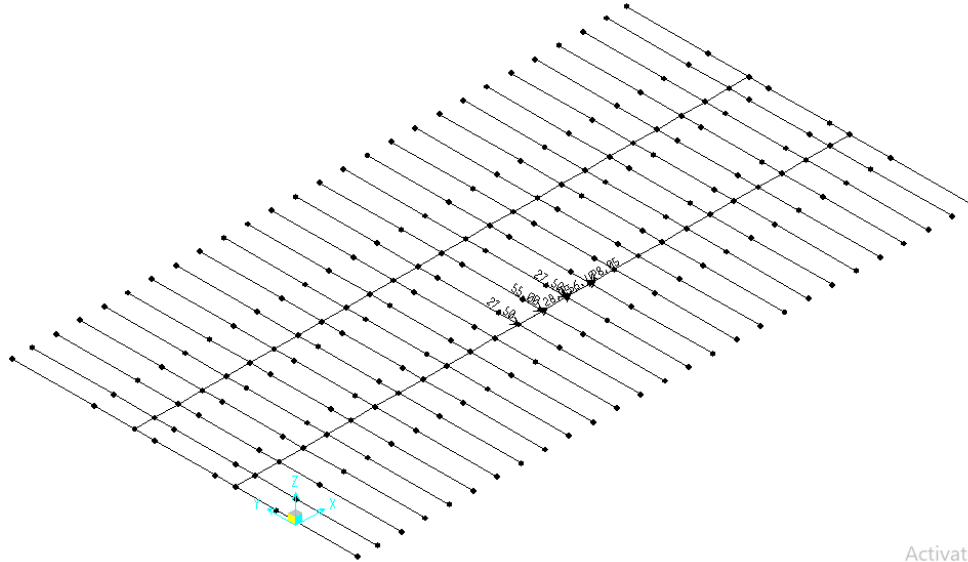


Figura 10.25 – Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) treno SW/2 (Load q5_SW2b)

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

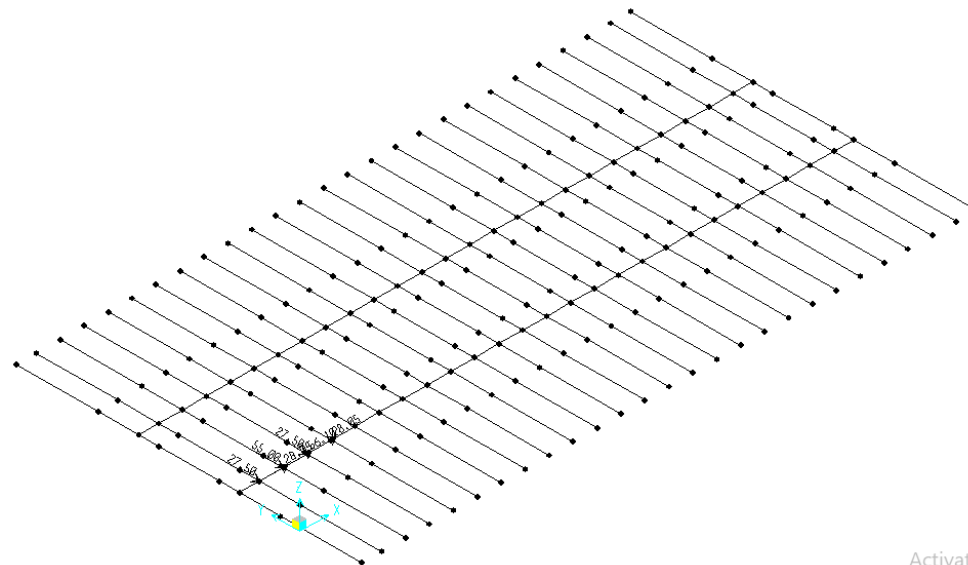
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	60



Activate \

Figura 10.26 – Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) treno LM71 (Load q5_LM71a)



Activate \

Figura 10.27 – Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) treno LM71 (Load q5_LM71b)

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	61

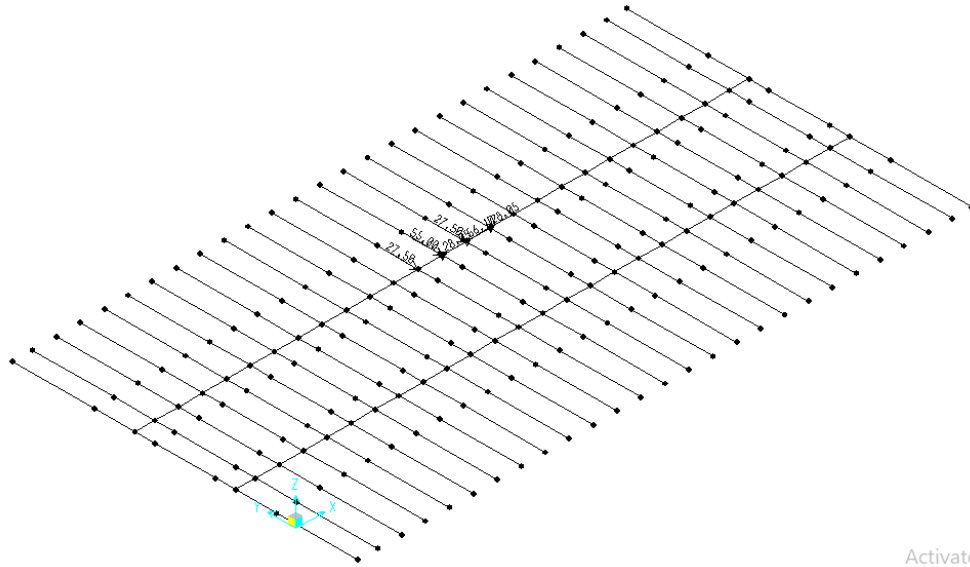


Figura 10.28 – Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) treno LM71 (Load q5_LM71c)

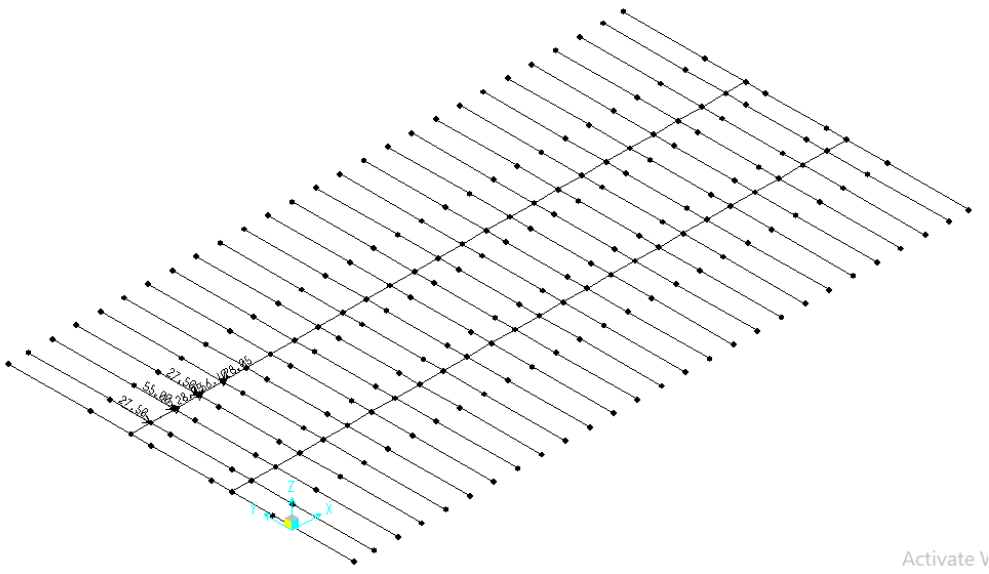


Figura 10.29 – Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) treno LM71 (Load q5_LM71d)

10.4.8 Azioni del vento (Load q6)

I carichi distribuiti generali vento sulle barriere antirumore, la cui entità è illustrata al paragrafo 8.3.1, sono stati applicati quali forze orizzontali trasversali e coppie concentrate agenti nella medesima direzione, ai nodi della soletta posizionati in corrispondenza dei binari.

I valori dei carichi inseriti nel modello sono stati ottenuti da quelli unitari moltiplicando per la larghezza delle sezioni che schematizzano la soletta:

Solette di larghezza 0.95 m:

- Lato direttamente esposto al vento: carico orizzontale: $19.53 \times 0.95 = 18.55 \text{ kN}$
Coppia: $31.35 \times 0.95 = 29.78 \text{ kNm}$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

- Lato opposto: carico orizzontale: $12.90 \times 0.95 = 12.26 \text{ kN}$
Coppia: $37.60 \times 0.95 = 35.72 \text{ kNm}$

Solette di larghezza 0.625 m (estremità):

- Lato direttamente esposto al vento: carico orizzontale: $19.53 \times 0.625 = 12.21 \text{ kN}$
Coppia: $31.35 \times 0.625 = 19.59 \text{ kNm}$
- Lato opposto: carico orizzontale: $12.90 \times 0.625 = 8.06 \text{ kN}$
Coppia: $37.60 \times 0.625 = 23.5 \text{ kNm}$

Le figure seguenti illustrano le applicazioni dei carichi al modello 2:

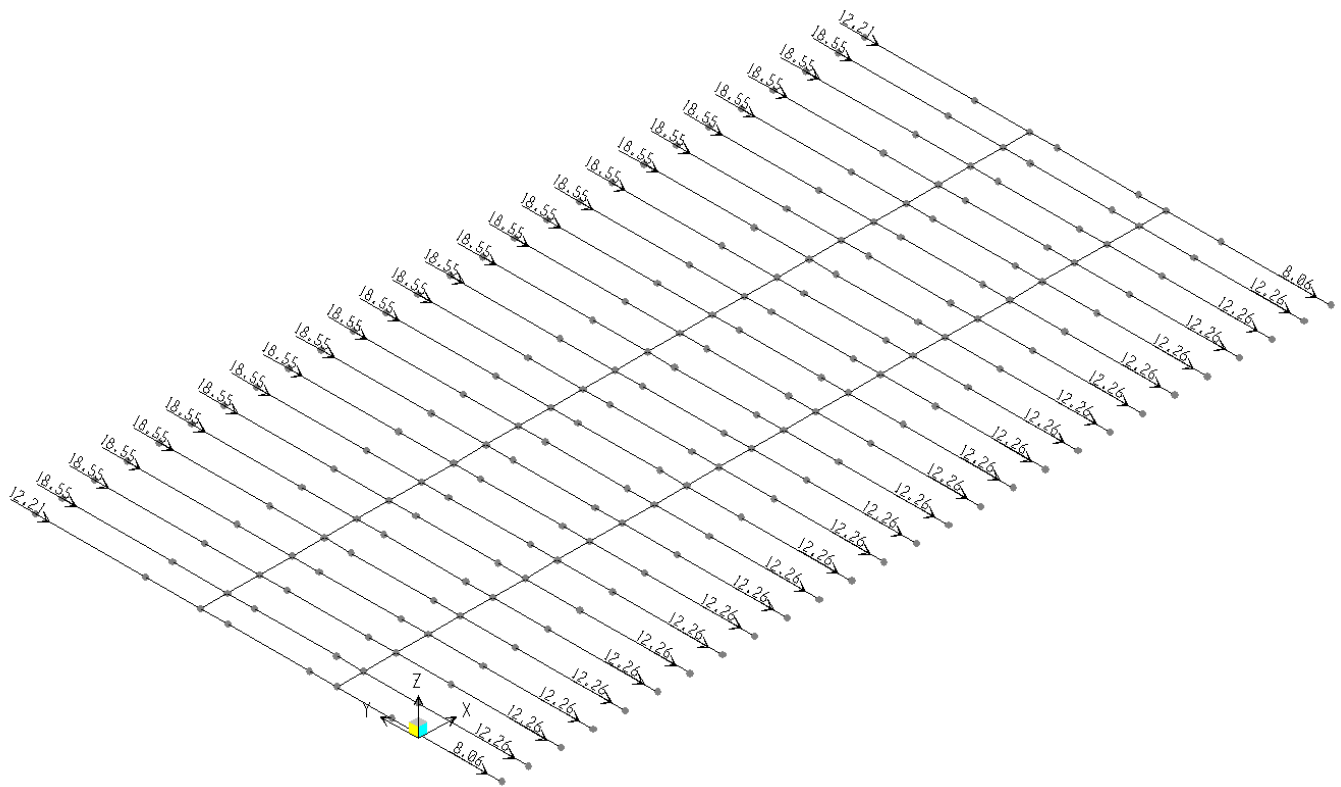


Figura 10.30 – Modello 2 – Azioni del vento (Load q6) – carichi orizzontali trasversali

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	63

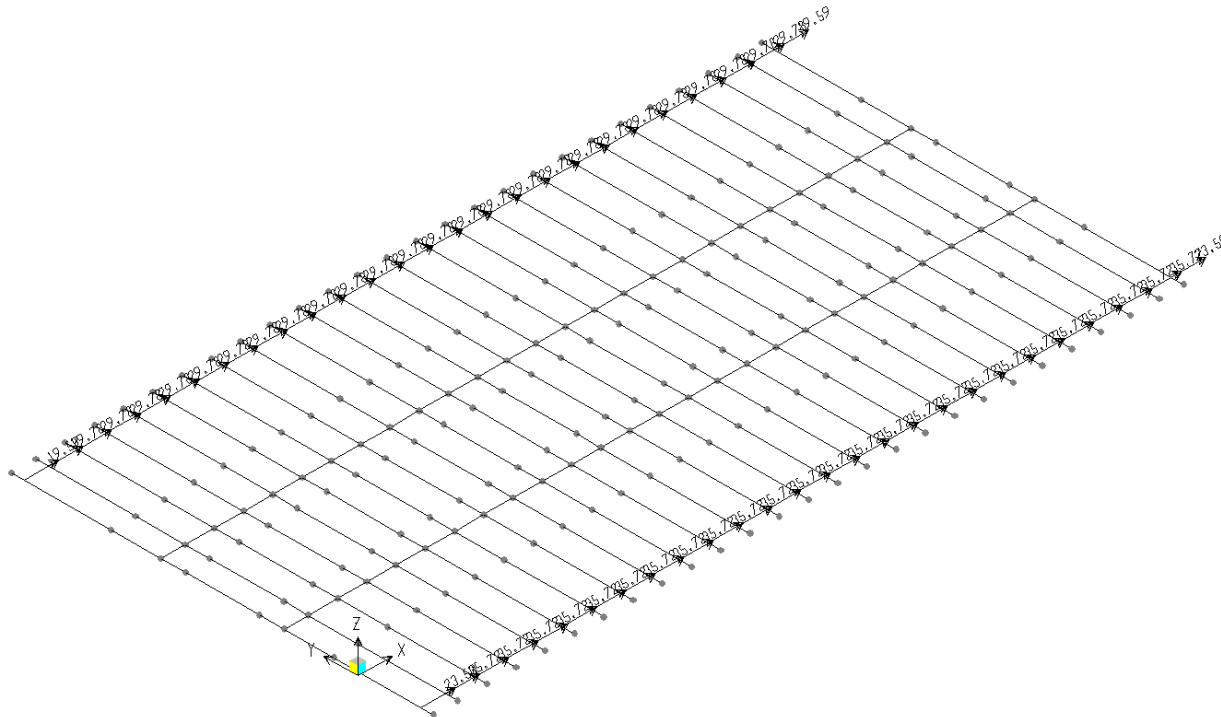


Figura 10.31 – Modello 2 – Azioni del vento (Load q6) – coppie in direzione trasversale

10.5 Caratteristiche della sollecitazione

10.5.1 Modello 1a – peso proprio travi prefabbricate e trasversi

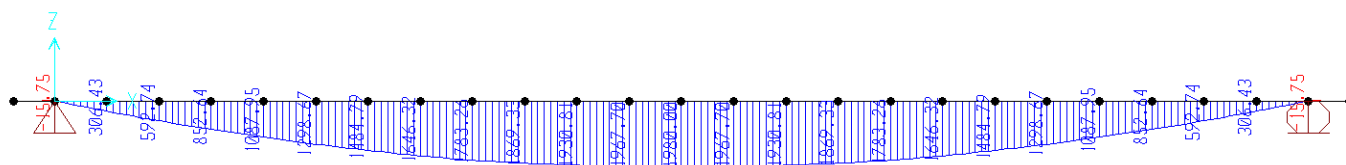


Figura 10.32 – Load g1a – Momenti flettenti M33

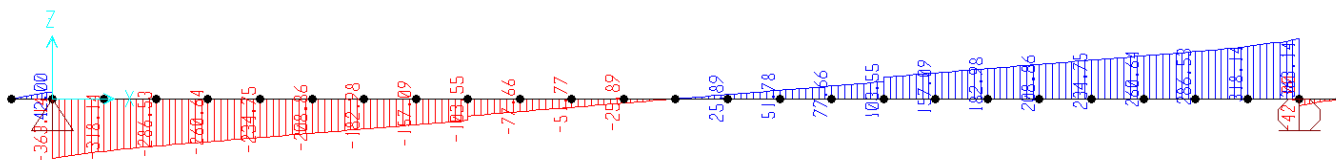


Figura 10.33 – Load g1a – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

10.5.2 Modello 1b - peso proprio soletta

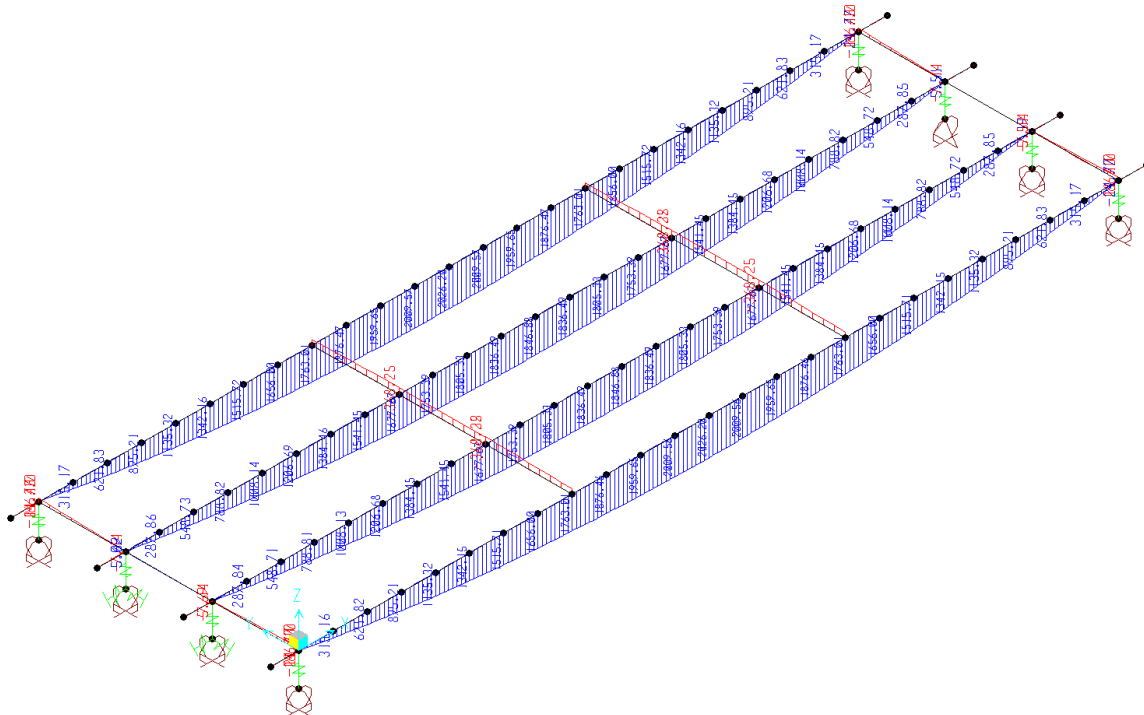


Figura 10.34 – Load g1b – Momenti flettenti M33

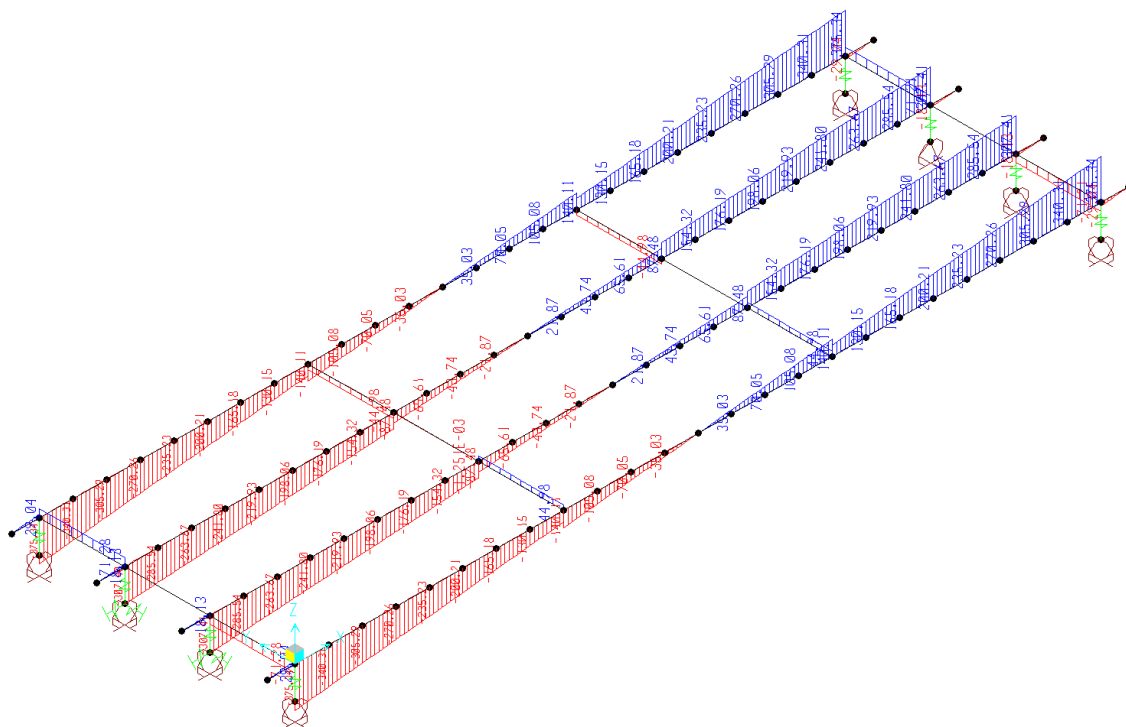


Figura 10.35 – Load g1b – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	65

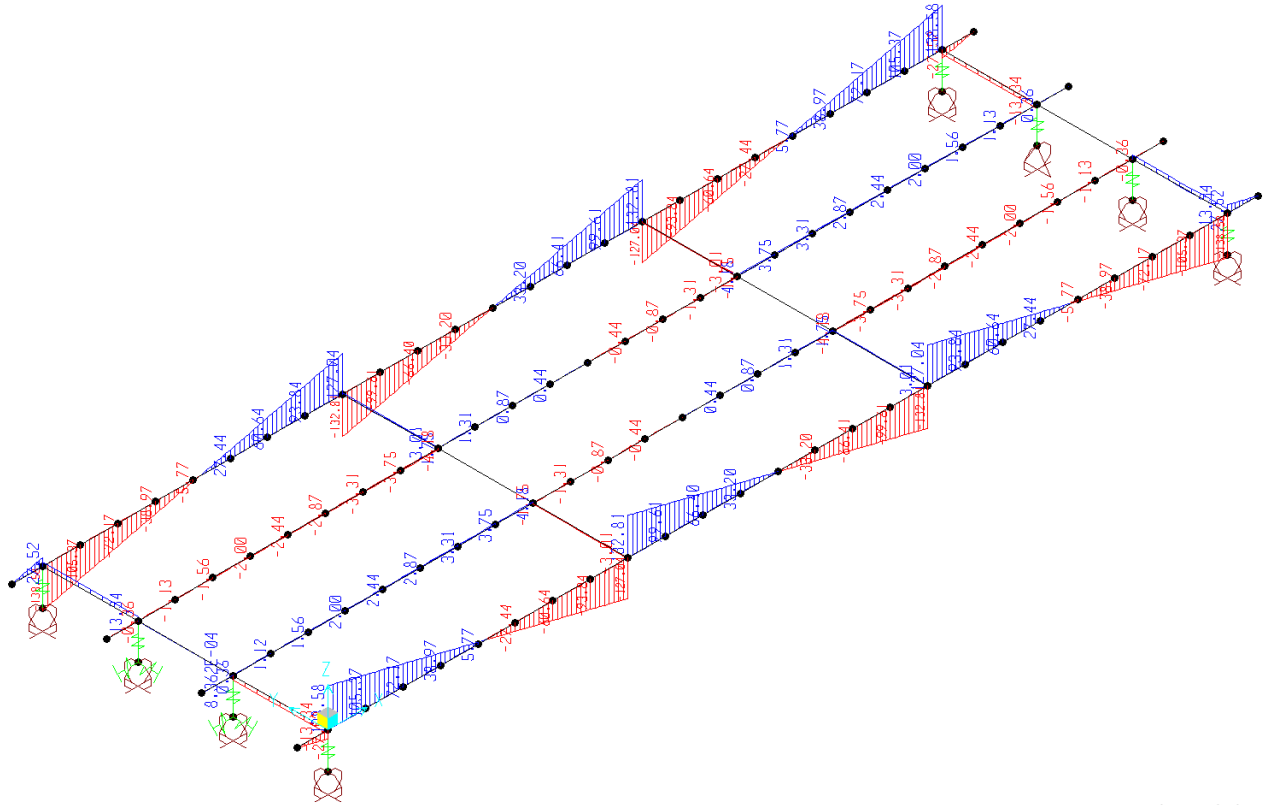


Figura 10.36 – Load g1b – Momenti Torcenti T

10.5.3 Modello 2 – permanenti portati

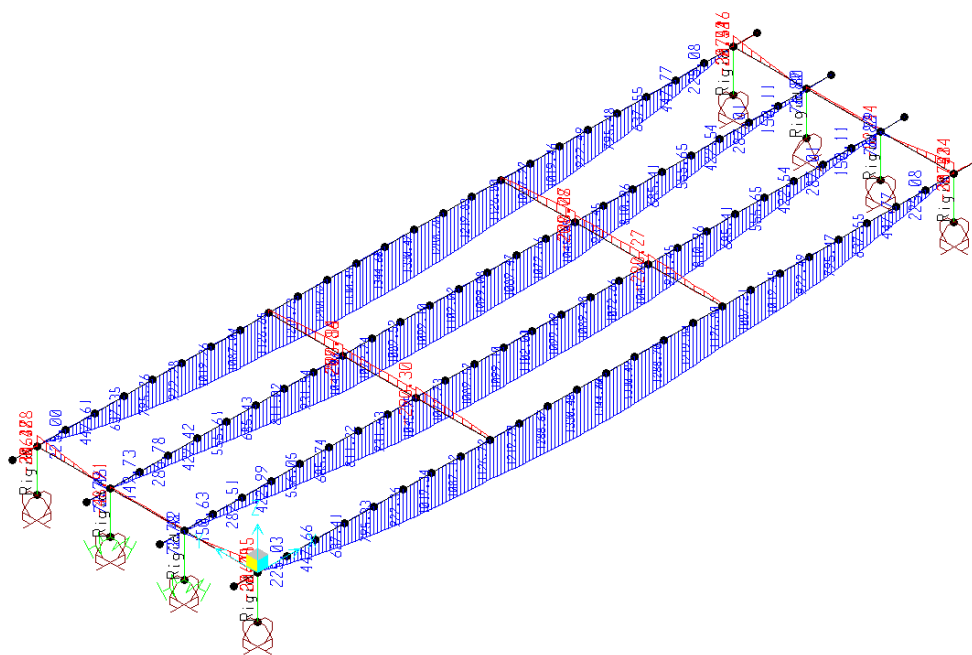


Figura 10.37 – Load g2 – Momenti flettenti M33

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	66

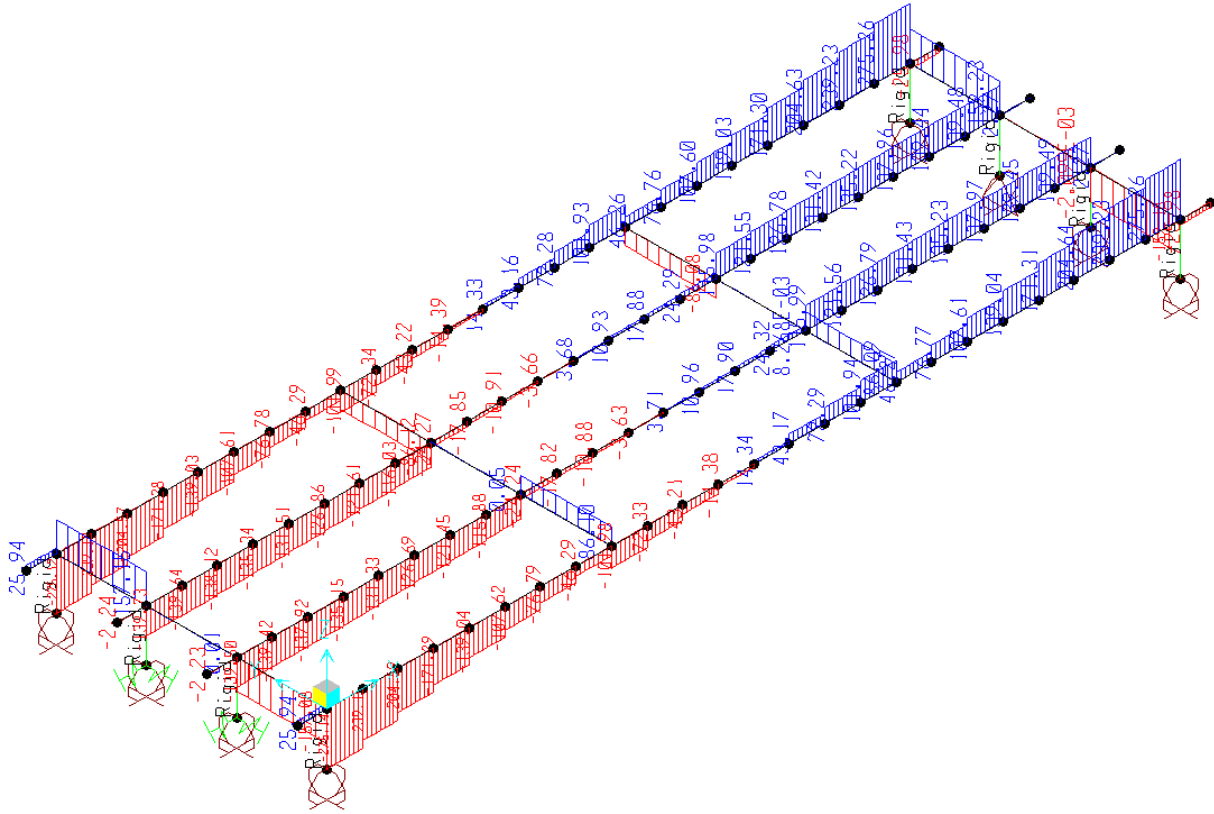


Figura 10.38 – Load g2 – Sforzi di taglio V22

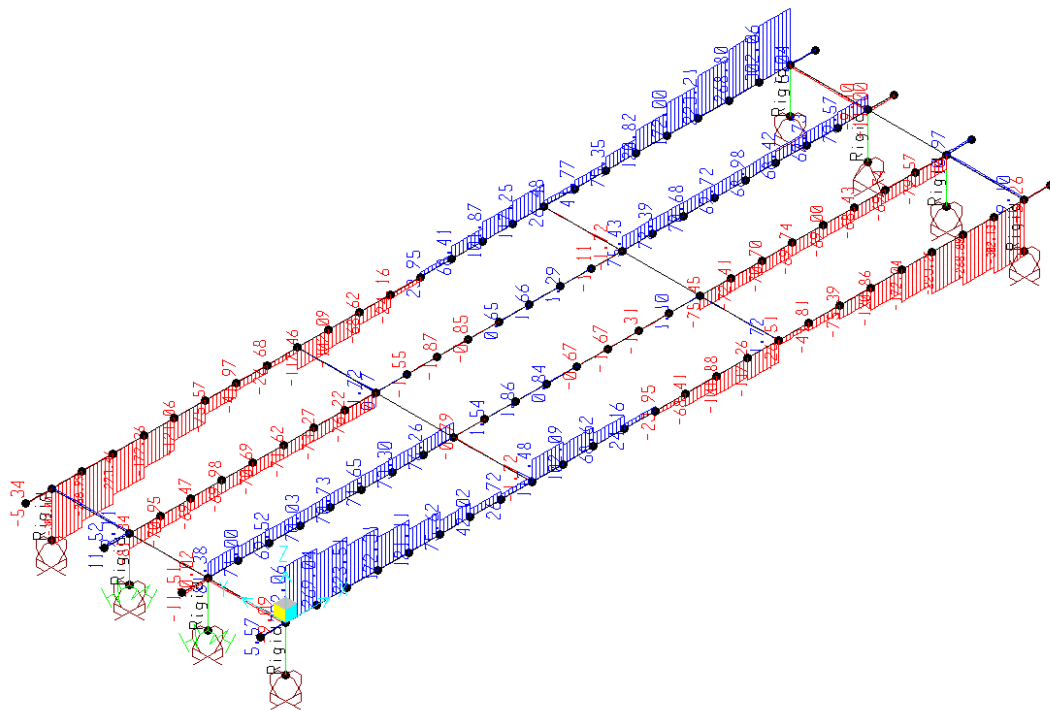


Figura 10.39 – Load g2 – Momenti Torcenti T

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01 00	001	B	67

10.5.4 Modello 2 – Ballast

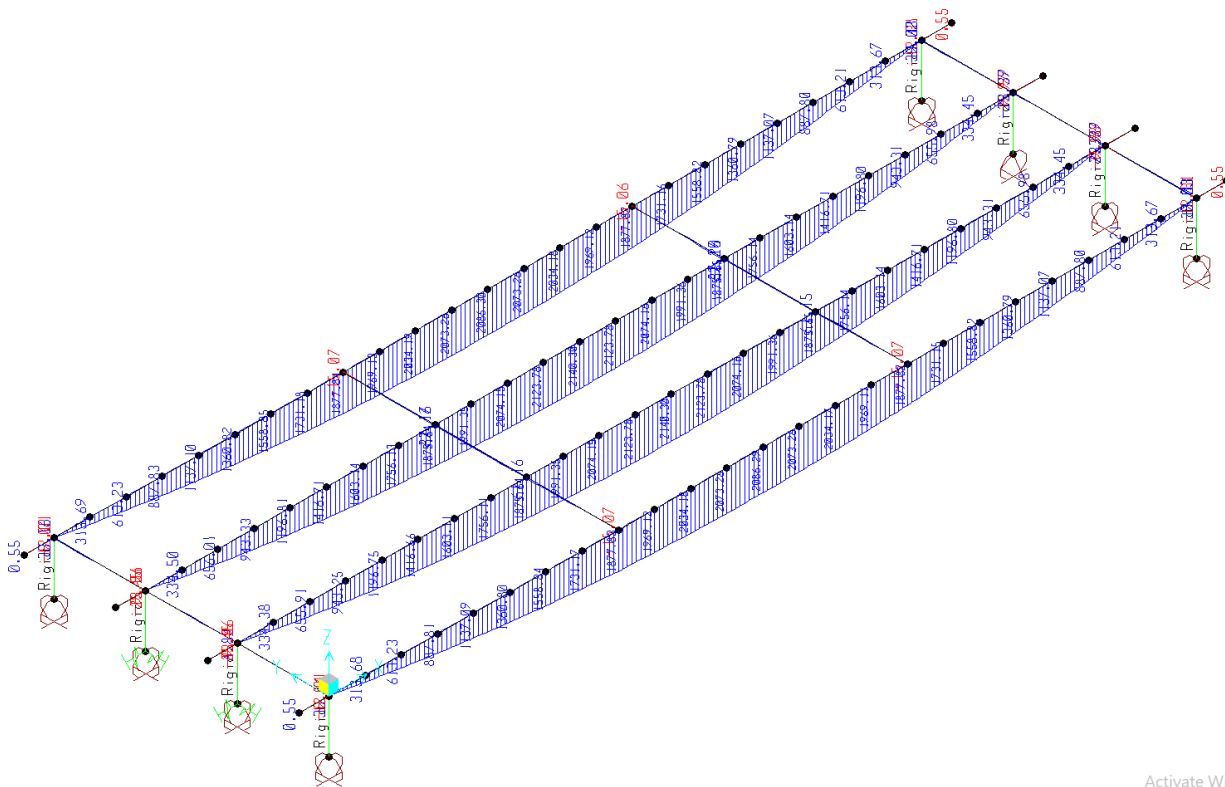


Figura 10.40 – Load gb – Momenti flettenti M33

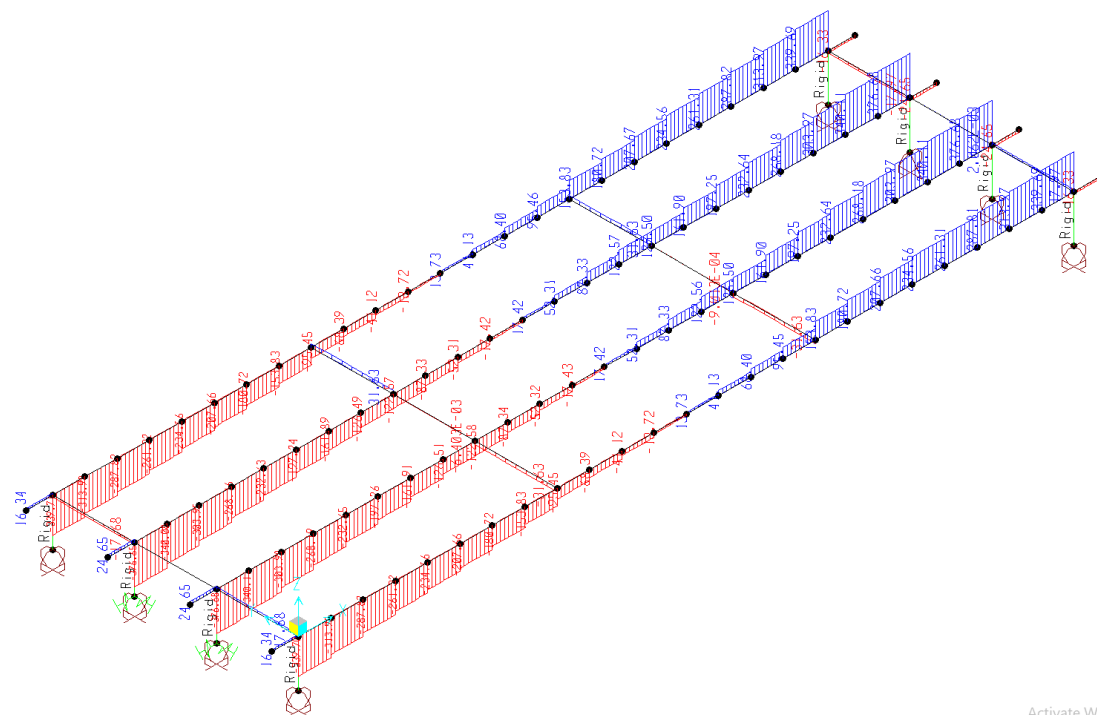
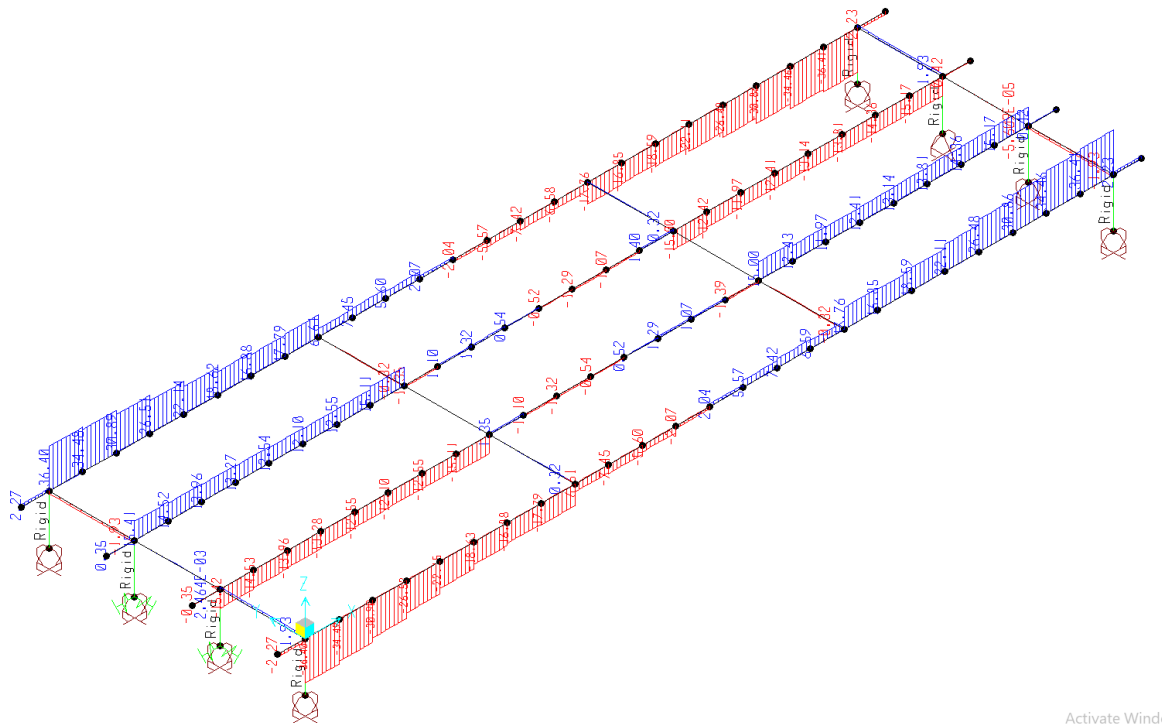


Figura 10.41 – Load gb – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	68



Activate Wind

Figura 10.42 – Load gb – Momenti Torcenti T

10.5.5 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno SW2+LM71

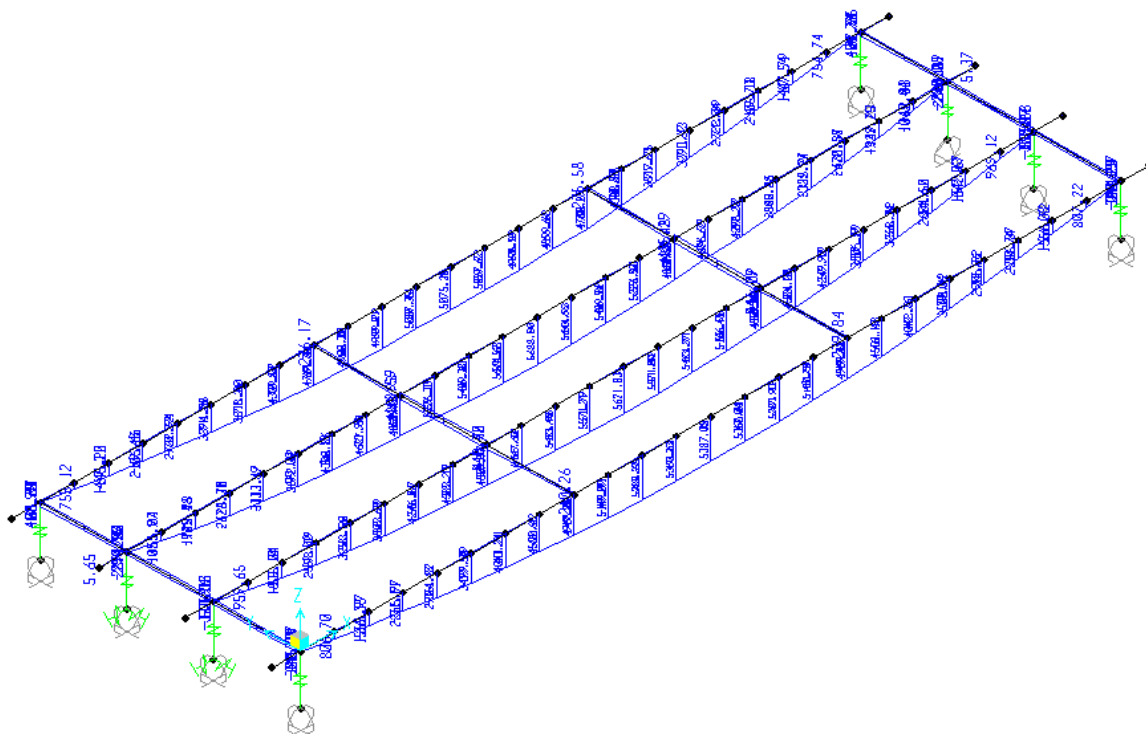


Figura 10.43 – Move M-SW2+LM71 – Momenti flettenti M33

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	69

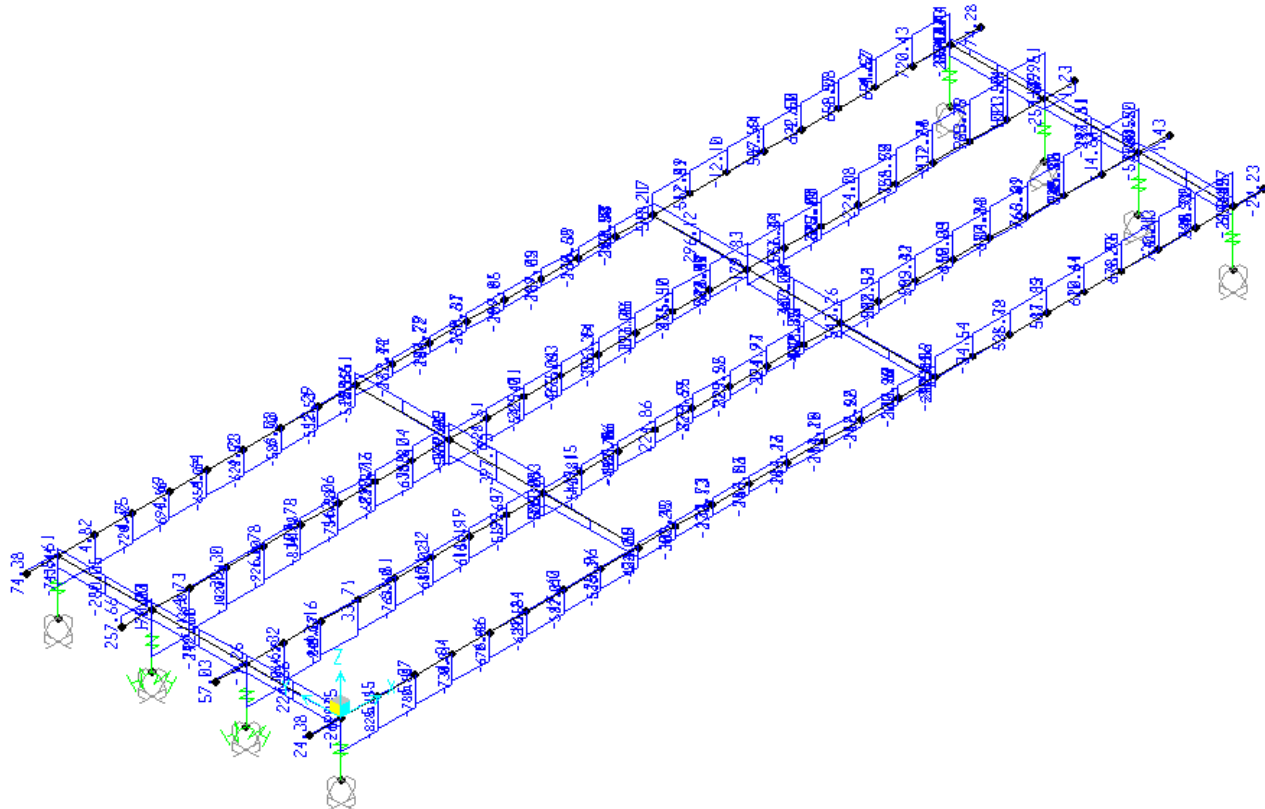


Figura 10.44 – Move M- SW2+LM71 – Sforzi di taglio V22

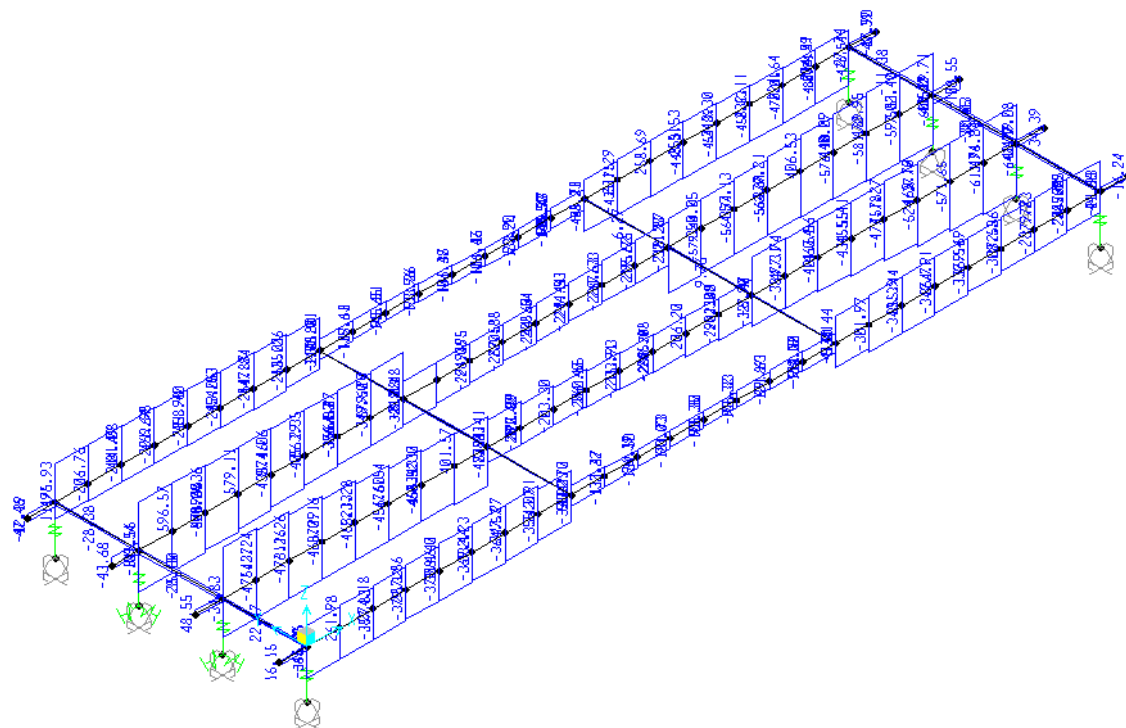


Figura 10.45 – Move M- SW2+LM71 – Momenti Torcenti T

Act
Go

Ac
Go

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	70

10.5.6 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno LM71+LM71

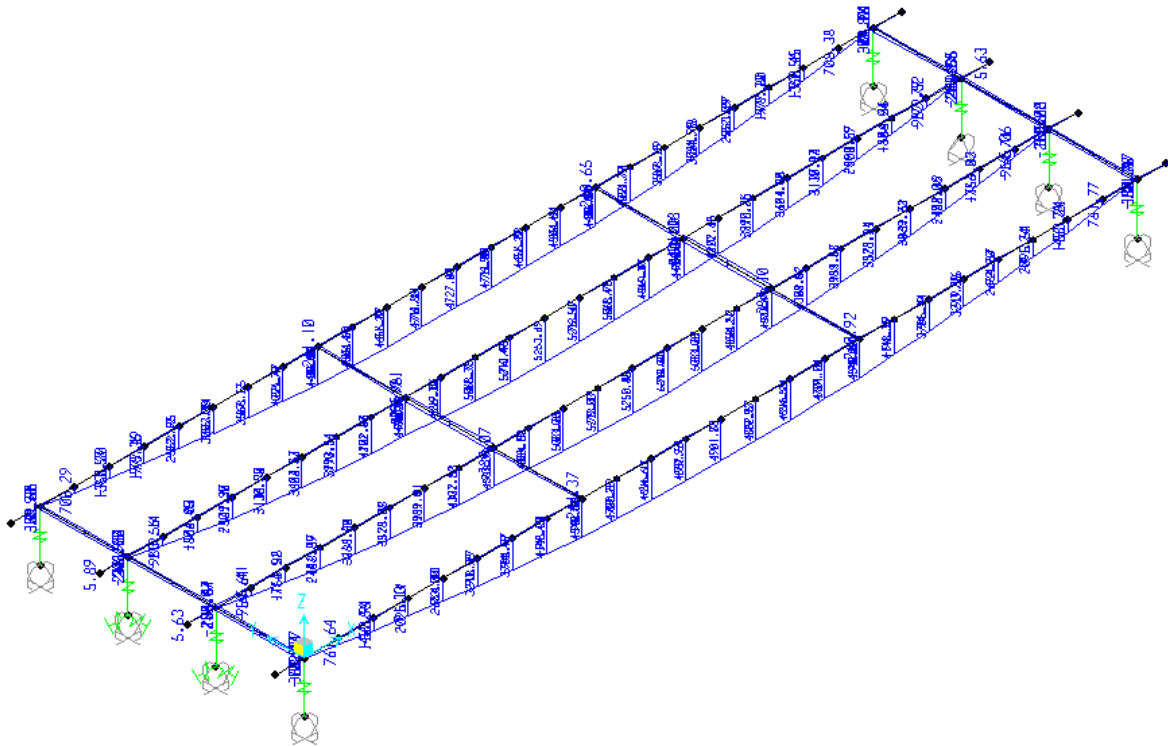


Figura 10.46 – Move M-LM71+LM71 – Momenti flettenti M33

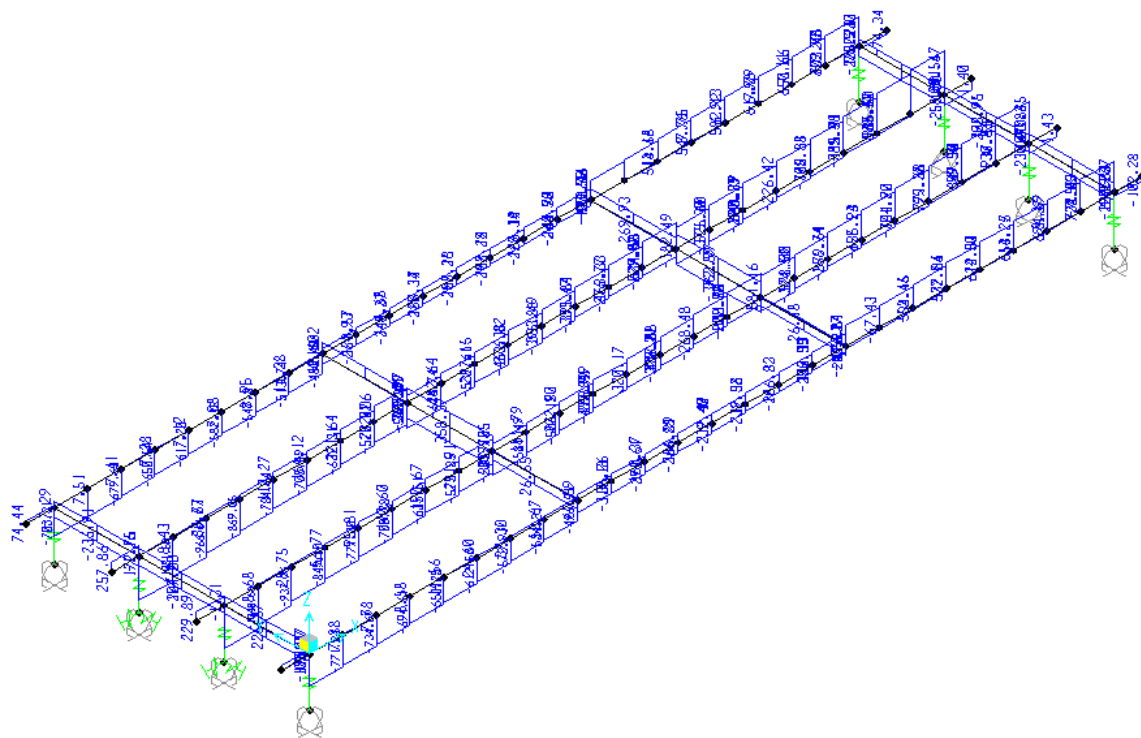


Figura 10.47 – Move M- LM71+LM71 – Sforzi di taglio V22

A
G

A
C

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	71

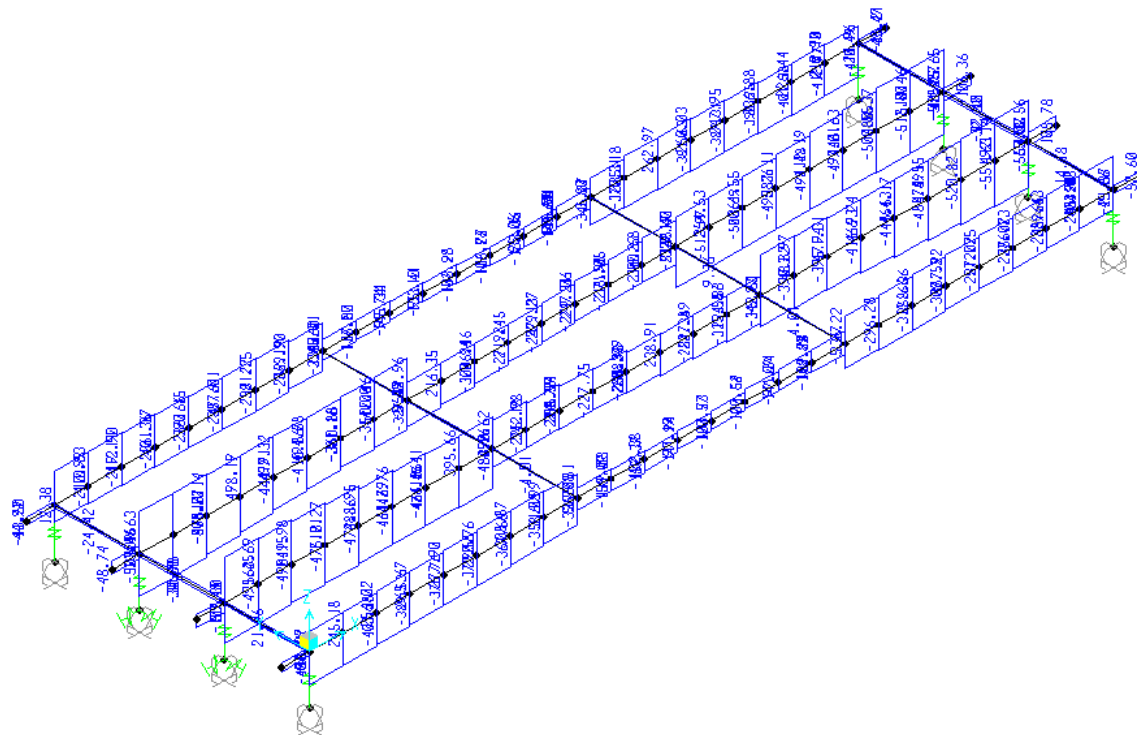


Figura 10.48 – Move M- LM71+LM71 – Momenti Torcenti T

10.5.7 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno SW/2

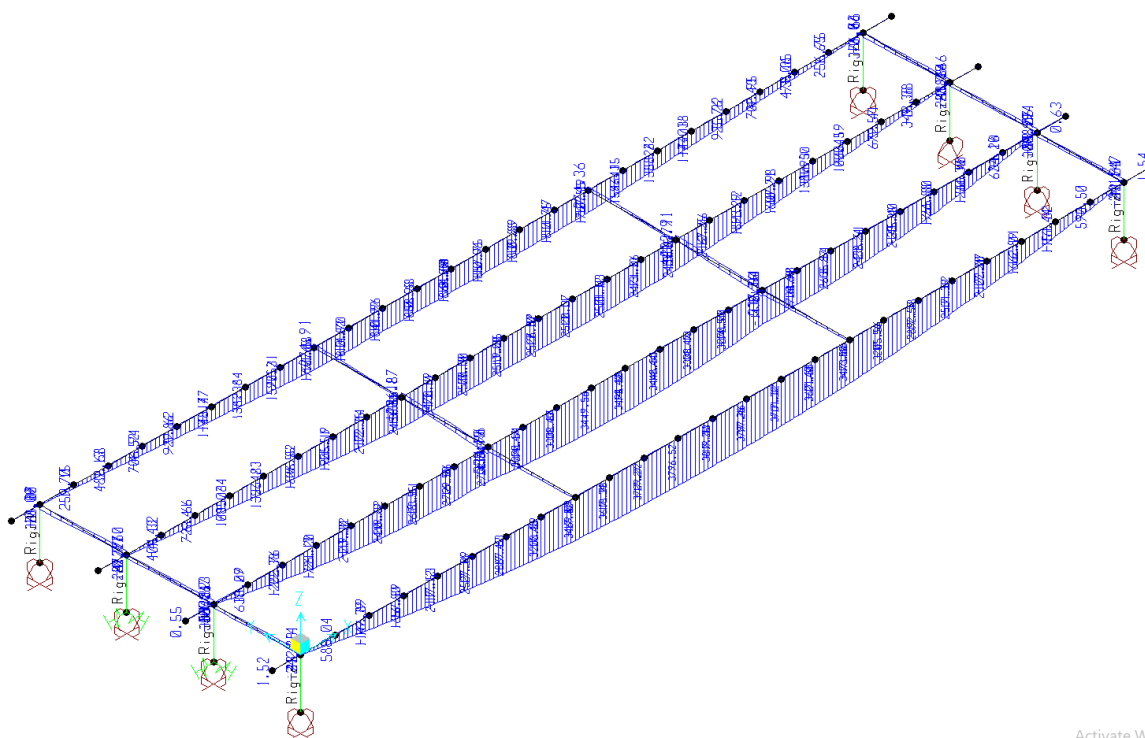


Figura 10.49 – Move M-SW2 – Momenti flettenti M33

Activate Wind

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	72

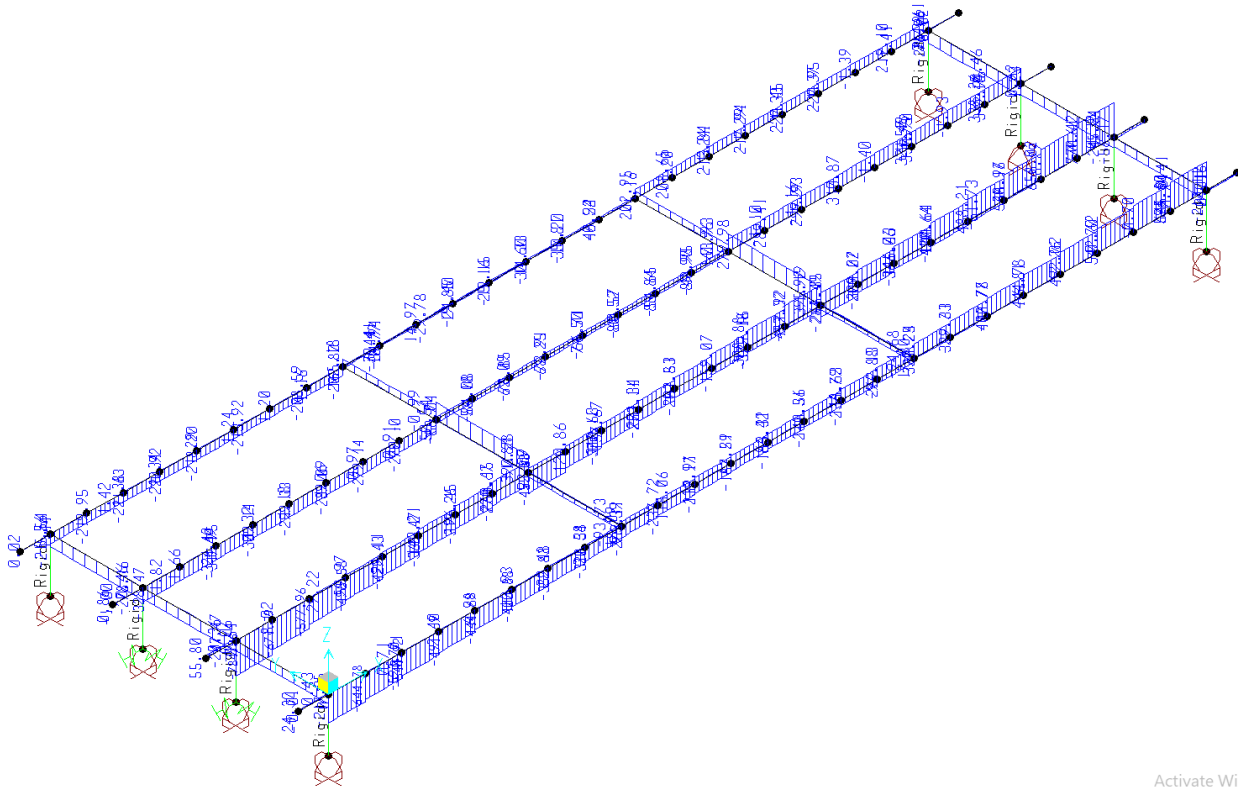


Figura 10.50 – Move M-SW2– Sforzi di taglio V22

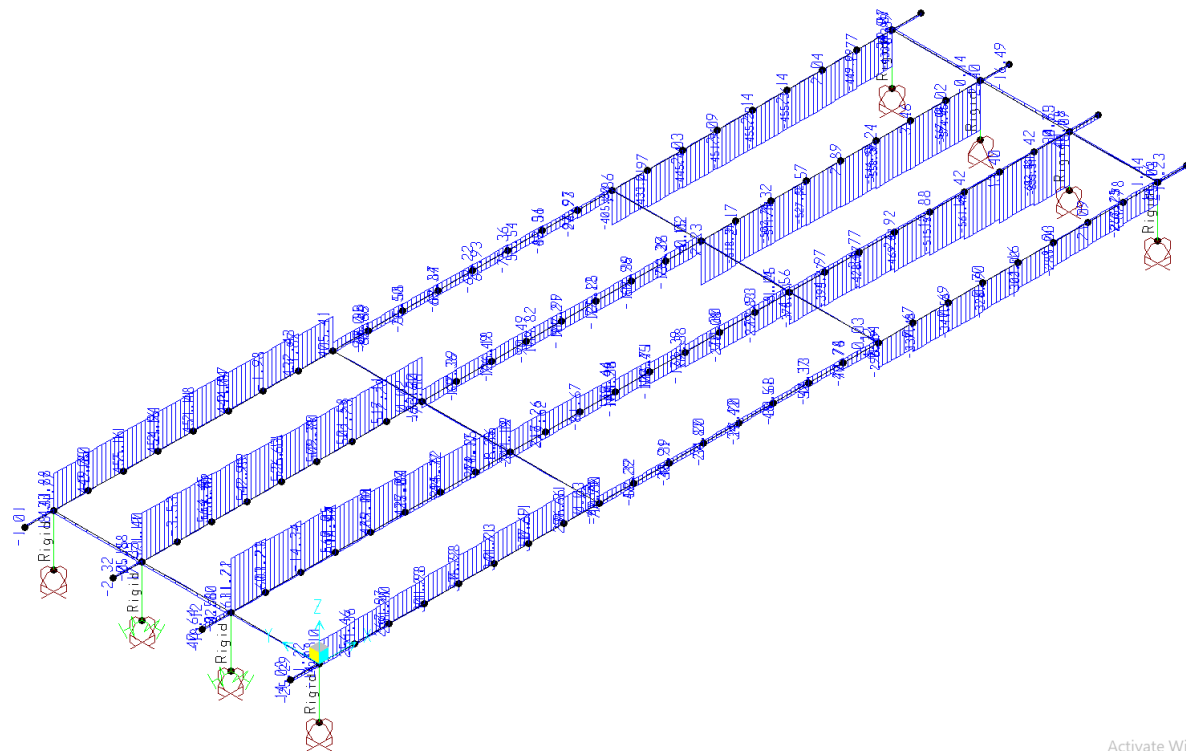


Figura 10.51 – Move M-SW2– Momenti Torcenti T

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	73

10.5.8 Modello 2 – Azioni variabili verticali – Treno LM71

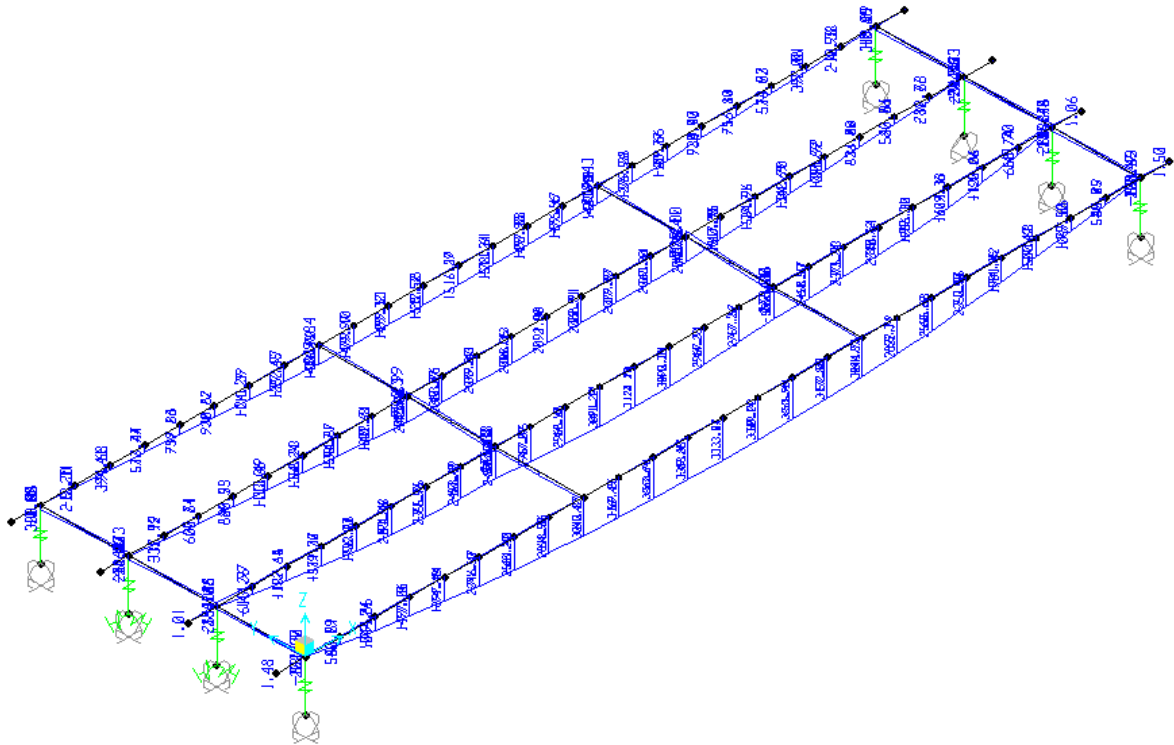


Figura 10.52 – Move M-LM71 – Momenti flettenti M33

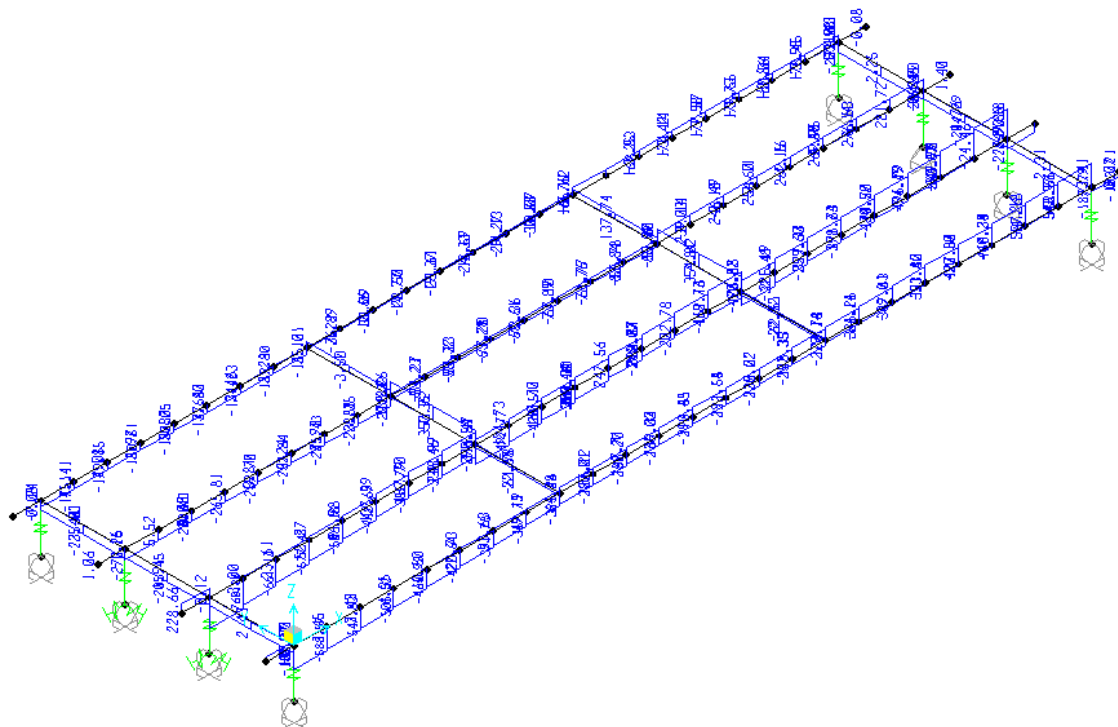


Figura 10.53 – Move M- LM71– Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	74

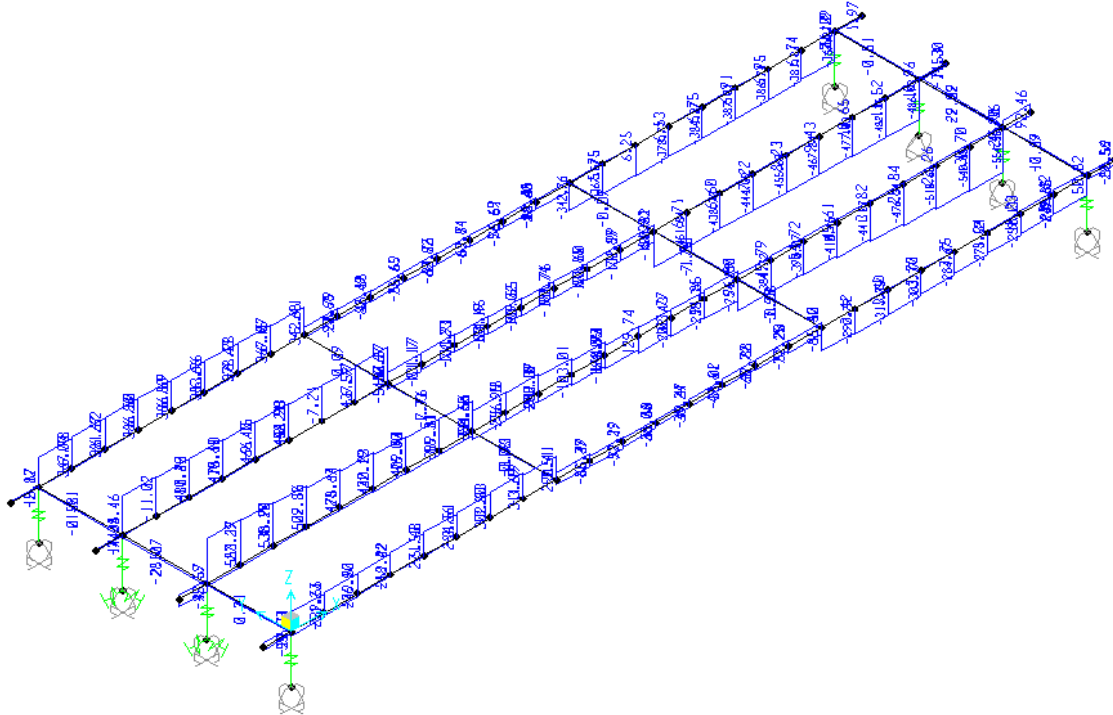


Figura 10.54 – Move M- LM71– Momenti Torcenti T

10.5.9 Modello 2 – Forza centrifuga – Treno SW/2

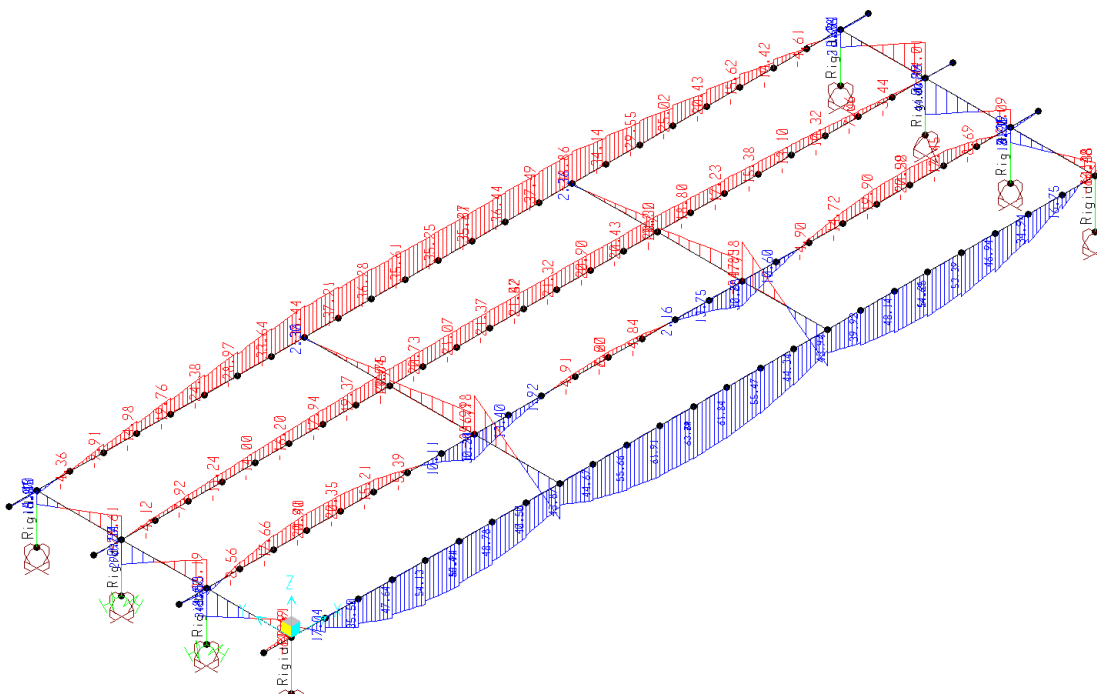


Figura 10.55 – Load q4_SW2 – Momenti flettenti M3

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	75

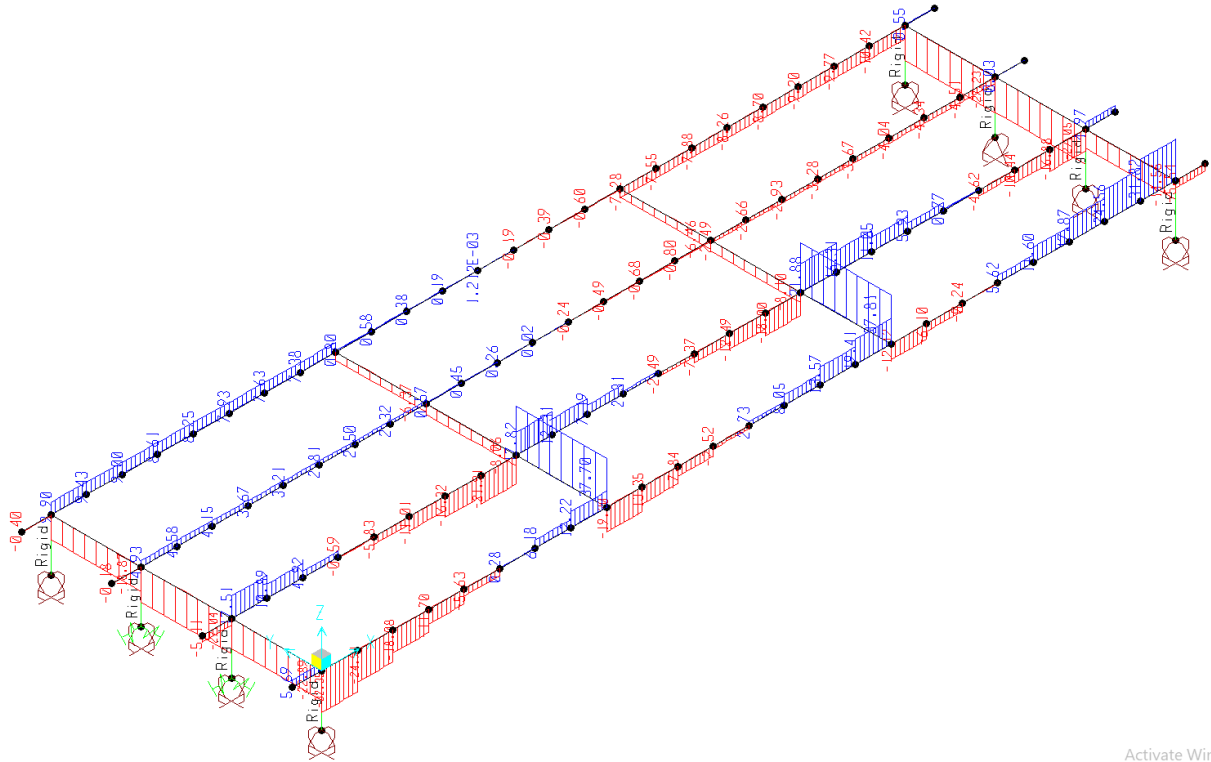


Figura 10.56 – Load q4_SW2 – Sforzi di taglio V22

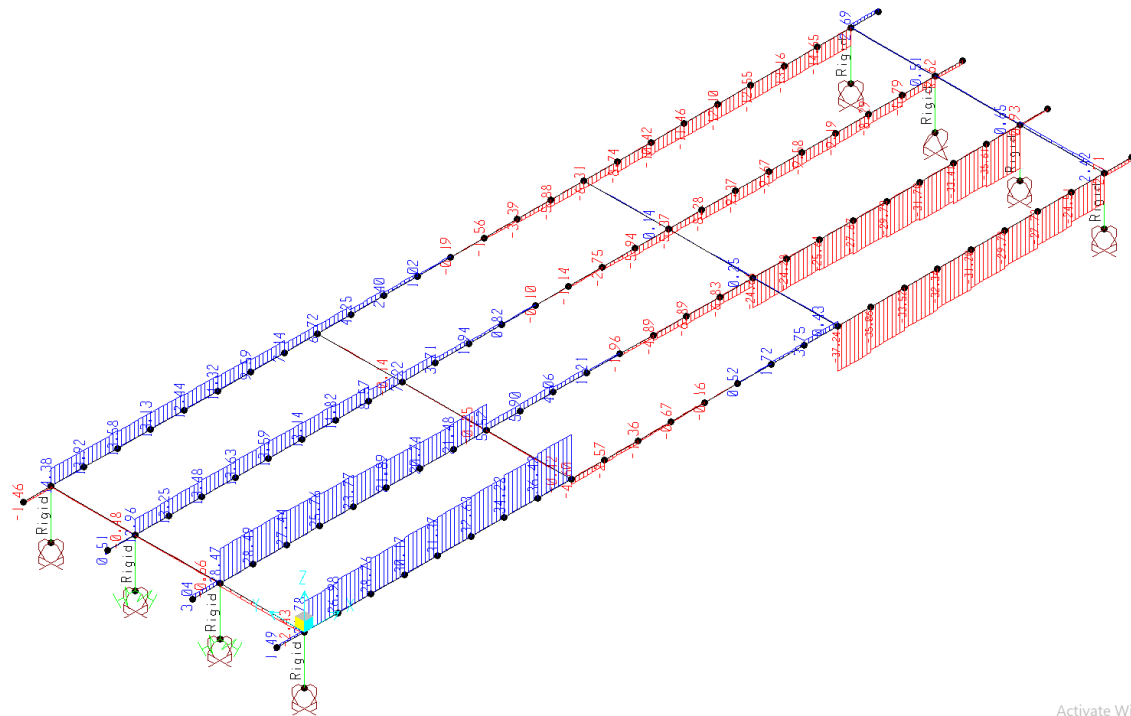


Figura 10.57 – Load q4_SW2 – Momenti Torcenti T

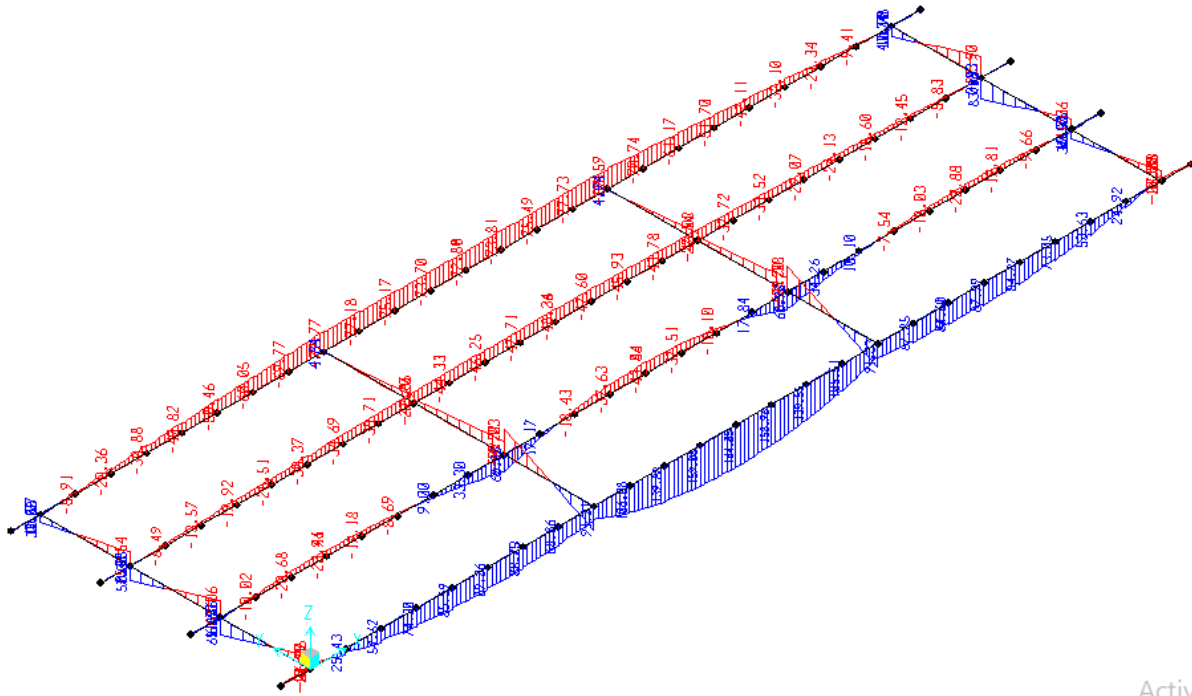
LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

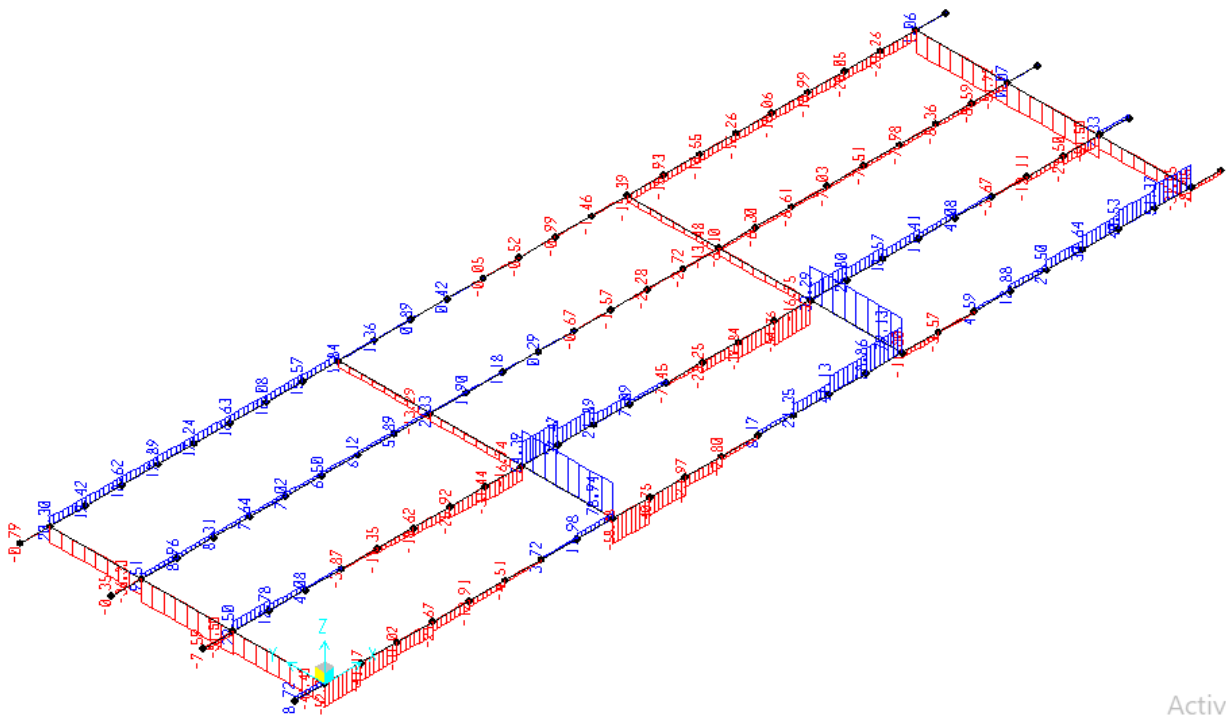
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	76

10.5.10 Modello 2 – Forza centrifuga – Treno LM71



Activat

Figura 10.58 – Load q4_LM71a – Momenti flettenti M33



Activat

Figura 10.59 – Load q4_LM71a – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	77

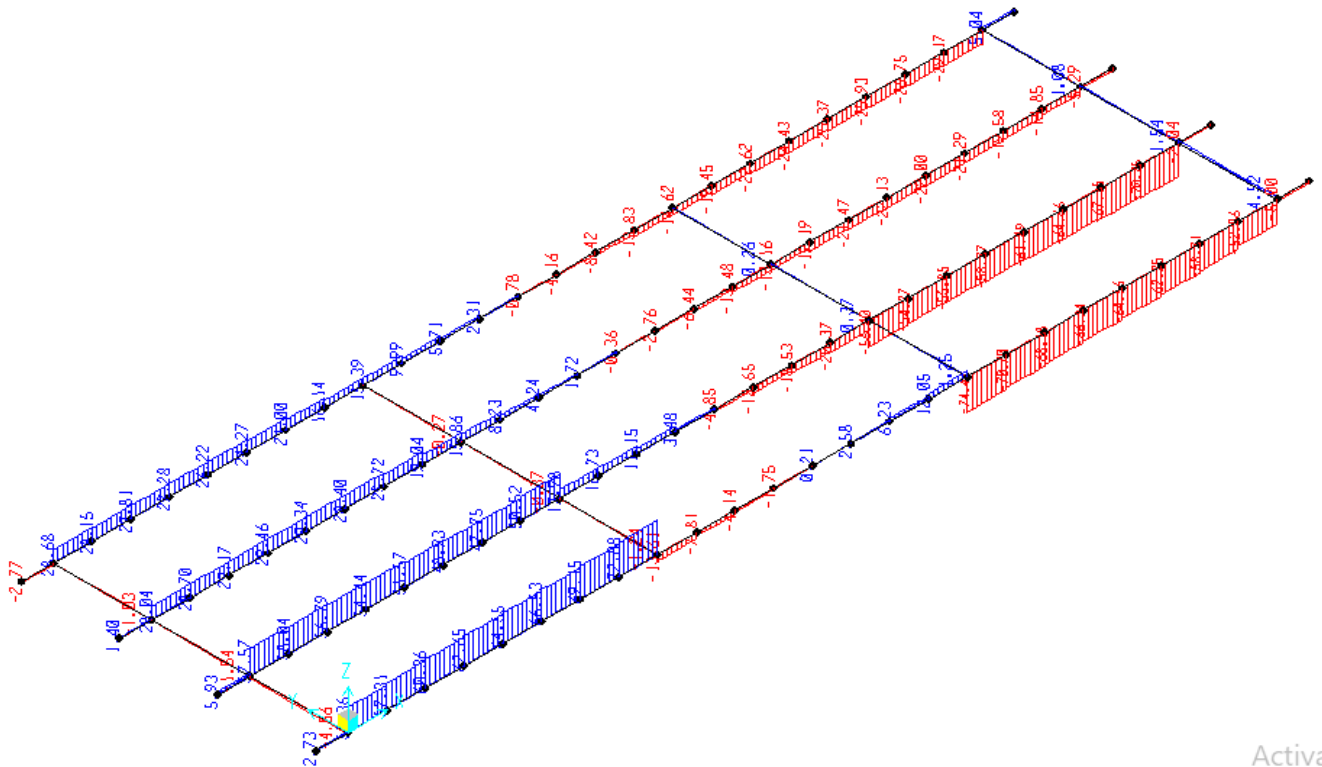


Figura 10.60 – Load q4_LM71a – Momenti Torcenti T

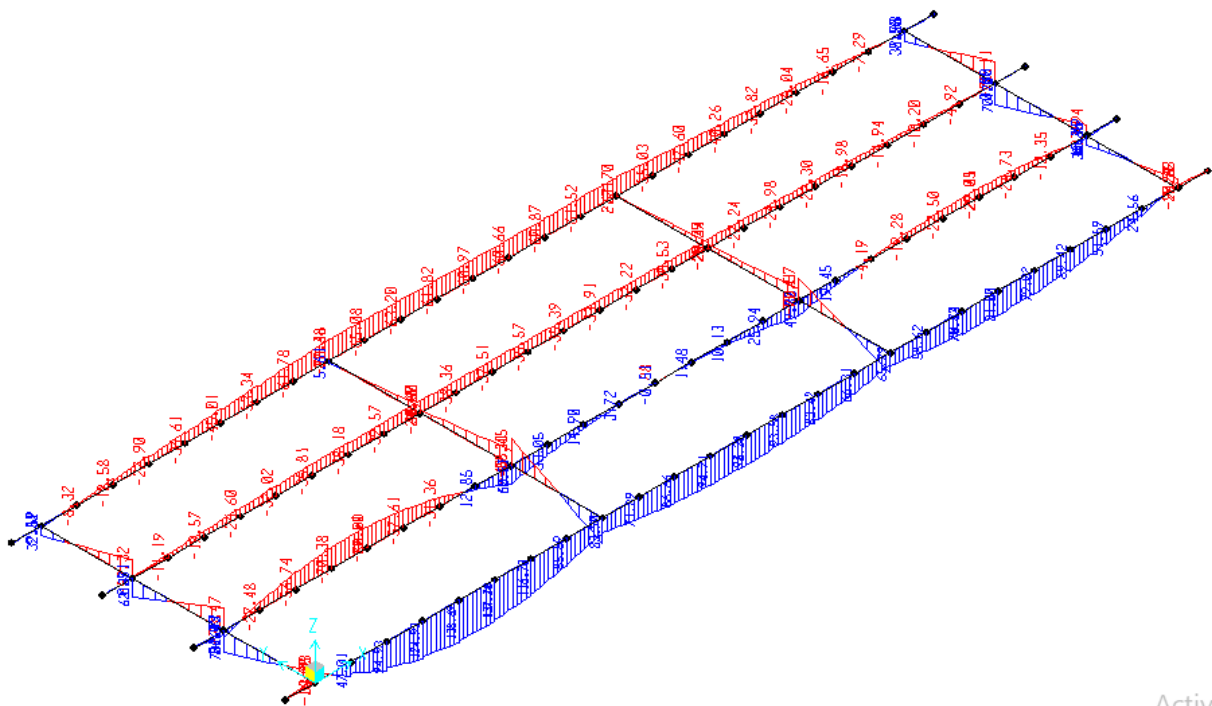


Figura 10.61 – Load q4_LM71b – Momenti flettenti M33

Activate

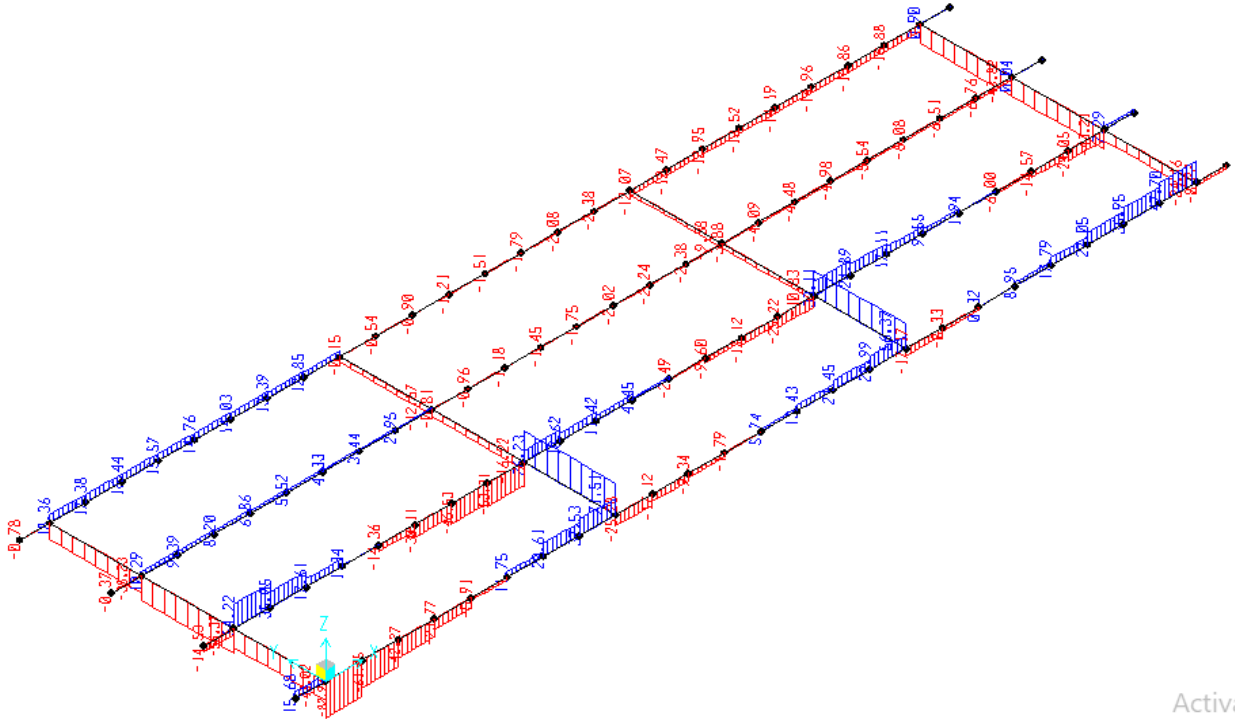
Activat

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

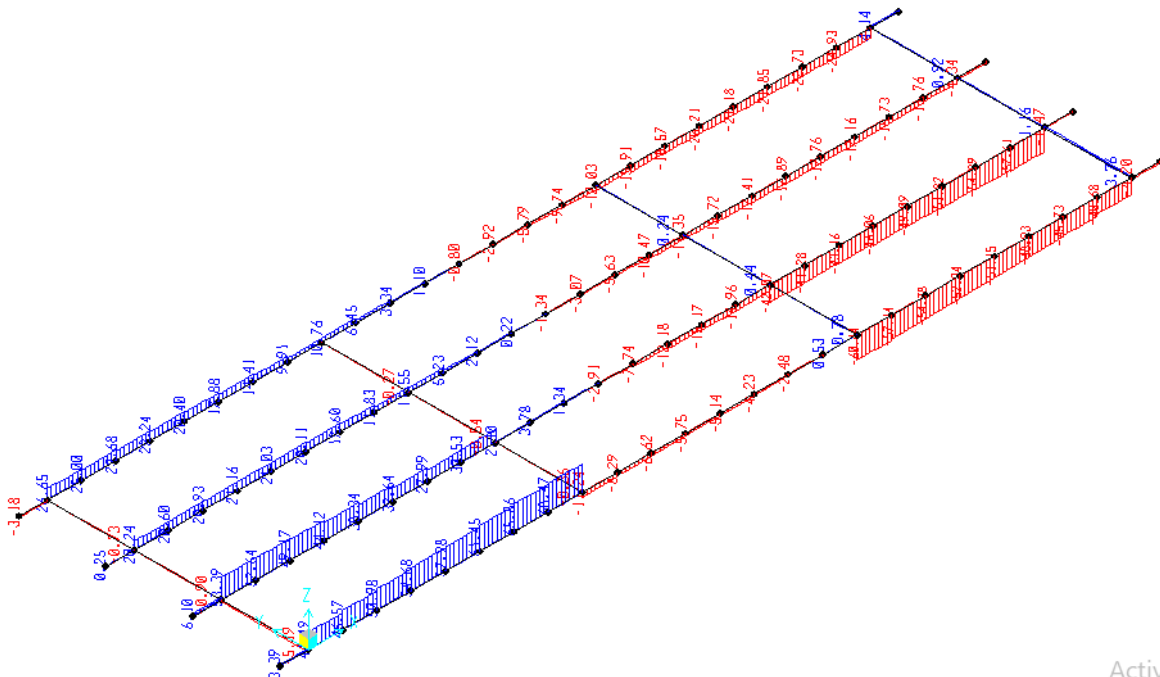
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	78



Activat
Go to Se

Figura 10.62 – Load q4_LM71b – Sforzi di taglio V22



Activat
Go to Se

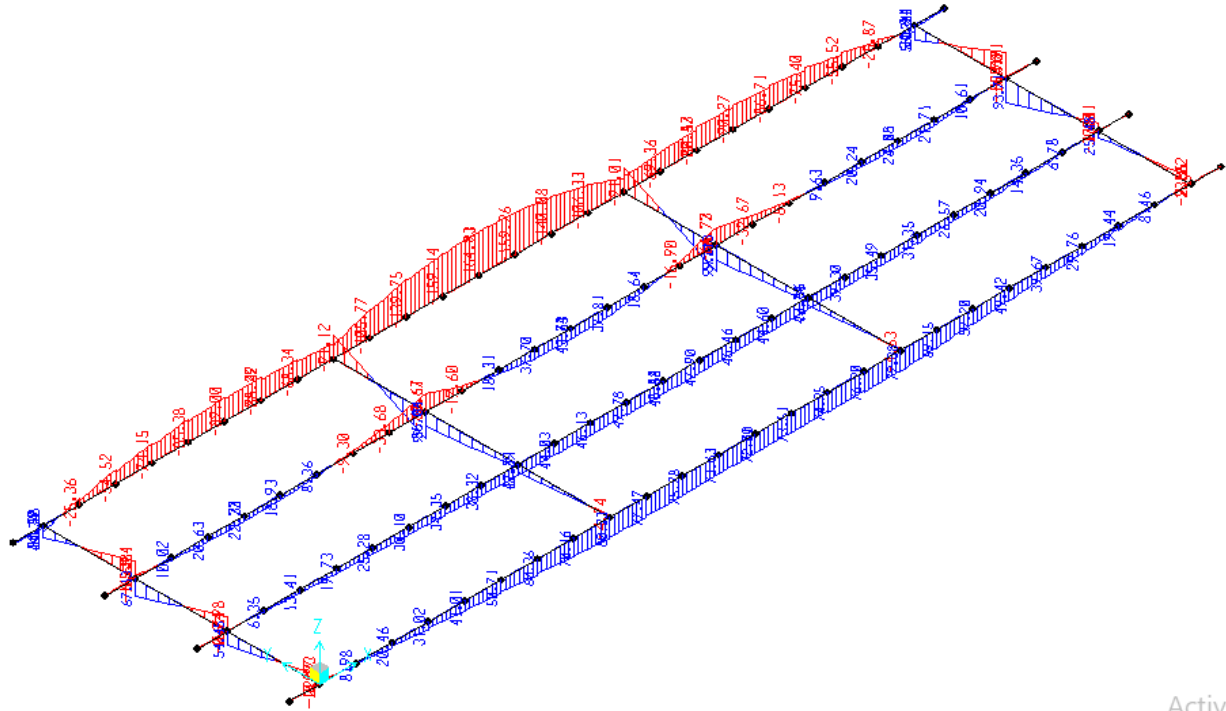
Figura 10.63 – Load q4_LM71b – Momenti Torcenti T

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

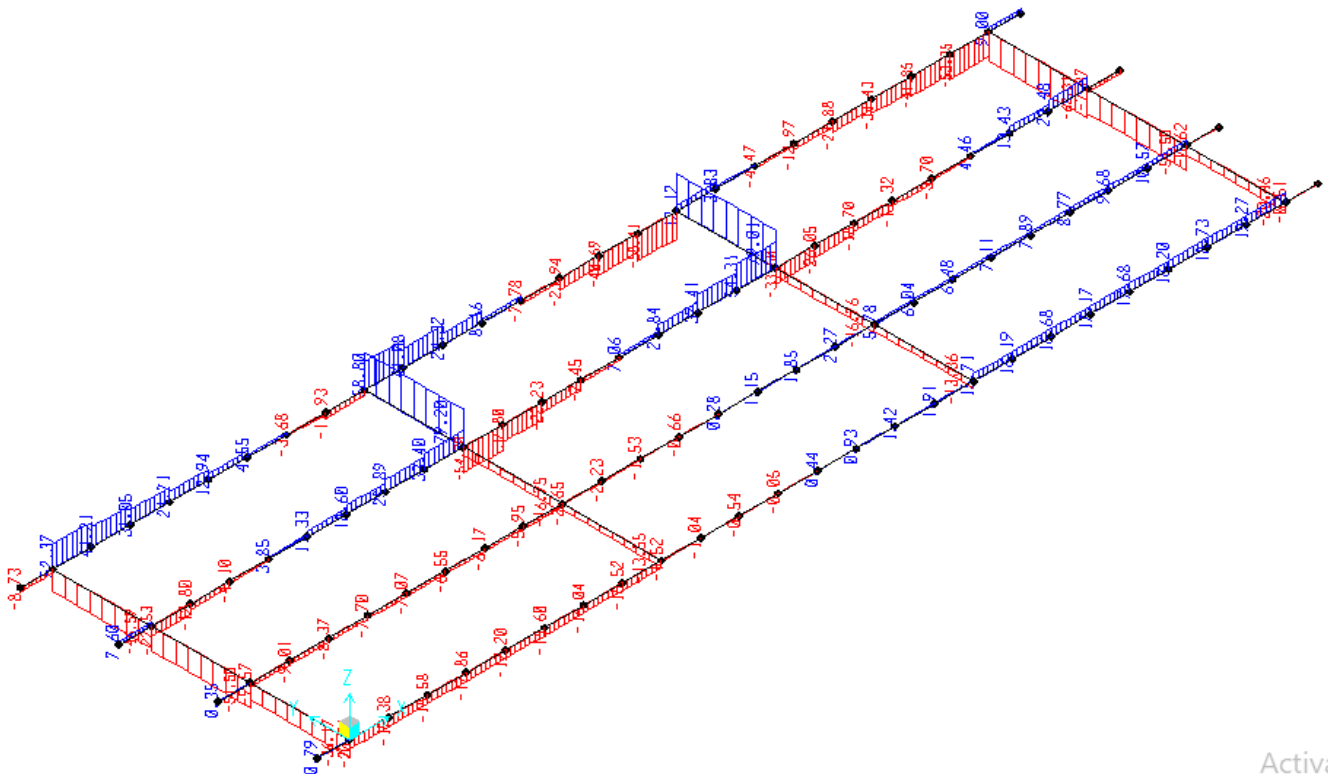
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	79



Activat
 Gato Sp

Figura 10.64 – Load q4_LM71c – Momenti flettenti M33



Activat
 Gato Sp

Figura 10.65 – Load q4_LM71c – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	80

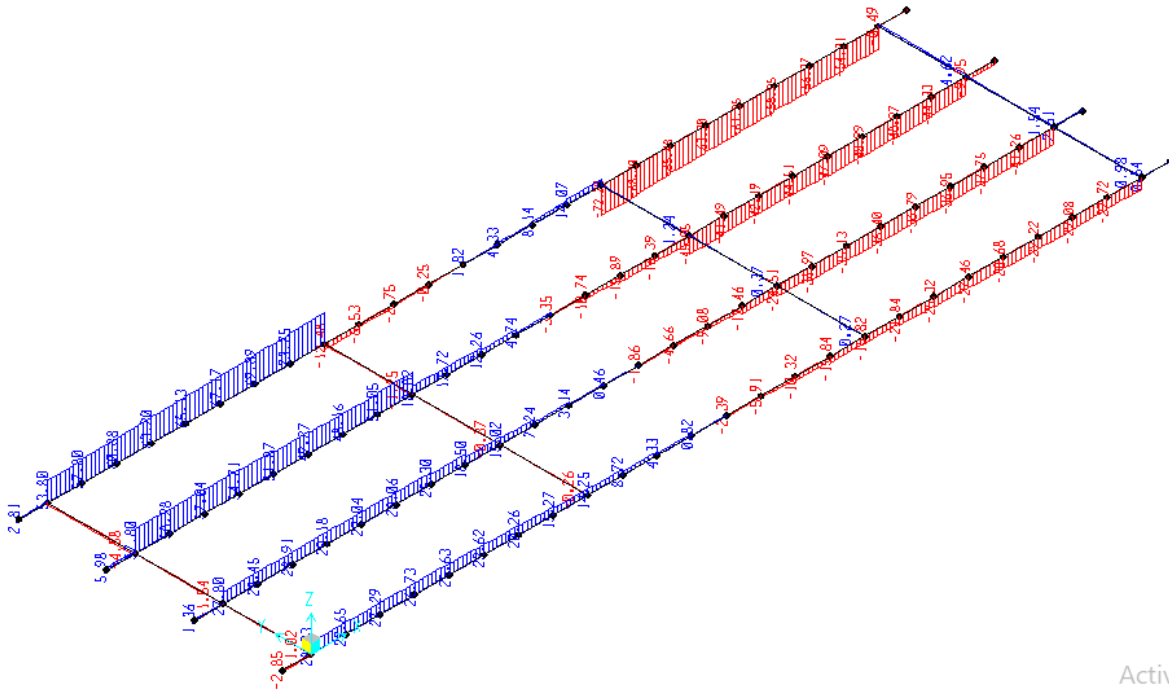


Figura 10.66 – Load q4_LM71c – Momenti Torcenti T

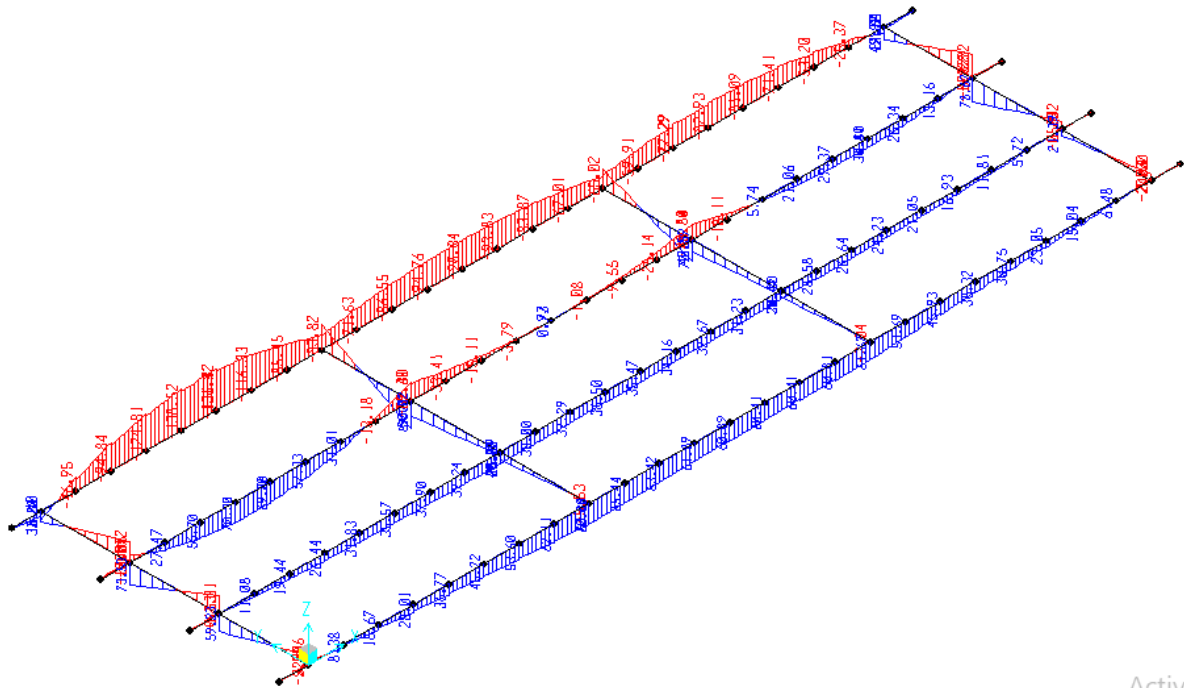


Figura 10.67 – Load q4_LM71d – Momenti flettenti M33

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	81

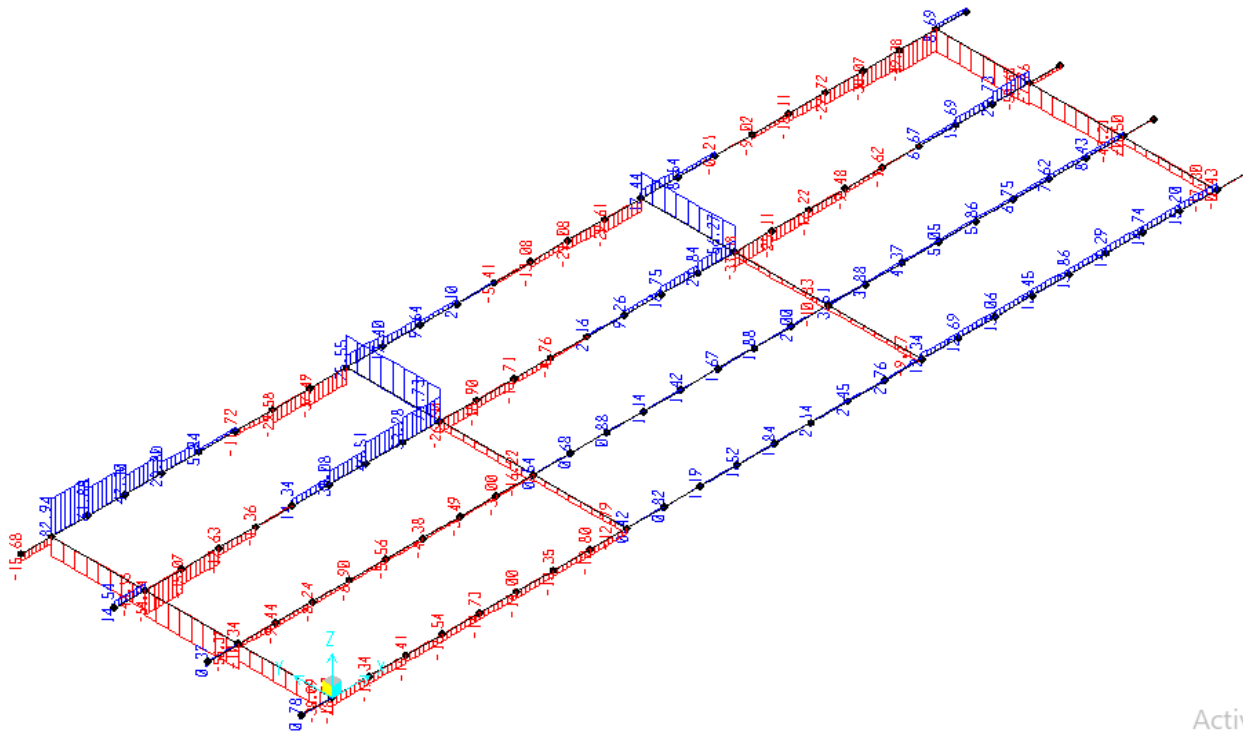


Figura 10.68 – Load q4_LM71d – Sforzi di taglio V22

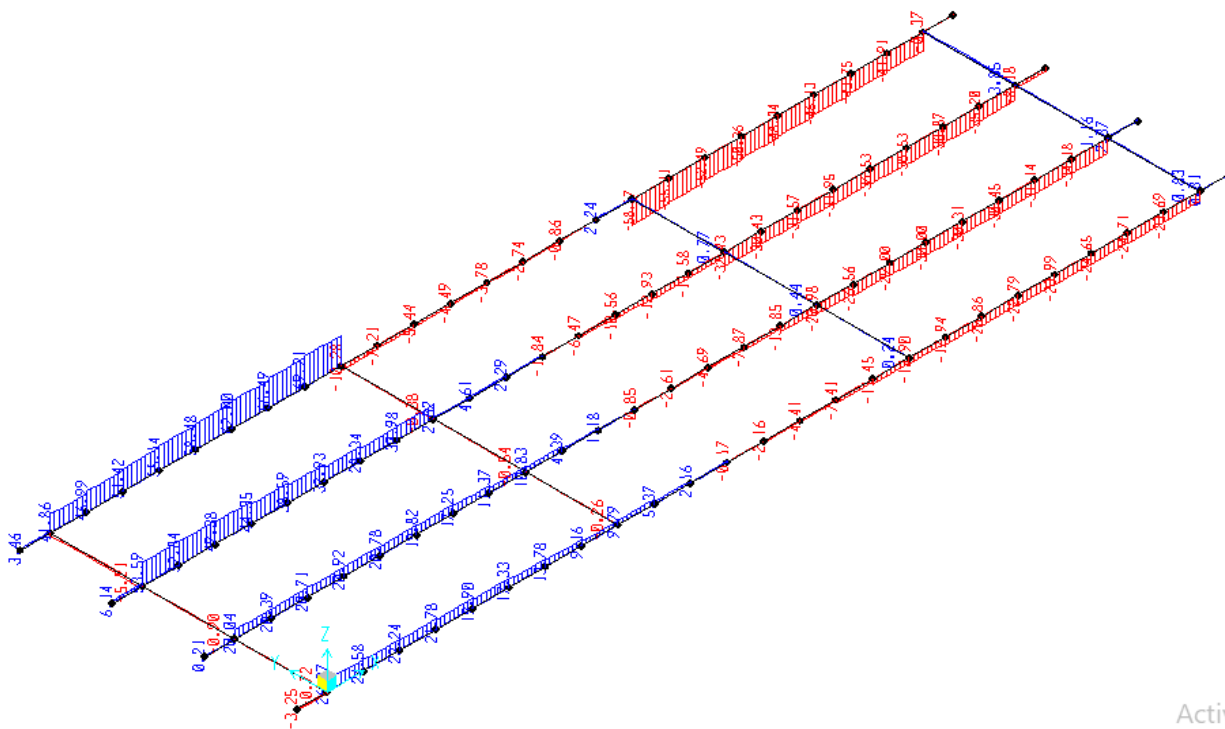


Figura 10.69 – Load q4_LM71d – Momenti Torcenti T

Activat

Activate Win

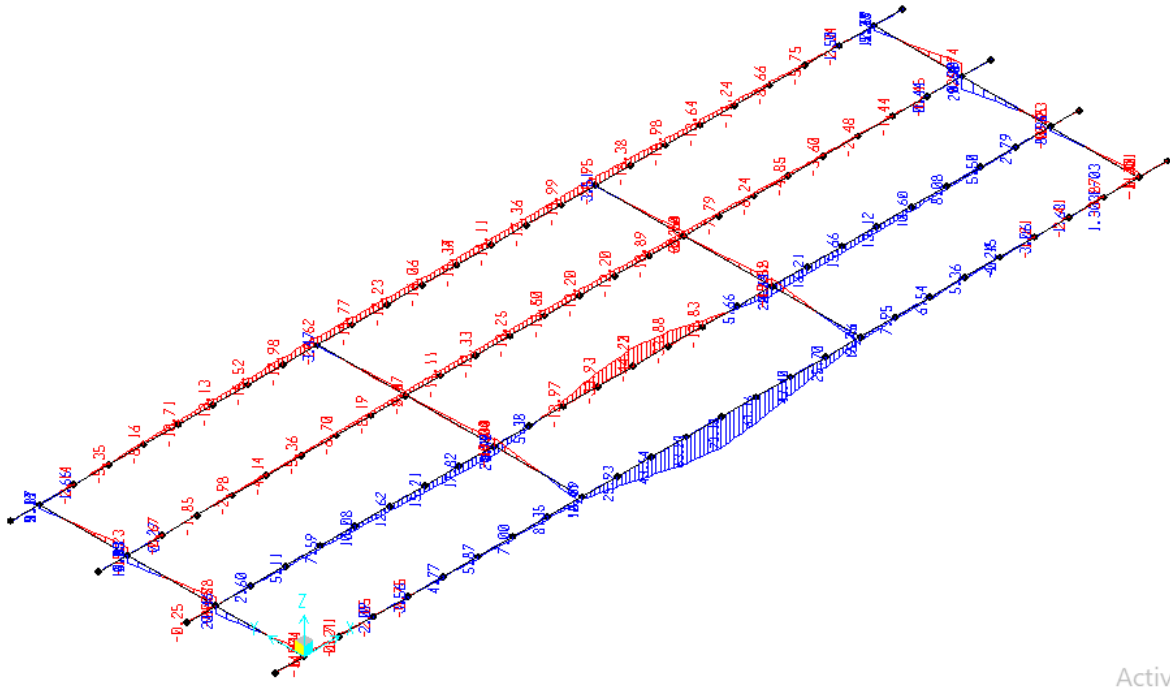
LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

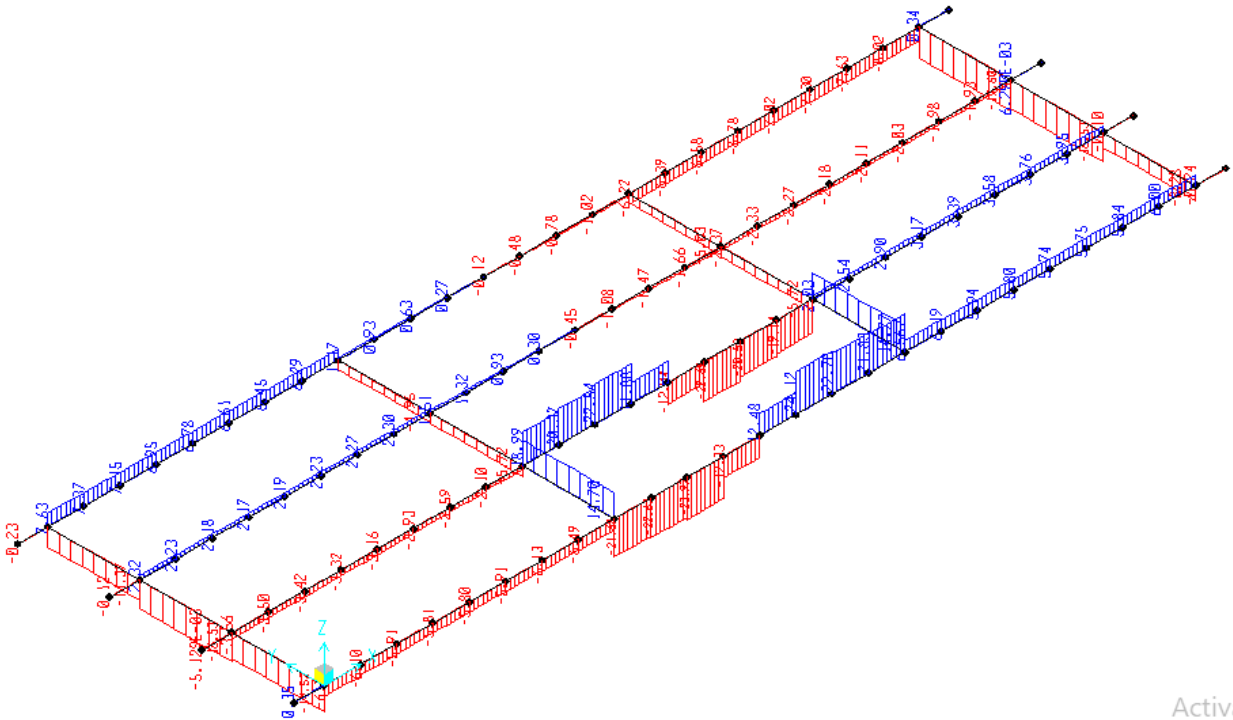
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	82

10.5.11 Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) – Treno SW/2



Activate

Figura 10.70 – Load q5_SW2a – Momenti flettenti M33



Activat
Go to Se

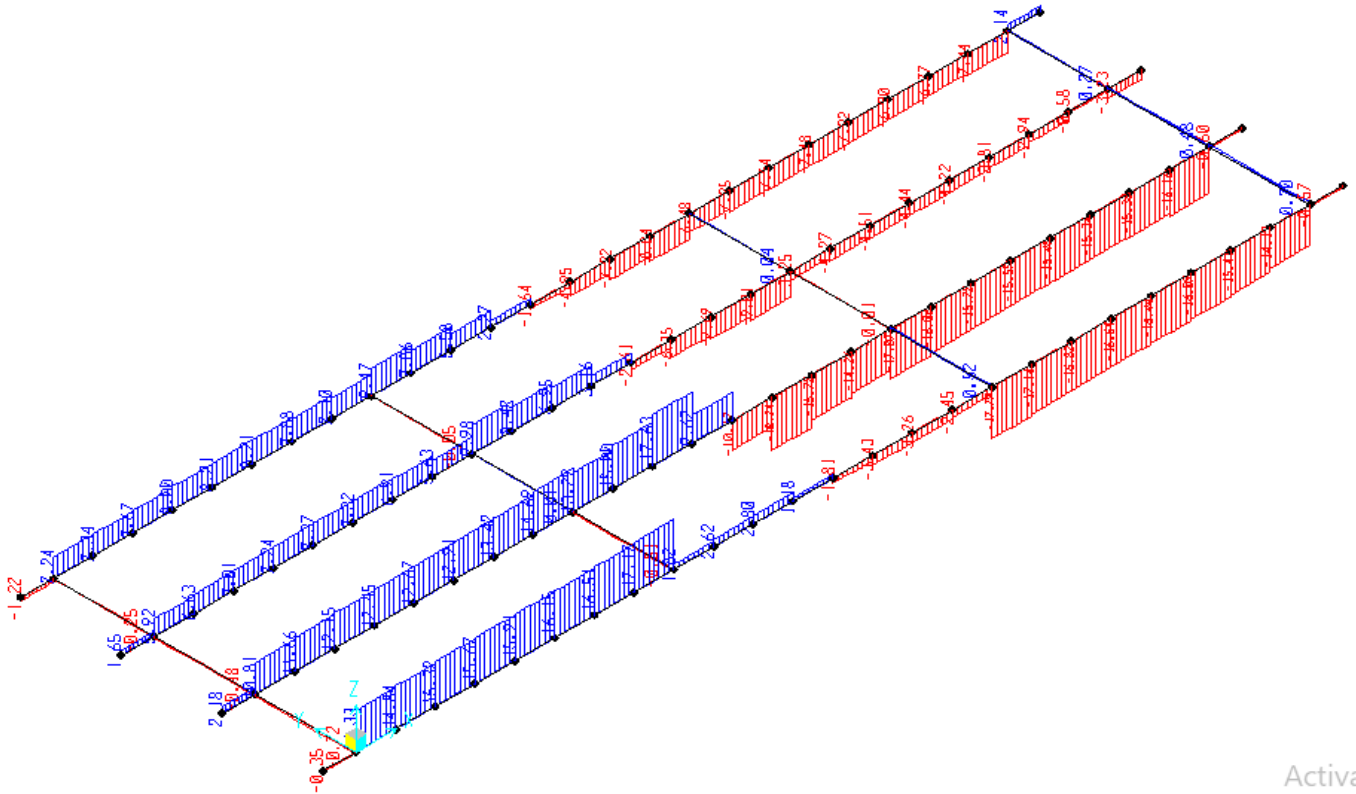
Figura 10.71 – Load q5_SW2a – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

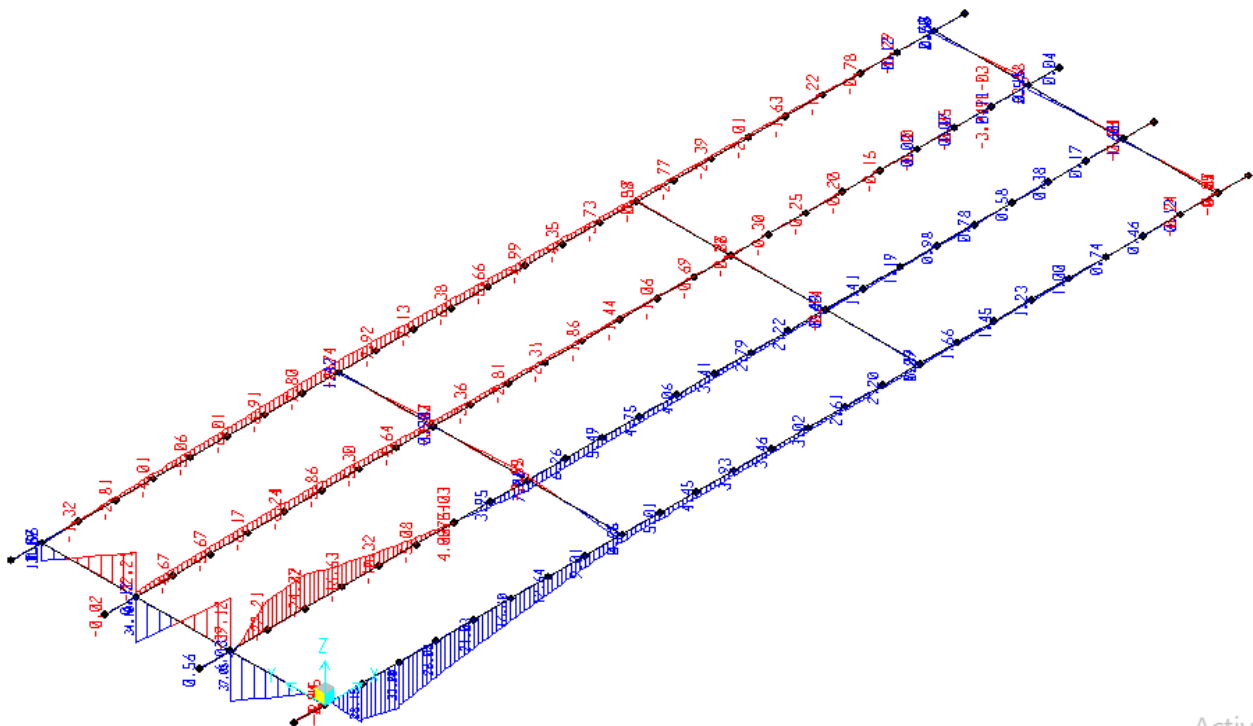
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	83



Activat

Figura 10.72 – Load q5_SW2a – Momenti Torcenti T



Activat
 Go to Soft

Figura 10.73 – Load q5_SW2b – Momenti flettenti M33

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	84

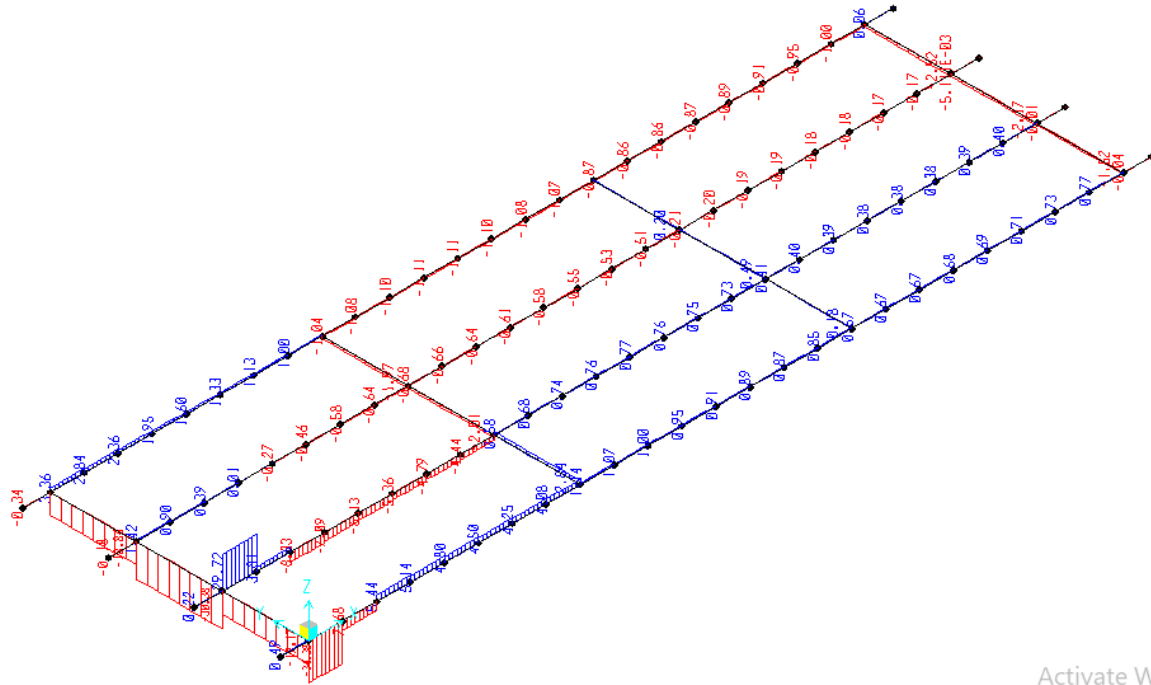


Figura 10.74 – Load q5_SW2b – Sforzi di taglio V22

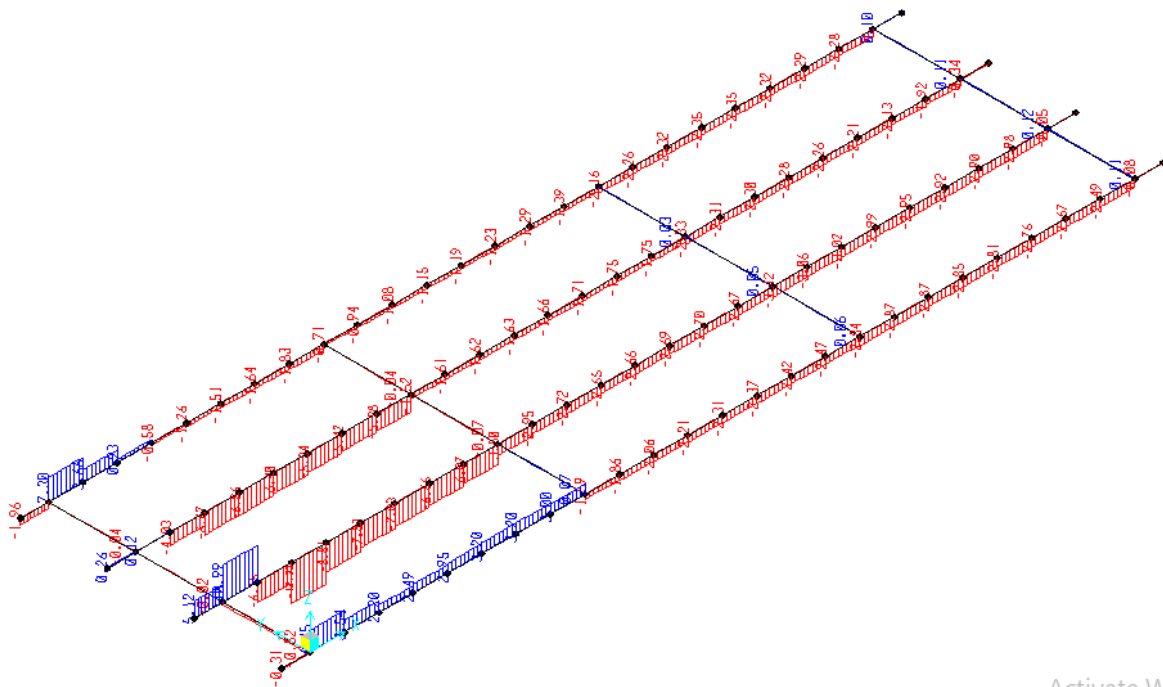


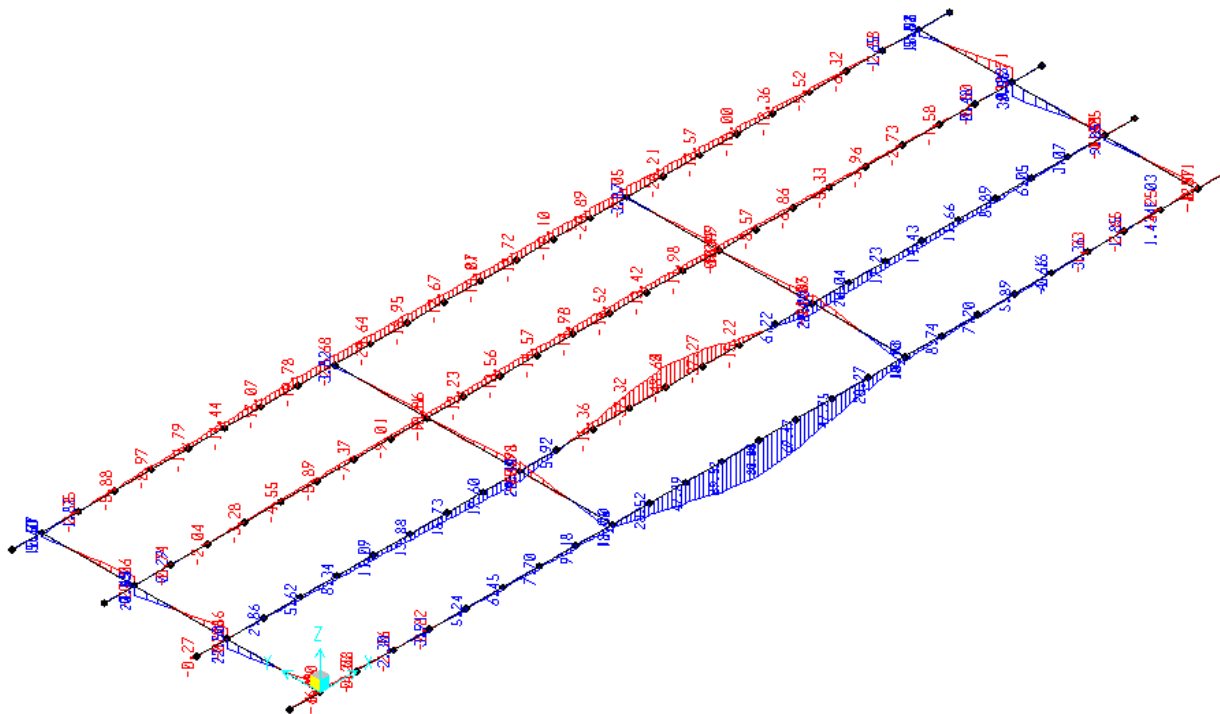
Figura 10.75 – Load q5_SW2b – Momenti Torcenti T

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

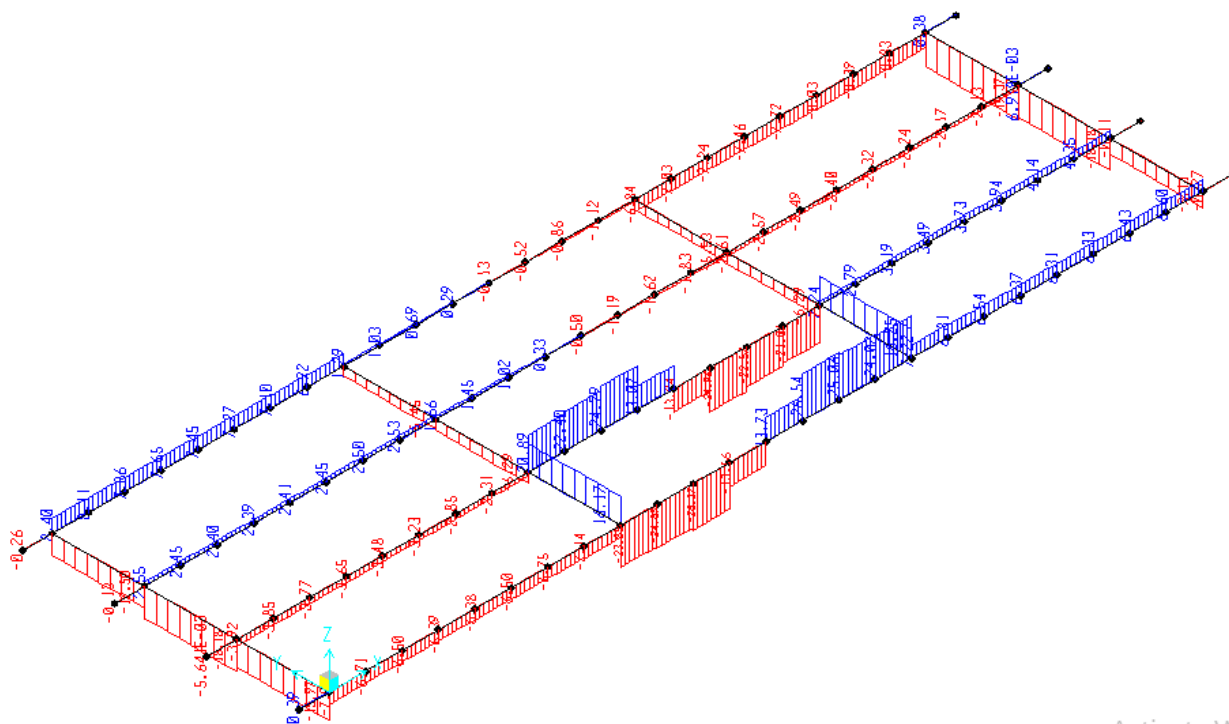
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	85

10.5.12 Modello 2 – Azione laterale (Serpeggio) – Treno LM71



Attivate Wind

Figura 10.76 – Load q5_LM71a – Momenti flettenti M33



Attivate Wir

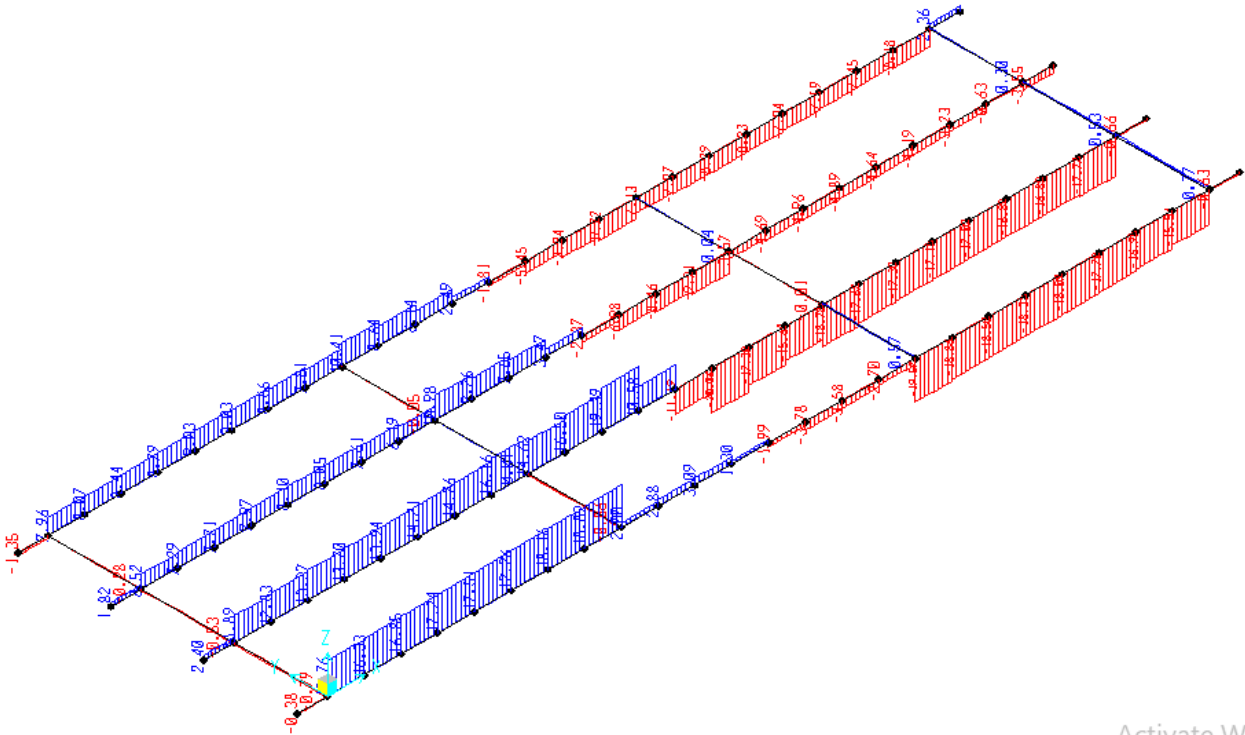
Figura 10.77 – Load q5_LM71a – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

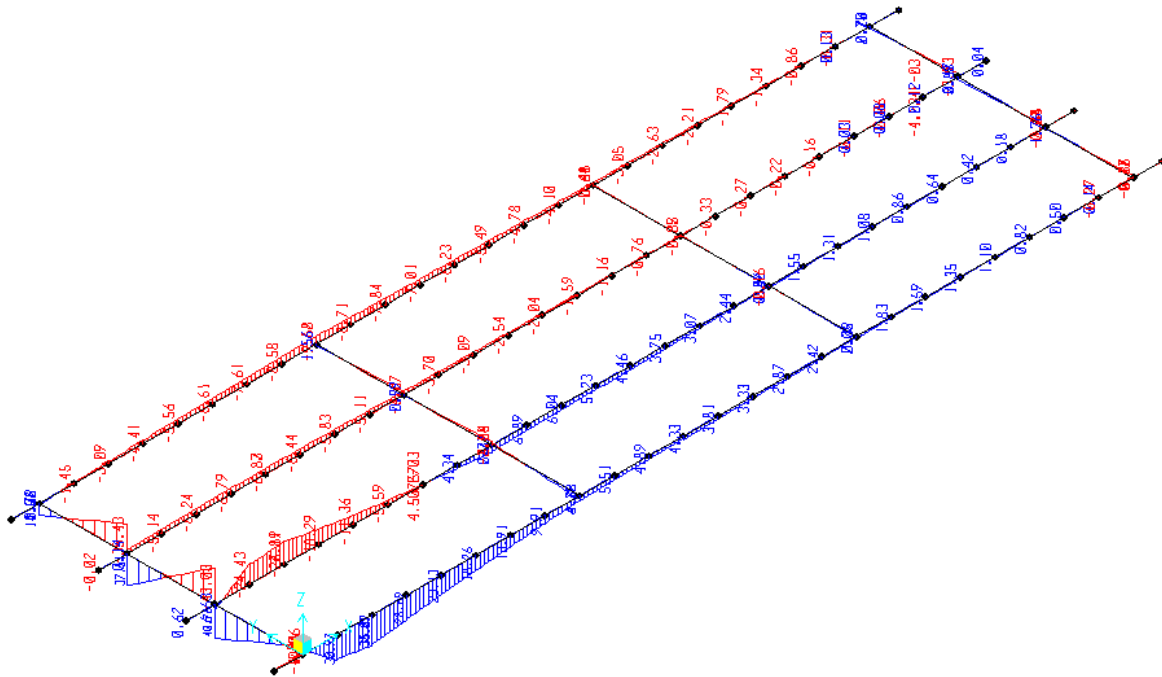
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	86



Activate Winc

Figura 10.78 – Load q5_LM71a – Momenti Torcenti T



Activate Winc

Figura 10.79 – Load q5_LM71b – Momenti flettenti M33

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	87

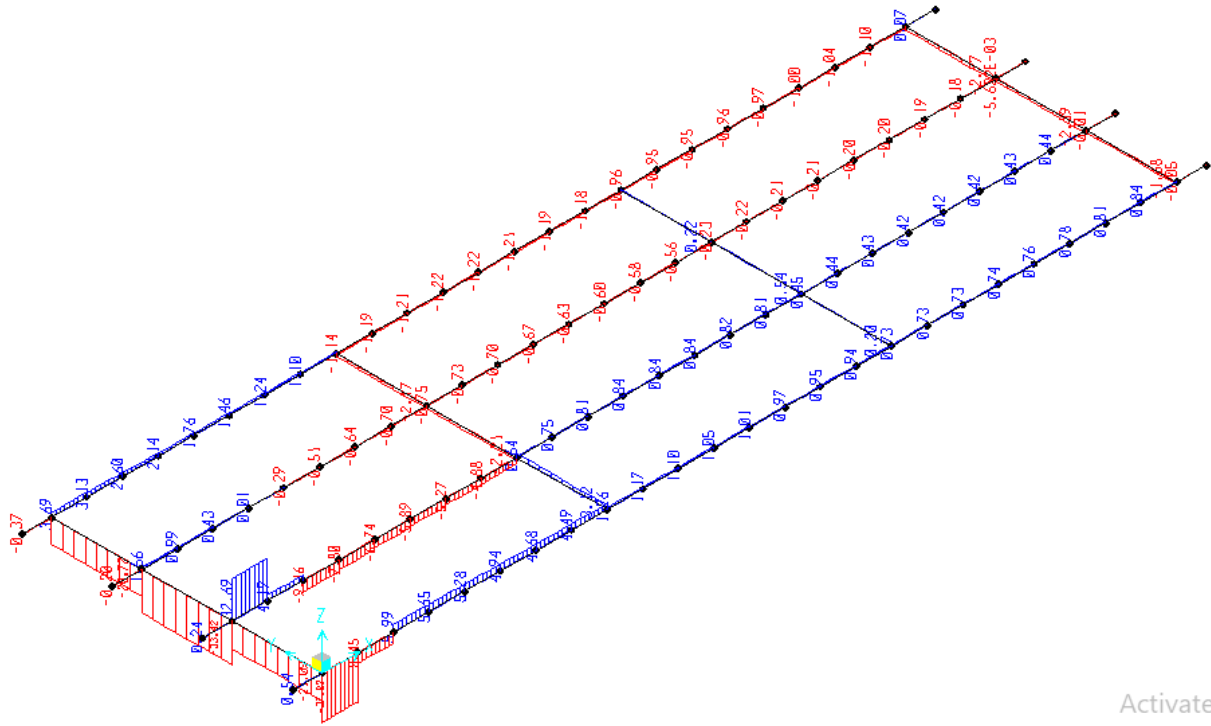


Figura 10.80 – Load q5_LM71b – Sforzi di taglio V22

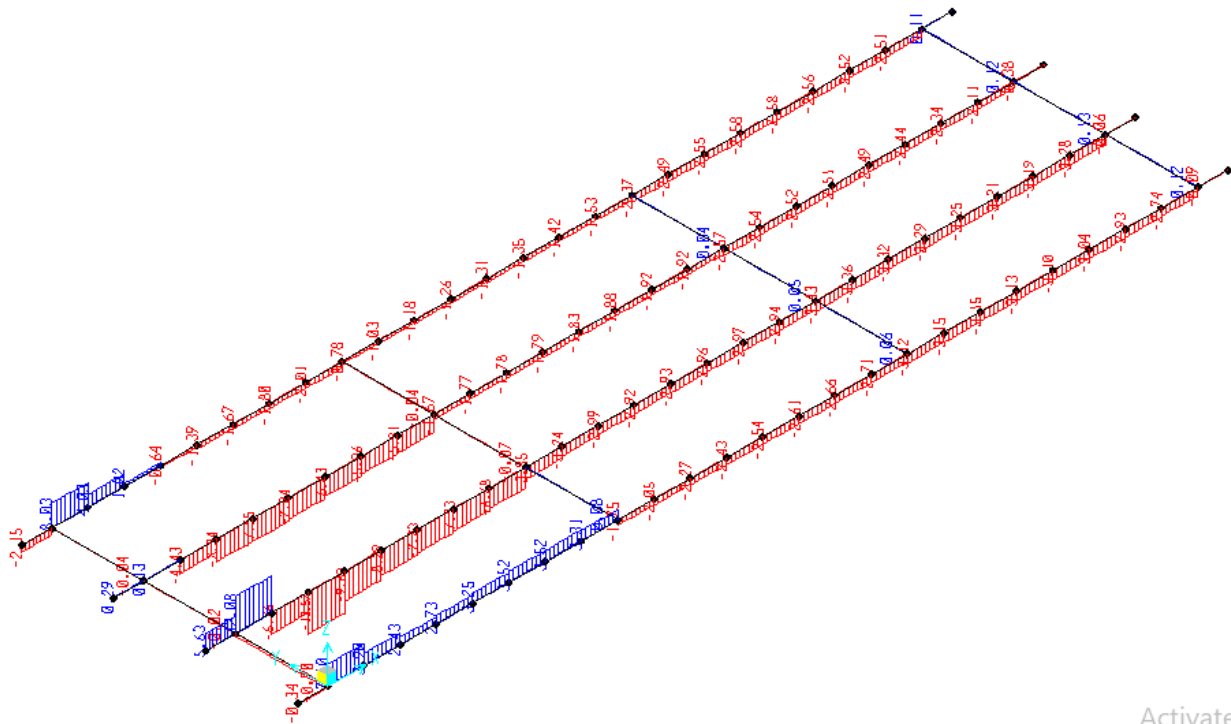


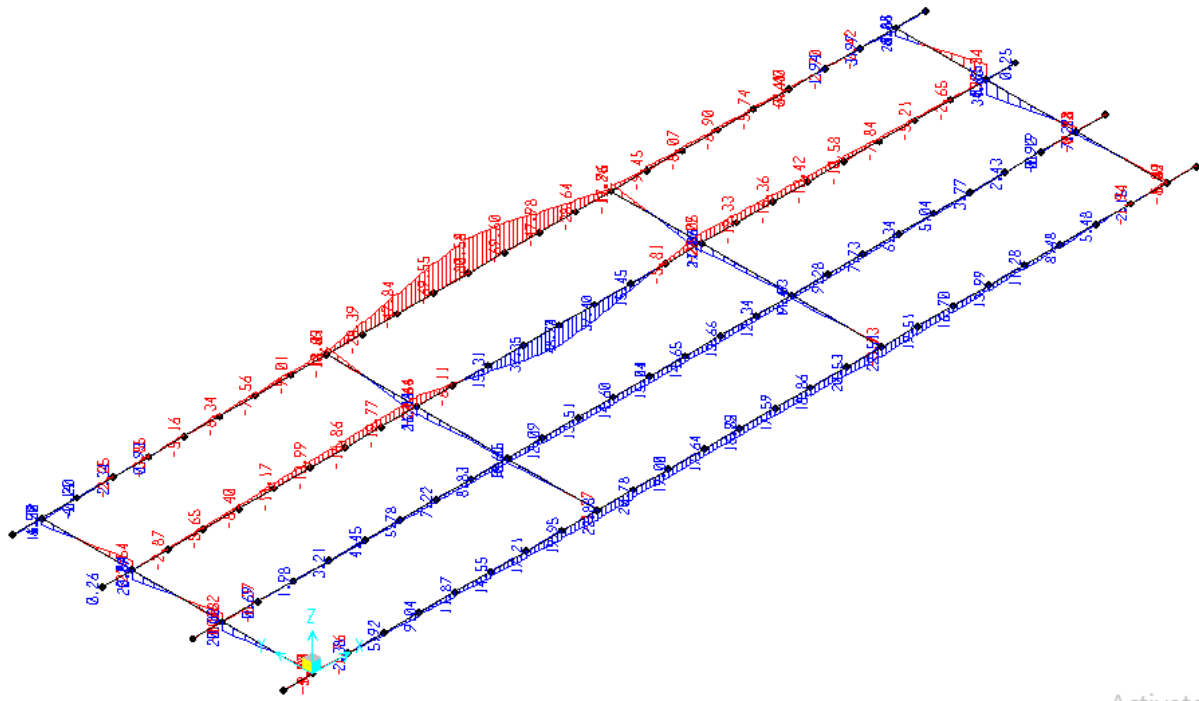
Figura 10.81 – Load q5_LM71b – Momenti Torcenti T

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

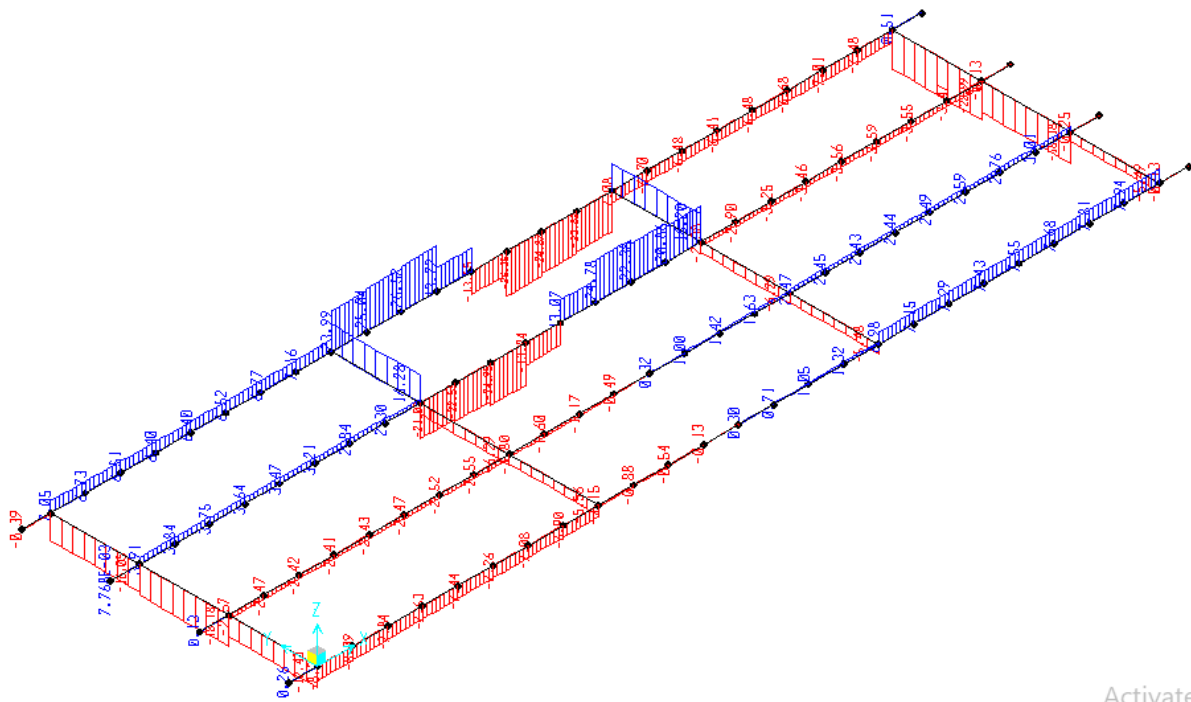
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	88



Activate V

Figura 10.82 – Load q5_LM71c – Momenti flettenti M33



Activate W

Figura 10.83 – Load q5_LM71c – Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	89

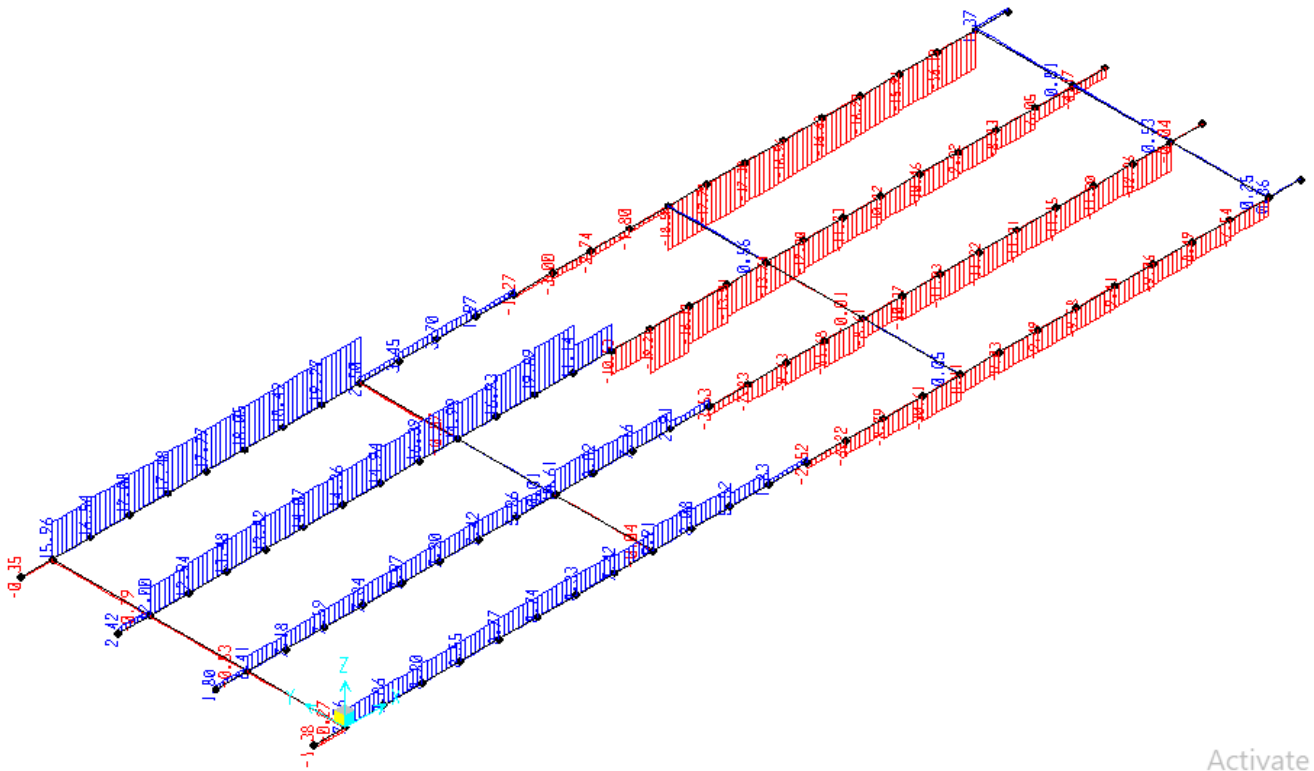


Figura 10.84 – Load q5_LM71c – Momenti Torcenti T

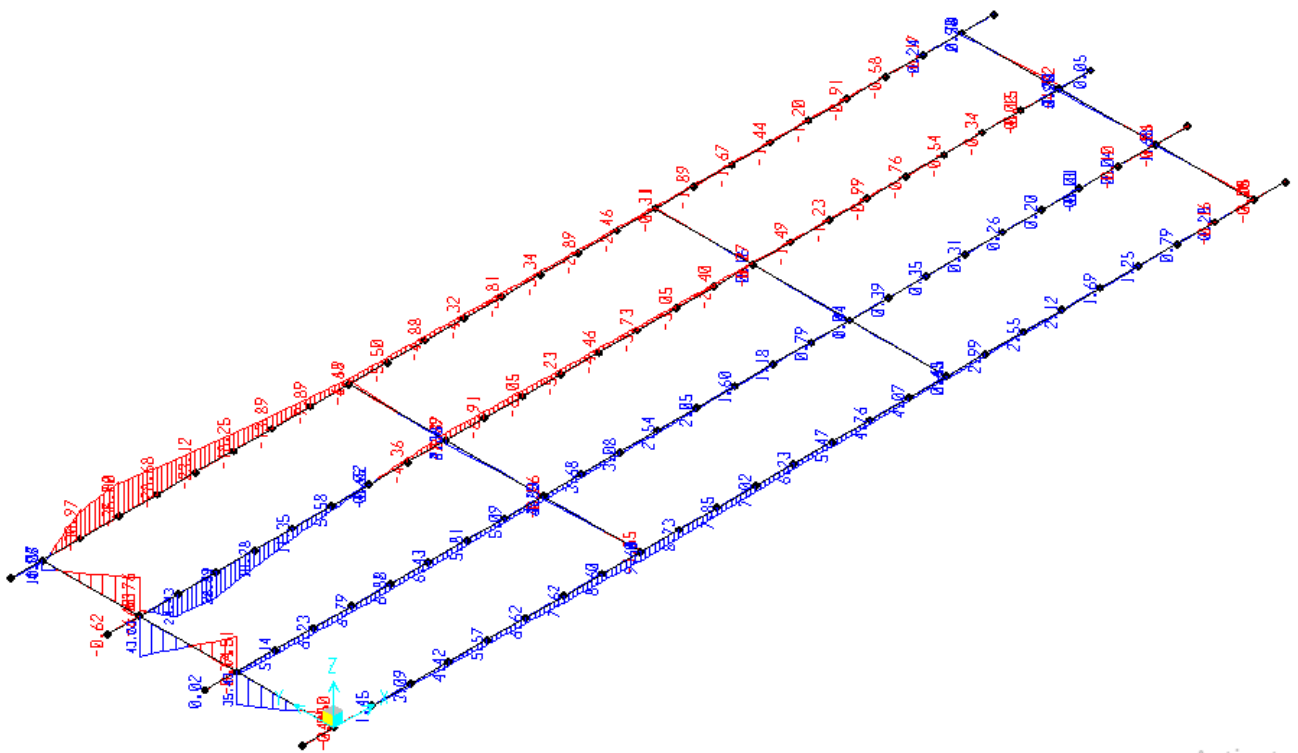


Figura 10.85 – Load q5_LM71d – Momenti flettenti M33

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	90

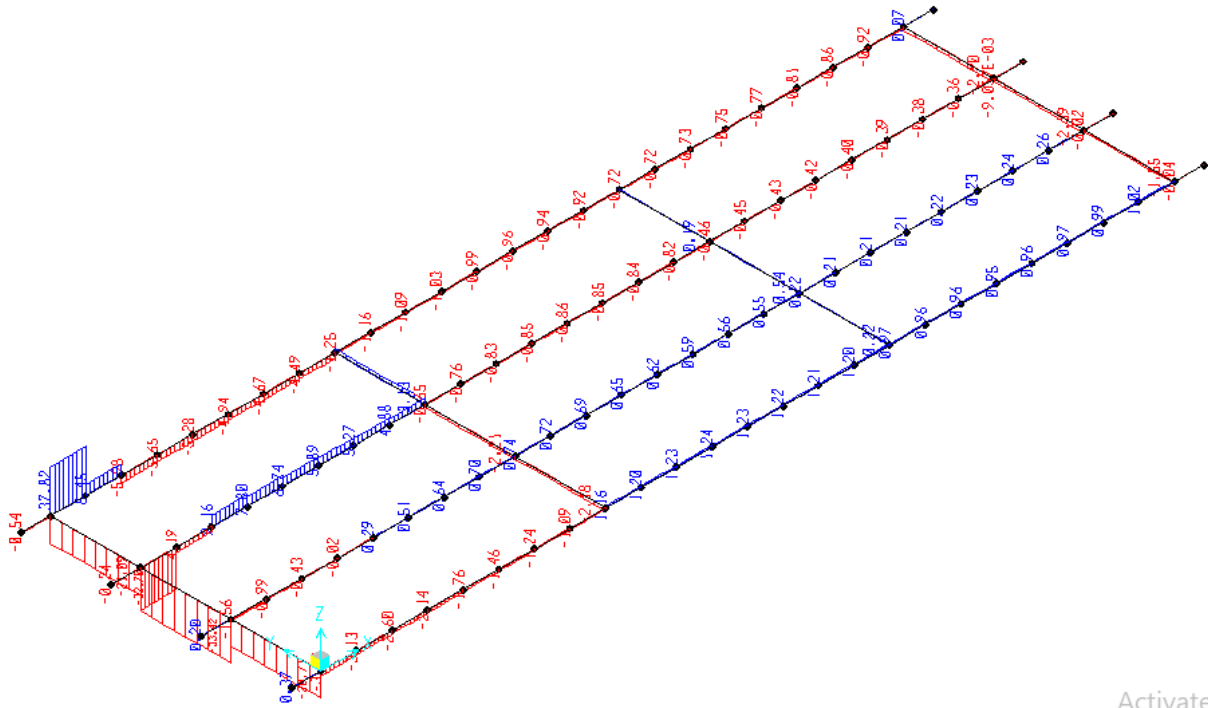


Figura 10.86 – Load q5_LM71d – Sforzi di taglio V22

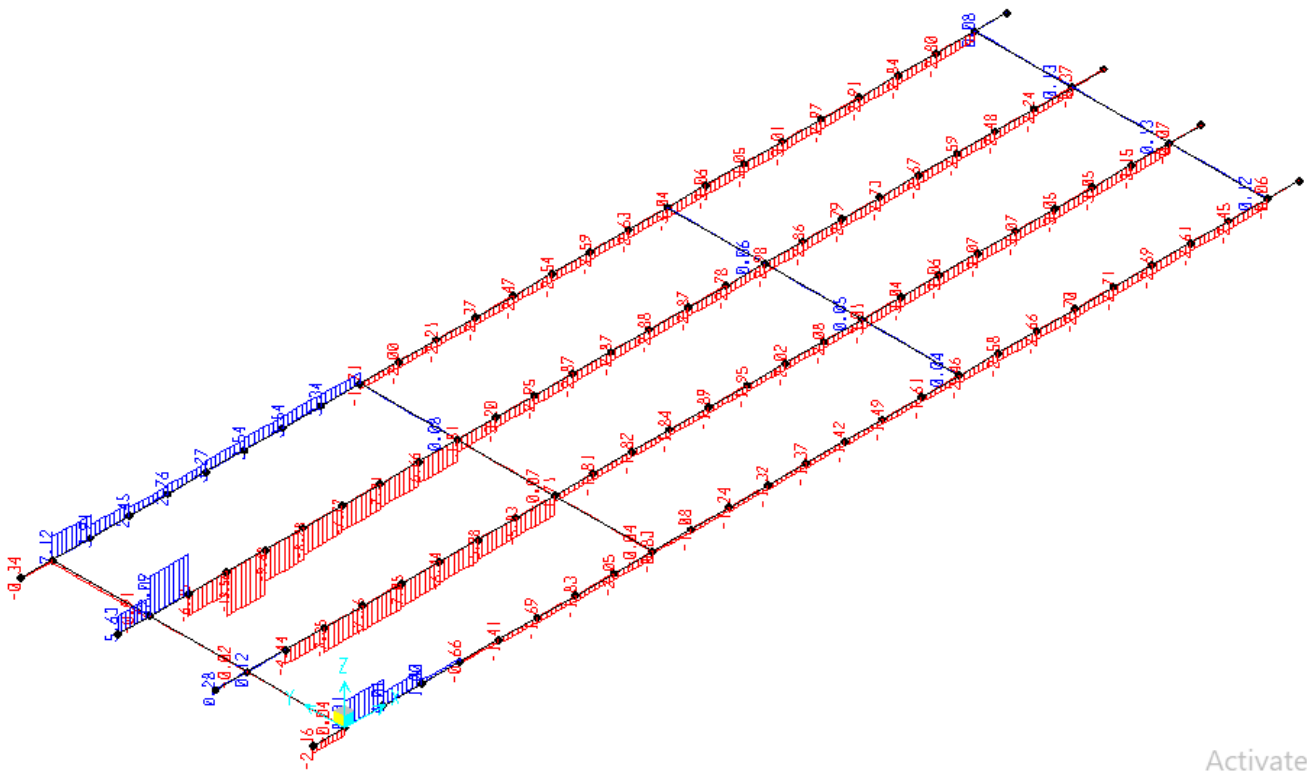


Figura 10.87 – Load q5_LM71d – Momenti Torcenti T

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	91

10.5.13 Modello 2 – Azioni del vento

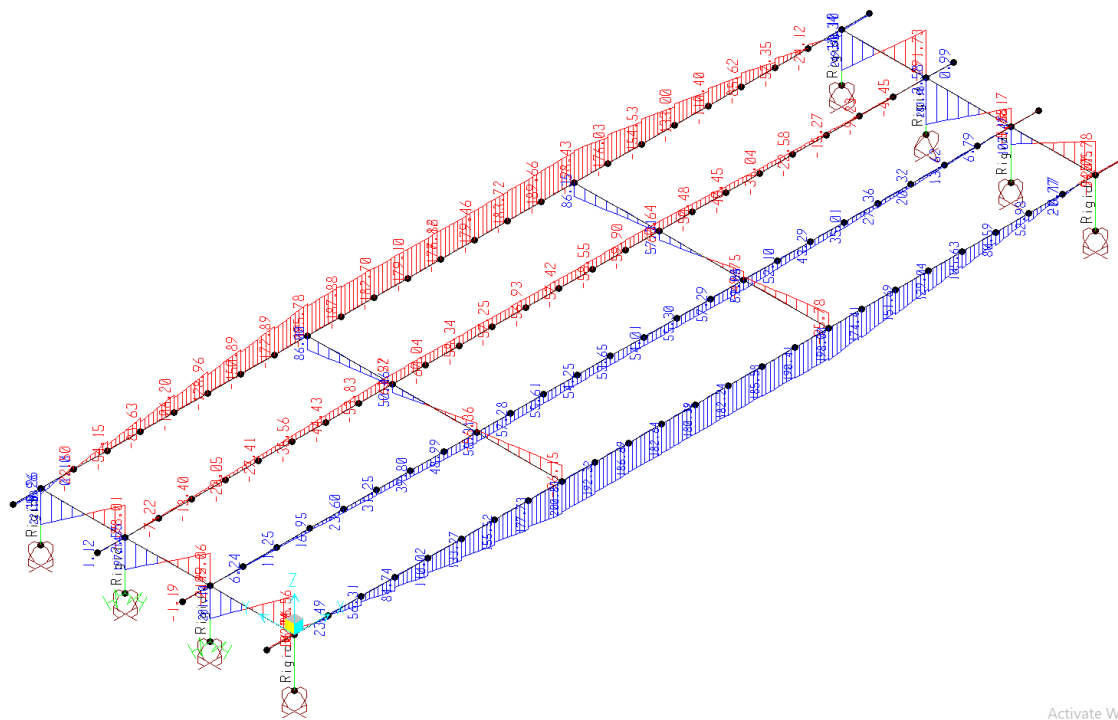


Figura 10.88 – Load q6– Momenti flettenti M33

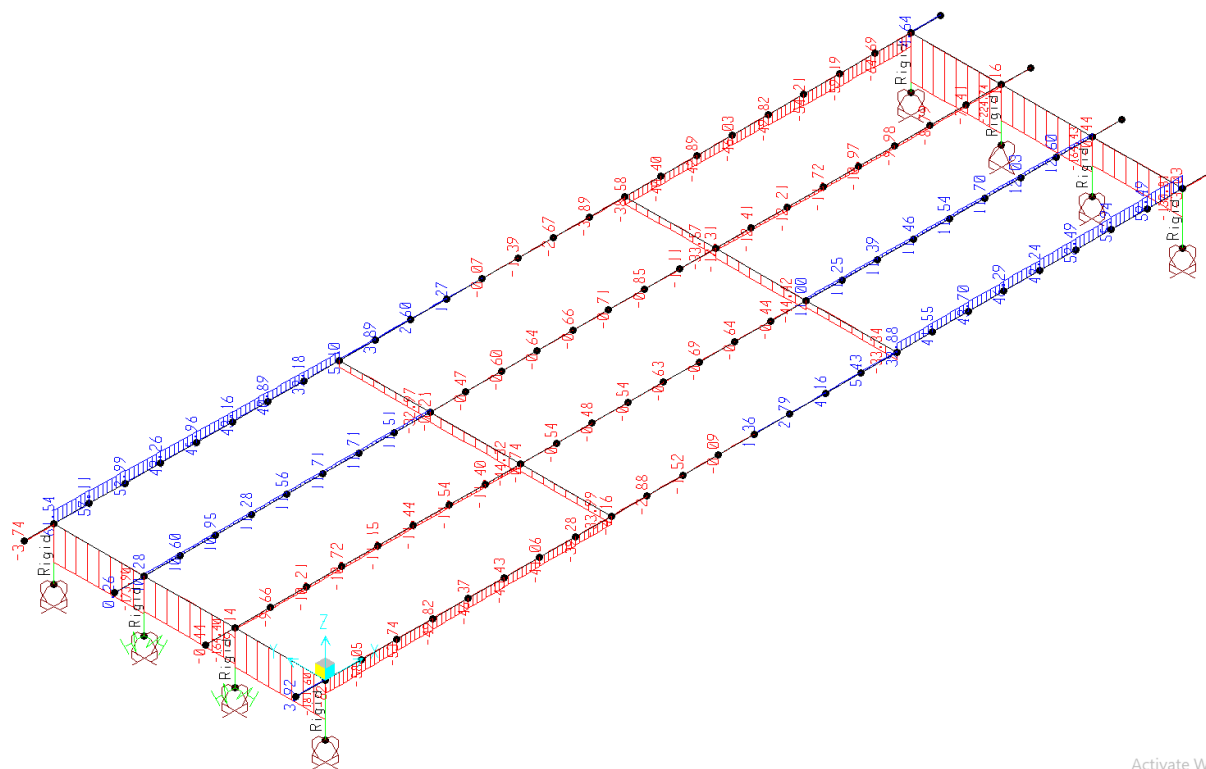


Figura 10.89 – Load q6– Sforzi di taglio V22

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	92

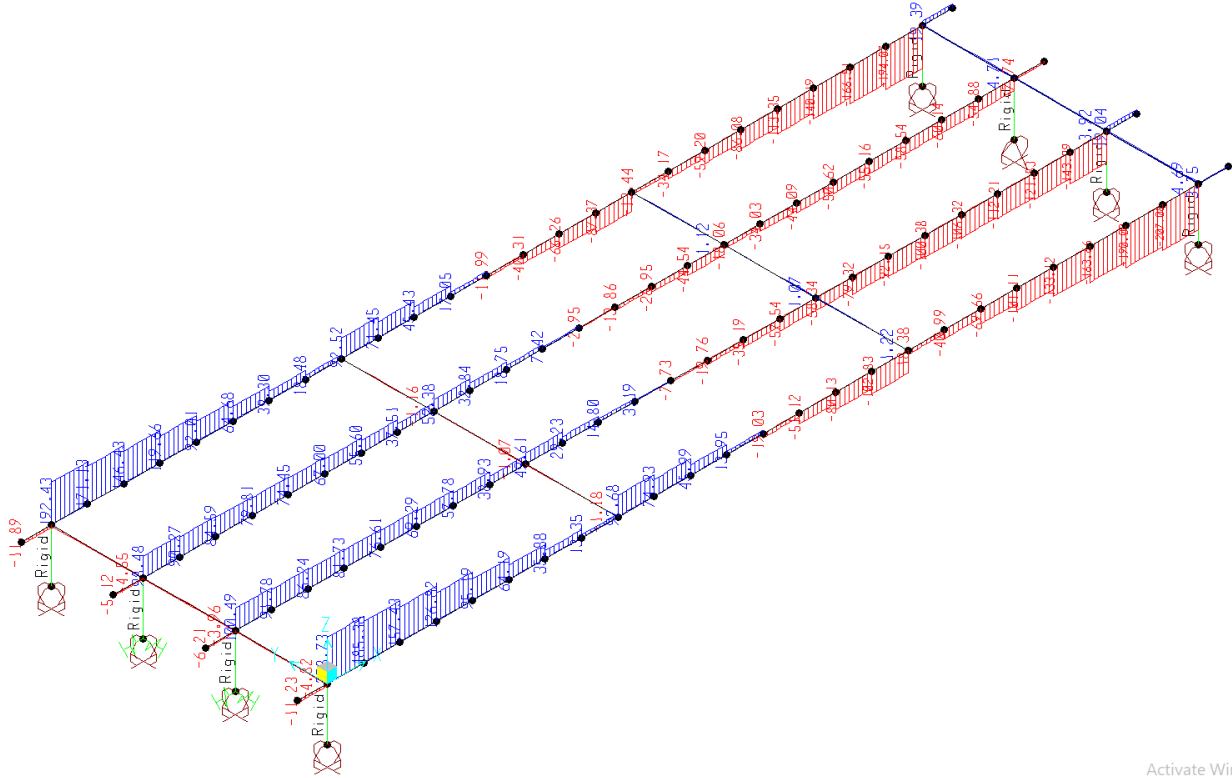


Figura 10.90 – Load q6 – Momenti Torcenti T

10.6 Effetti delle azioni di frenatura ed avviamento (q3)

Le sollecitazioni generate dalle azioni di frenamento e frenatura sulle travi prefabbricate sono appresso determinate.

Lo schema di calcolo è il seguente che prevede l'applicazione delle forze orizzontali longitudinali alla quota del piano del ferro:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	93

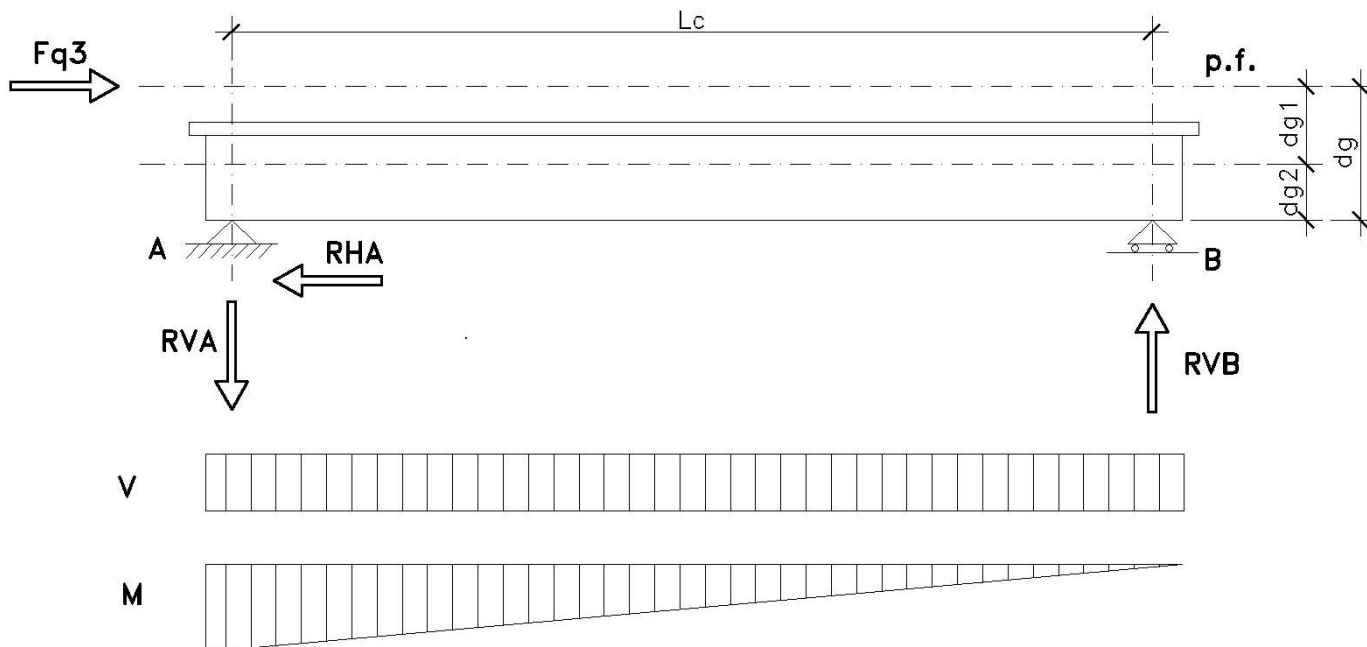


Figura 10.91 – Azioni di frenatura ed avviamento – Schema di calcolo

- Distanza verticale tra p.f. e baricentro trave composta: $d_{g1} = 1.93 \text{ m}$
- Distanza verticale tra baricentro trave composta e intradosso trave: $d_{g2} = 1.38 \text{ m}$
- Distanza verticale complessiva tra p.f. e intradosso trave: $d_g = 3.31 \text{ m}$

Dall'equilibrio in direzione orizzontale si ha:

- $R_{HA} = F_{q3}$

Dall'equilibrio in direzione alla rotazione attorno a B si ha:

- $R_{VA} = F_{q3} \cdot d_g / L_c$

Dall'equilibrio in direzione verticale si ha:

- $R_{VB} = R_{VA}$

Il diagramma del taglio è costante, di valore pari a:

- $V = R_{VA}$

Il diagramma del Momento flettente è variabile linearmente secondo la seguente espressione:

- $M = F_{q3} \cdot d_g - R_{VA} \cdot x$

Ipotizzando che le azioni si ripartiscano in egual misura sulle quattro travi si ha:

Frenatura SW/2:

- Forza orizzontale longitudinale: $F_{q3} = 875/4 = 218.8 \text{ kN}$
- Valore delle reazioni verticali: $R_{VA} = R_{VB} = 218.8 \cdot 3.31 / 22.8 = 31.76 \text{ kN}$
- Diagramma del momento: $M(x) = 724.2 - 31.76 \cdot x$

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	94

Avviamento LM71:

- Forza orizzontale longitudinale: $F_{q3} = 907.5/4 = 226.9 \text{ kN}$
- Valore delle reazioni verticali: $R_{VA} = R_{VB} = 226.9 \cdot 3.31 / 22.8 = 32.94 \text{ kN}$
- Diagramma del momento: $M(x) = 751.0 - 32.94 \cdot x$

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	95

11. VERIFICHE TRAVI PREFABBRICATE

11.1 Calcolo della lunghezza di trasferimento degli sforzi di precompressione

La lunghezza di trasferimento degli sforzi di precompressione l_{pt} è stata valutata in accordo al paragrafo 8.10.2.2 delle norme EN 1992-1-1:2005:

$$l_{pt} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi \cdot \sigma_{pm0} / f_{bpt} \approx 1.10 \text{ m}$$

Dove:

$$\alpha_1 = 1.25$$

coefficiente che tiene conto delle modalità di rilascio della forza di precompressione (1 per rilascio graduale; 1.25 per rilascio improvviso);

$$\alpha_2 = 0.19$$

coefficiente che tiene conto del tipo di armatura (0.25 per barre circolari; 0.19 per trefoli);

$$\phi = 15.2 \text{ mm}$$

diametro nominale dei trefoli da 0.6";

$$\sigma_{pm0} = 1339 \text{ MPa}$$

tensione iniziale al rilascio;

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}(t_0) = 4.43 \text{ MPa}$$

tensione di aderenza acciaio-cls al tempo t_0 del rilascio;

essendo:

$$\eta_{p1} = 3.2$$

coefficiente che tiene conto del tipo di armatura di precompressione (2.7 per fili indentati; 3.2 per trefoli);

$$\eta_1 = 1.0$$

coefficiente che tiene conto delle condizioni di ancoraggio (1 per buone condizioni; 0.7 altrimenti);

$$f_{ctd}(t_0) = 0.7 \cdot f_{ctm}(t_0) / \gamma_c = 1.38 \text{ MPa}$$

resistenza a trazione di progetto del cls al tempo t_0 del rilascio;

$$f_{ctm}(t_0) = (\beta_{cc}(t_0))^\alpha \cdot f_{ctm} = 2.96 \text{ MPa}$$

resistenza media a trazione del cls al tempo t_0 del rilascio;

$$\beta_{cc}(t_0) = \exp \left\{ s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right\} = 0.78$$

parametro dipendente dal tempo di rilascio della precompressione;

$$s = 0.25$$

coefficiente che tiene conto del tipo di cemento:

0.20 per cemento a rapido indurimento ed elevata resistenza (CEM 42.5R, CEM 52.5);

0.25 per cemento a indurimento normale o rapido (CEM 32.5R, CEM 42.5);

0.38 per cemento a lento indurimento (CEM 32.5);

$$\alpha = 1.0$$

coefficiente dipendente dal tempo del rilascio (1.0 per $t_0 < 28$ gg; 2/3 per $t_0 \geq 28$ gg)

$$f_{ctm} = 3.80 \text{ MPa}$$

resistenza media a trazione del cls di classe C45/55;

$$t_0 = 7 \text{ gg}$$

età di maturazione del cls al momento del rilascio della forza di precompressione;

Il valore di progetto della lunghezza di trasferimento è stato assunto pari al più sfavorevole dei due seguenti valori:

$$l_{pt1} = 0.80 \quad l_{pt} \approx 0.90 \text{ m}$$

$$l_{pt2} = 1.20 \quad l_{pt} \approx 1.30 \text{ m}$$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	96

11.2 Sezioni di verifica

Le **verifiche a pressoflessione** sono state eseguite in corrispondenza delle sezioni ubicate alle seguenti distanze misurate dall'asse appoggi:

- x = 11.40 m sezione di mezzeria;
- x = 1.80 m sezione di inizio del tratto con sezione corrente, coincidente con la fine della tratto inertizzato per 24 trefoli – verifica con 48 trefoli;
- x = 2.85 m sezione ubicata al termine della lunghezza di trasferimento “minima” della forza di precompressione relativa ai trefoli inertizzati – verifica con 72 trefoli;

Le **verifiche a taglio e torsione** sono state eseguite in corrispondenza delle sezioni ubicate alle seguenti distanze misurate dall'asse appoggi:

- x = 0.0 m sezione in asse appoggi – Sezione ringrossata;
- x = 1.80 m sezione di inizio del tratto con sezione corrente.

11.3 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLE e SLU

La tabella seguente riassume i valori dei momenti flettenti agenti sulle travi di bordo ed interne per effetto delle azioni applicate:

ascissa - x (M)	RIEPILOGO MOMENTI FLETTENTI					
	TRAVI DI BORDO			TRAVI INTERNE		
	1.80	2.85	11.40	1.80	2.85	11.40
g1a	562.6	852.6	1980.0	562.6	852.6	1980.0
g1b	591.1	895.2	2026.2	522.2	788.8	1846.9
g2	423.7	637.4	1344.7	273.6	423.0	1102.0
g3	581.8	887.8	2086.3	622.0	943.2	2140.3
q3	1358.7	1290.8	737.6	1358.7	1290.8	737.6
LM71+SW2+q4+q5	1606.2	2347.2	5613.4	1923.6	2677.1	5745.5
LM71+LM71+q4+q5	1519.0	2213.4	5236.3	1794.6	2493.1	5283.0
LM71+SW2+0.5x(q4+q5)	1584.6	2301.6	5500.3	1920.4	2676.7	5716.7
LM71+LM71+0.5(q4+q5)	1490.2	2154.3	5069.0	1793.9	2497.2	5268.4
q6	50.5	84.7	180.1	12.3	17.0	53.7
gr.1	2285.6	2992.6	5982.2	2603.0	3322.5	6114.3
gr.3	2943.3	3592.4	6237.9	3279.1	3967.5	6454.3
gr.1+0.6q6	2315.9	3043.4	6090.3	2610.4	3332.7	6146.5
gr.3+0.6q6	2973.6	3643.2	6346.0	3286.5	3977.7	6486.5
Massimi	2973.6	3643.2	6346.0	3286.5	3977.7	6486.5

Tabella 11.1 – Momenti flettenti su travi interne e di bordo nelle sezioni di verifica

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	97

	RIEPILOGO MOMENTI FLETTENTI - VERIFICHE SLE		
	INTERNE	INTERNE	BORDO
ascissa - x (M)	1.80	2.85	11.40
g1a	562.6	852.6	1980.0
g1b	522.2	788.8	2026.2
g2	273.6	423.0	1344.7
g3	622.0	943.2	2086.3
q3	1358.7	1290.8	737.6
LM71+SW2+q4+q5	1923.6	2677.1	5613.4
LM71+LM71+q4+q5	1794.6	2493.1	5236.3
LM71+SW2+0.5x(q4+q5)	1920.4	2676.7	5500.3
LM71+LM71+0.5(q4+q5)	1793.9	2497.2	5069.0
q6	12.3	17.0	180.1
gr.1	2603.0	3322.5	5982.2
gr.3	3279.1	3967.5	6237.9
gr.1+0.6q6	2610.4	3332.7	6090.3
gr.3+0.6q6	3286.5	3977.7	6346.0
Massimi	3286.5	3977.7	6346.0

Tabella 11.2 – Riepilogo Momenti flettenti per verifiche sezionali agli SLE

La tabella seguente riepiloga il valore del momento flettente di calcolo massimo (sezione di mezzeria), per verifiche di resistenza agli SLU:

Momento di calcolo		Mx	MEd
Condizione di carico	$\gamma \times \Psi 0$	kNm	kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	1.35	1980.0	2673.0
b) Peso proprio - soletta (g1b)	1.35	2026.2	2735.4
c) perm. portati (g2)	1.35	1344.7	1815.3
d) ballast (gb)	1.50	2086.3	3129.5
e) effetti del ritiro fra trave e soletta (Rit)	1.20	2131.2	2557.5
f1) Accidentali - Traffico	gruppo 3 1.45	6237.9	9045.0
f2) Vento	0.90	180.1	162.1
			22117.7

Tabella 11.3 – Momento flettente di calcolo per verifiche di resistenza agli SLU

La tabella seguente riepiloga i valori degli sforzi di taglio e torsione nelle sezioni di verifica, distinguendo i casi di "Taglio massimo" e di "Torsione massima":

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	98

TRAVI DI BORDO

RIEPILOGO SFORZI DI TAGLIO E DI TORSIONE

ascissa - x (m)	0.00				1.80			
	Vmax		Tmax		Vmax		Tmax	
	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)
g1a	363.4	0.0	363.4	0.0	289.9	0.0	289.9	0.0
g1b	375.3	138.6	375.3	138.6	309.0	75.7	309.0	75.7
g2	253.6	288.5	253.6	288.5	239.2	269.0	239.2	269.0
g3	339.7	-36.4	339.7	-36.4	313.9	-34.5	313.9	-34.5
q3	64.7	0.0	64.7	0.0	64.7	0.0	64.7	0.0
LM71+SW2+q4+q5	916.9	6.8	711.6	287.7	761.7	19.0	554.6	312.4
LM71+LM71+q4+q5	914.7	7.1	709.3	288.2	749.9	31.4	542.8	312.6
LM71+SW2+0.5x(q4+q5)	872.5	-58.7	678.2	272.1	745.8	-36.2	548.2	296.9
LM71+LM71+0.5(q4+q5)	843.3	-76.3	648.9	263.9	722.3	-46.2	524.7	285.9
q6	62.7	208.7	62.7	208.7	58.1	185.4	58.1	185.4
gr.1	949.3	7.1	744.0	288.2	794.1	31.4	587.0	312.6
gr.3	937.2	-58.7	742.9	272.1	810.5	-36.2	612.9	296.9
gr.1+0.6q6	986.9	132.3	781.6	413.4	828.9	142.6	621.8	423.8
gr.3+0.6q6	974.8	66.5	780.5	397.3	845.4	75.0	647.8	408.1
Massimi	986.9			413.4	845.4			423.8

TRAVI INTERNE

RIEPILOGO SFORZI DI TAGLIO E DI TORSIONE

ascissa - x (m)	0.00				1.80			
	Vmax		Tmax		Vmax		Tmax	
	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)
g1a	363.4	0.0	363.4	0.0	289.9	0.0	289.9	0.0
g1b	307.4	0.7	307.4	0.7	266.0	1.5	266.0	1.5
g2	128.3	76.6	128.3	76.6	139.4	71.0	139.4	71.0
g3	376.7	-15.4	376.7	-15.4	340.1	-14.5	340.1	-14.5
q3	64.7	0.0	64.7	0.0	64.7	0.0	64.7	0.0
LM71+SW2+q4+q5	1117.4	238.5	737.3	671.2	924.9	193.3	581.4	575.2
LM71+LM71+q4+q5	1056.7	158.3	673.9	618.6	868.9	118.7	569.0	544.8
LM71+SW2+0.5x(q4+q5)	1077.1	159.8	760.9	651.5	922.9	150.7	579.7	567.6
LM71+LM71+0.5(q4+q5)	1019.1	72.3	717.4	585.9	869.0	69.3	573.2	526.9
q6	9.1	100.5	9.1	100.5	9.7	91.8	9.7	91.8
gr.1	1149.8	238.5	769.7	671.2	957.3	193.3	613.8	575.2
gr.3	1141.8	159.8	825.6	651.5	987.6	150.7	644.4	567.6
gr.1+0.6q6	1155.2	298.8	775.1	731.5	963.1	248.4	619.6	630.3
gr.3+0.6q6	1147.3	220.1	831.1	711.8	993.4	205.8	650.2	622.7
Massimi	1155.2			731.5	993.4			630.3

Tabella 11.4 – Riepilogo sforzi di Taglio e di Torsione nelle sezioni di verifica – travi di bordo ed interne

Risulta evidente che le travi interne sono maggiormente sollecitate a Taglio e Torsione rispetto a quelle di bordo; gli sforzi impiegati nelle verifiche a SLU sono appresso riepilogati:

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	99

RIEPILOGO SFORZI DI TAGLIO E DI TORSIONE - VERIFICHE SLU-STR									
ascissa - x (m)	0.00				1.80				
	Vmax		Tmax		Vmax		Tmax		
	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	V (kN)	T (kNm)	
g1a	490.6	0.0	490.6	0.0	391.4	0.0	391.4	0.0	1.35
g1b	415.0	0.9	415.0	0.9	359.1	2.0	359.1	2.0	1.35
g2	173.2	103.4	173.2	103.4	188.2	95.9	188.2	95.9	1.35
g3	565.1	-23.1	565.1	-23.1	510.2	-21.8	510.2	-21.8	1.50
gr.1	1667.1	345.8	1116.0	973.2	1388.0	280.3	889.9	834.0	1.45
gr.3	1655.6	231.7	1197.1	944.7	1432.0	218.5	934.4	823.0	1.45
q6	8.2	90.5	8.2	90.5	8.7	82.6	8.7	82.6	0.90
SLU - gr.1	3319.2	517.5	2768.0	1144.9	2845.5	439.0	2347.5	992.8	
SLU - gr.3	3307.6	403.4	2849.1	1116.4	2889.6	377.3	2391.9	981.8	
Massimi	3319.2			1144.9	2889.6			992.8	

Tabella 11.5 – Riepilogo sforzi di Taglio e di Torsione – Verifiche SLU

La tabella seguente riepiloga i valori degli sforzo di taglio impiegati nelle verifiche di connessione tra trave e soletta, ottenuti dai precedenti trascurando i contributi relativi ai pesi propri delle travi e della soletta che agiscono sulla trave "isolata":

SFORZI DI TAGLIO PER VERIFICHE SLU-STR CONNESSIONE TRAVE-SOLETTA

ascissa - x (m)	0.00	1.80
	V (kN)	V (kN)
SLU - gr.1	2413.6	2095.1
SLU - gr.3	2402.1	2139.1
Massimi	2413.6	2139.1

Tabella 11.6 – Riepilogo sforzi di Taglio– Verifiche SLU di connessione trave-soletta

11.4 Perdite di tensione nei trefoli

Di seguito sono illustrati i criteri per il calcolo delle perdite di tensione nei trefoli. Si rimanda ai tabulati di verifica delle travi per l'illustrazione dei valori di perdita di tensione.

11.4.1 Perdite di tensione istantanee al rilascio dei trefoli

Le perdite di tensione istantanee dovute all'accorciamento del cls sono state calcolate con la seguente espressione:

$$\Delta\sigma_p = \frac{E_s}{E_{cm}(t)} \cdot \Delta\sigma_c$$

Dove:

$\Delta\sigma_c$ è la variazione di tensione nel cls alla quota del cavo, generata dalla precompressione e dagli effetti del peso proprio della trave;

E_s è il modulo di elasticità dell'acciaio da precompressione;

$E_{cm}(t) = [f_{cm}(t_0)/f_{cm}]^{0.3} \cdot E_{cm}$ è il modulo di elasticità del cls al tempo $t=t_0$, valutato in accordo al paragrafo 3.1.3 della norma EN1992-1-1.

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	100

11.4.2 Perdite di tensione per viscosità del cls

La perdita di tensione nei trefoli per viscosità del cls caricato al tempo t_0 dalla esecuzione dei getti, valutata al generico tempo t , è fornita dalla seguente espressione:

$$\Delta\sigma_{sc} = E_s \cdot \varepsilon_{cc}(t, t_0)$$

Dove:

E_s è il modulo di elasticità dell'acciaio da precompressione;

$\varepsilon_{cc}(t, t_0) = \varphi(t, t_0) \cdot \left(\frac{\sigma_c}{E_{c0}}\right)$ è la deformazione viscosa del cls a tempo t , per una tensione costante applicata all'età t_0 dalla esecuzione dei getti;

Dove:

$\varphi(\infty, t_0)$ è il coefficiente di viscosità a tempo infinito del cls caricato all'età t_0 ;

σ_c è la tensione di compressione alla quota del cavo risultante;

E_{c0} è il modulo tangente di elasticità del cls al tempo t_0 .

Il coefficiente di viscosità del cls è stato determinato in accordo all'annesso B della norma EN1992-1-1:2005. In particolare, il coefficiente di viscosità al tempo di maturazione t , per cls caricato al tempo t_0 , è dato da:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t - t_0)$$

Dove:

$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$ è il coefficiente nominale di viscosità;

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \text{ per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \text{ per } f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

RH è l'umidità relativa dell'ambiente circostante in %;

$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$ è un fattore che tiene conto dell'effetto della resistenza a compressione del cls sul coefficiente di viscosità nominale;

$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}$ è un fattore che tiene conto dell'effetto dell'età di applicazione del carico al cls sul coefficiente di viscosità nominale;

$h_0 = \frac{2A_c}{u}$ è la dimensione nominale della sezione;

A_c è l'area della sezione in cls;

u è il perimetro della trave a contatto con l'atmosfera;

$\beta_c(t - t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]$ è un coefficiente che descrive lo sviluppo della viscosità con il tempo dopo la messa in carico;

t è l'età del cls in giorni alla quale viene valutato il coefficiente di viscosità;

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \leq 1500 \quad \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \quad \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

è un coefficiente che descrive lo sviluppo della viscosità con il tempo dopo la messa in carico;

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	101

$$\alpha_1 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.7} \quad \alpha_2 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.2} \quad \alpha_3 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.5}$$

Sono coefficienti che tengono conto dell'influenza della resistenza del cls.

E' stato assunto un tempo di messa in carico delle travi, al rilascio dei trefoli, pari a $t_0 = 7$ gg.

In accordo allo sviluppo delle fasi esecutive, le cadute di tensione dovute ai carichi applicati sono state calcolate ai seguenti tempi:

- A $t_1 = 150$ gg corrispondente all'intervallo di tempo intercorso tra la realizzazione delle travi prefabbricate e il getto della soletta – $\varphi(150,7)$;
- A $t_{fin} = 100 \times 365 = 36500$ età dalla realizzazione dei getti delle travi ampiamente compatibile con la Vita Nominale dell'opera pari a 75 anni – $\varphi(36500,7)$, sostanzialmente coincidente con φ_0 ;

Per la soletta è stato considerato un tempo di messa in carico pari al tempo di maturazione del cls (28 gg).

Di seguito si riporta il calcolo dei coefficienti di viscosità illustrati:

	Var	unità	travi	soletta
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%	70%
resistenza cilindrica media del cls	fcm	Mpa	53.0	38.0
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	h0	mm	200	620
coefficiente a1	α_1		0.75	0.94
coefficiente a2	α_2		0.92	0.98
coefficiente a3	α_3		0.81	0.96
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t0		7	28
coefficiente di influenza della umidità relativa	φ_{RH}		1.27	1.31
coefficiente di influenza della resistenza del cls	$\beta(f_{cm})$		2.31	2.73
coefficiente di influenza dell'età del cls alla messa in tensione	$\beta(t_0)$		0.635	0.488
coefficiente nominale di viscosità	φ_0		1.86	1.74
coefficiente dipendente da RH e h0	β_H		517	1210
tempo di calcolo del coefficiente di viscosità	t		150	36500
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t-t_0)$		0.63	0.99
coefficiente di viscosità al tempo t	$\varphi(t-t_0)$		1.18	1.73

Le perdite di tensione al tempo finale delle travi sono state valutate considerando un coefficiente di viscosità pari alla differenza tra φ_0 e $\varphi(150,7)$:

coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t1) φ_c (inf,t1) **0.69**

11.4.3 Perdite di tensione per ritiro del cls

La perdita di tensione nei trefoli per ritiro del cls dal tempo t_s coincidente con la fine del curing, valutata al generico tempo t, è fornita dalla seguente espressione:

$$\Delta\sigma_{ss} = E_s \cdot \varepsilon_{cs}(t, t_s)$$

La deformazione da ritiro del cls dal tempo t_s , valutata al generico tempo t, è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento alla deformazione per ritiro autogeno:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	102

$$\varepsilon_{cd}(t, t_s) = \varepsilon_{cd}(t, t_s) + \varepsilon_{ca}$$

Dove:

$$\varepsilon_{cd}(t, t_s) = \beta_{ds}(t - t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

deformazione per ritiro da essiccamento al tempo t;

deformazione per ritiro autogeno al tempo infinito;

k_h è un coefficiente dipendente dalla dimensione nominale, valutato in accordo alla tabella 3.3 della norma EN1992-1-1:2005:

h_0 (mm)	k_h
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

La deformazione per ritiro a tempo infinito è stata valutata in accordo all'annesso B della norma EN 1992-1-1:2005:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] \cdot \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = -1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{100}\right)^3 \right]$$

Nella quale:

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa};$$

α_{ds1}

è un coefficiente che dipende dal tipo di cemento:

= 3 per cementi a lento indurimento (S);

= 4 per cementi a normale o rapido indurimento (N);

= 6 per cementi a rapido indurimento ed elevata resistenza (R);

α_{ds2}

è un coefficiente che dipende dal tipo di cemento:

= 0.13 per cementi a lento indurimento (S);

= 0.12 per cementi a normale o rapido indurimento (N);

= 0.11 per cementi a rapido indurimento ed elevata resistenza (R);

Il coefficiente che tiene conto dello sviluppo del ritiro col tempo è fornito da:

$$\beta_{ds}(t - t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \cdot \sqrt{h_0^3}}$$

Di seguito si riporta il calcolo della deformazione per essiccamento a tempo infinito per travi e soletta:

	Var	unità	travi	soletta
resistenza cilindrica media del cls	fcm	Mpa	53	38
resistenza di riferimento pari a 10 MPa	fcm0	MPa	10	10
coefficiente che dipende dal tipo di cemento	α_{ds1}		4	4
coefficiente che dipende dal tipo di cemento	α_{ds2}		0.12	0.12
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%	70%
coefficiente di influenza dell'umidità relativa	β_{RH}		-1.018	-1.018
coefficiente di ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd,0}$		-0.00030	-0.00036

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	103

E' stato assunto un tempo di inizio del ritiro per essiccamento delle travi pari a $t_s = 3$ gg.

In accordo allo sviluppo delle fasi esecutive, anche le cadute di tensione dovute al ritiro sono state calcolate ai seguenti tempi:

- A $t_1 = 150$ gg;
- A t_{inf} .

le perdite di tensione delle travi al tempo finale sono state valutate considerando una deformazione per ritiro pari alla differenza tra quella calcolata a t_{inf} e quella calcolata a t_1 :

deformazioni da ritiro - Travi	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccamento di riferimento	$\varepsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.85
deformazione finale da ritiro per essiccamento: $\varepsilon_{cd,0} \times kh$	$\varepsilon_{cd,inf}$	%	0.026%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - t_s)$		0.56
deformazione da ritiro per essiccamento al tempo t_1	$\varepsilon_{cd}(t_1)$	%	0.015%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\varepsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\varepsilon_{cs,inf}$	%	0.034%
deformazione totale per ritiro al tempo t_1 - fase 1	$\varepsilon_{cs}(t_1)$	%	0.023%
deformazione residua per ritiro successiva a t_1 - fase 2	$\varepsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.011%

11.4.4 Perdite di tensione per rilassamento dei trefoli

Le perdite legate al rilassamento delle armature di precompressione sono state calcolate con la seguente espressione (§11.3.3.3 NTC08), valida per trefoli di Classe 2:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

Dove:

- σ_{pi} è la tensione iniziale nel cavo al netto delle perdite istantanee per accorciamento del cls;
- ρ_{1000} è la perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione iniziale;
- $\mu = \sigma_{pi} / f_{pk}$
- f_{pk} è la resistenza caratteristica dell'acciaio da precompressione;
- t è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

Anche per il rilassamento le perdite sono state valutate a $t_1=150$ gg ed a $t_{fin}=36500$ gg.

11.4.5 Perdite di tensione complessive per fenomeni lenti (viscosità, ritiro e rilassamento)

Le perdite di tensione complessive per fenomeni lenti $\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ sono state valutate in accordo al paragrafo 5.10.6 della norma EN1992-1-1; in particolare è stata utilizzata la seguente formulazione semplificata:

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0.8 \cdot \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \frac{A_p}{A_c} \cdot \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2\right) \cdot [1 + 0.8 \cdot \varphi(t, t_0)]}$$

Dove:

- ε_{cs} è la deformazione per ritiro del cls determinata in accordo a quanto illustrato al paragrafo 11.4.3;
- E_p è il modulo elastico dell'acciaio da precompressione;

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	104

E_{cm}	è il modulo elastico del cls;
$\Delta\sigma_{pr}$	è il valore assoluto delle perdite di tensione nel cavo al tempo t, dovuto al rilassamento dell'acciaio da precompressione, determinato in accordo a quanto illustrato al paragrafo 11.4.4;
$\varphi(t, t_0)$	è il coefficiente di viscosità del cls caricato al tempo t_0 , valutato al tempo t;
$\sigma_{c,QP}$	è la tensione nel cls alla quota del cavo di precompressione, dovuta ai pesi propri, alla precompressione iniziale e alle altre azioni quasi-permanenti in relazione alla fase di costruzione considerata;
A_p	è l'area delle armature da precompressione;
A_c	è l'area della sezione in cls;
I_c	è in momento d'inerzia della sezione in cls;
Z_{cp}	è la distanza tra il baricentro della sezione in cls e il cavo di precompressione.

Anche in questo caso le perdite complessive per fenomeni lenti sono state valutate a $t_1=150$ gg ed a $t_{fin}=36500$ gg.

11.5 Effetti del ritiro differenziale soletta-trave

La differenza di età di realizzazione della soletta rispetto alla trave, in questa sede ipotizzata pari a 150 gg, fa sì che al momento della realizzazione della soletta le travi abbiano già scontato parte degli effetti dovuti al ritiro.

Pertanto, il ritiro della soletta è parzialmente contrastato dalle travi prefabbricate.

In condizioni di ritiro totalmente impedito nella soletta si determina uno sforzo di trazione pari a:

$$N_{rit} = [\varepsilon_{cs,inf} - \varepsilon_{cs}(t_1, inf)] \cdot E_{cs} \cdot A_{soletta}$$

Dove:

$\varepsilon_{cs,inf}$	è la deformazione per ritiro della soletta a tempo infinito;
$\varepsilon_{cs}(t_1, inf)$	è la deformazione residua per ritiro delle travi a tempo infinito a partire dal tempo $t_1=150$ gg di realizzazione della soletta;
$E_{cs} = E_{cm} / [1+\varphi(inf, t_0)]$	è il modulo elastico del cls della soletta a lungo termine, ridotto per tenere conto degli effetti viscosi;
$\varphi(inf, t_0)$	è il coefficiente di viscosità del cls della soletta a tempo infinito, calcolato in accordo al paragrafo 11.4.2;
$A_{soletta}$	è l'area complessiva della soletta.

Sulla sezione composta trave+soletta, questa azione determina l'insorgere di una azione assiale di compressione di medesimo valore, applicata al baricentro della soletta.

Per effetto della eccentricità e_2 del baricentro della soletta rispetto al baricentro della sezione composta, ne consegue l'insorgere di un momento flettente positivo (tende le fibre inferiori), di entità pari a:

$$M_{rit} = N_{rit} \cdot e_2$$

Le azioni generate dal ritiro differenziale soletta-trave sono state ripartite in egual misura sulle 4 travi di impalcato.

Nel caso in esame si ha:

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	105

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: soletta (Bimp x Hsol)	Ac	mq	1.198
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf-\epsilon_{cs}(t1,inf)}$	%	0.019%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11965
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta\sigma_{rit}$	Mpa	2.29
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	2746

11.6 Verifiche tensionali a Pressoflessione agli SLE

Le verifiche sono state sviluppate in modo da controllare l'evoluzione dello stato tensionale nelle travi, tenendo conto delle variazioni delle proprietà geometrico-inerziali e degli effetti legati alle perdite di tensione; in particolare, dapprima sono state calcolate separatamente le tensioni generate dalle singole azioni elementari:

- Peso proprio trave (g1a) – Sezione resistente: trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione;
- Precompressione – Sezione resistente: trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione;
- Perdite di precompressione a tempo t1 corrispondente alla realizzazione della soletta – Sezione resistente: trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione;
- Peso proprio della soletta (g1b) – Sezione resistente: trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione;
- Permanenti portati + ballast (g2+g3) – Sezione resistente: composta dalla trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione e dalla soletta;
- Effetti del ritiro differenziale tra soletta e trave (Rit) – Sezione resistente: composta dalla trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione e dalla soletta;
- Incremento perdite di precompressione a t=inf – Sezione resistente: composta dalla trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione e dalla soletta;
- Carichi variabili da traffico ferroviario (Q1) – Sezione resistente: composta dalla trave prefabbricata comprensiva delle arm.di precompressione e dalla soletta;

successivamente le tensioni elementari sono state sommate in accordo all'evoluzione delle fasi costruttive:

- Fase 1: fase iniziale corrispondente al rilascio dei trefoli, in cui si considerano gli effetti del peso proprio della trave e della tesatura (a + b);
- Fase 2: a t=t1, pari a 150 gg, in cui si considerano gli effetti generati dalle perdite di precompressione nelle travi fino a questa età (a + b +c);
- Fase 3: corrispondente al getto della soletta (a + b + c + d);
- Fase 4: corrispondente al completamento dei carichi permanenti portati e del ballast (a + b + c + d + e);
- Fase 5: corrispondente alle condizioni di lungo termine in cui si considerano esauriti i fenomeni lenti compresi gli effetti del ritiro differenziale soletta-trave (a + b + c + d + e +f + g);
- Fase 6: corrispondente alle combinazioni SLE-QP e SLE-Rare in cui si sommano con i relativi coefficienti parziali gli effetti dovuti ai carichi accidentali (a + b + c + d + e +f + g + h).

le tensioni sono state calcolate nelle seguenti fibre:

- Fibra superiore soletta (per i carichi da e fino ad h) – sol-sup;
- Fibra inferiore soletta (per i carichi da e fino ad h) – sol-inf;
- Fibra superiore trave – trave-sup;
- Fibra inferiore trave – trave-inf;
- Fibra baricentro cavo risultante di precompressione – ax cavo.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	106

Infine, sono state confrontate le tensioni massime agenti sulle fibre in cls con i limiti ammissibili illustrati al paragrafo 7.1.1 e 7.1.2.

11.6.1 Sezione x=11.40 m (mezzeria) – 72 trefoli

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo trave prefabbricata	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck	Mpa	55.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck	Mpa	45.0
Resistenza cubica caratteristica alla tesatura dei trefoli	Rckj	Mpa	40.0
Resistenza cilindrica caratteristica alla tesatura dei trefoli	fckj	Mpa	32.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm	MPa	36283
Modulo elastico del calcestruzzo alla tesatura dei trefoli	Ecm(t0)	MPa	33346
Resistenza a trazione caratteristica a 28gg	fctm	MPa	3.80
Resistenza a trazione caratteristica alla tesatura dei trefoli (t ₀)	fctmj	MPa	3.02
Tensioni ammissibili alla tesatura			
Tensione ammissibile a compressione	0.60 fckj	σ _{cm} maxi	Mpa 19.20
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{ct} maxi	Mpa 0.00
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{cm} maxf_r	Mpa 24.75
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{cm} maxf_qp	Mpa 18.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{ct} max	Mpa 0.00
Calcestruzzo soletta di completamento			
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck_s	Mpa	37.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck_s	Mpa	30.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm_s	MPa	32837
Resistenza a trazione	fctm_s	MPa	2.90
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{cm} maxf_s_r	Mpa 16.50
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{cm} maxf_s_qp	Mpa 12.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	fctm/1.2	σ _{ct} max_s	Mpa 2.41
Acciaio di precompressione			
resistenza caratteristica a rottura	f _{ptk}	Mpa	1860
resistenza caratteristica a snervamento	f _{p(0.1)k}	Mpa	1670
Modulo elastico acciaio armonico	E _p	Mpa	195000
Reistenza di calcolo dell'acciaio agli SLU			
resistenza di progetto	f _{p(0.1)k} /1.15	f _{yd}	Mpa 1452
Tensioni ammissibili alla tesatura			
tensione di trazione amm. alla tesatura	min(0.9 f _{p(0.1)k} ; 0.8 f _{ptk})	σ _{a0} max	Mpa 1488
Tensioni ammissibili in esercizio			
tensione di trazione ammissibile in esercizio	0.80 f _{p(0.1)k}	σ _{at} max	Mpa 1336

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	107

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE - SOLETTA - ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Sezione in cls trave prefabbricata	Var	unità	
Altezza	Hcls	m	2.100
Area	Acls	m2	1.087
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zgcls	m	0.909
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls	m4	0.5822

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.191	-0.909	-0.480
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.640	1.213

Soletta di completamento

	Var	unità	
Spessore getto di completamento al netto delle predalle	Hcls2	m	0.260
Spessore delle predalle	Hpred	m	0.050
Larghezza collaborante	Bcls2	m	2.410
Area	Acls2	m2	0.627
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore sezione composta	zgcls2	m	2.280
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lx0cls2	m4	0.0035

Armature di precompressione

linea n.	n.trefoli / barre	ftrefolo / barra (mm)	fguaina (mm)	A barra (m2)	A risultante (m2)	A guaine (m2)	z linea (m)	A x z linea (m3)
1	16	15.2	0	0.000139	0.002224	0	0.070	0.00015568
2	16	15.2	0	0.000139	0.002224	0	0.120	0.00026688
3	16	15.2	0	0.000139	0.002224	0	0.170	0.00037808
4	6	15.2	0	0.000139	0.000834	0	0.220	0.00018348
5	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.800	0.0002224
6	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.870	0.00024186
7	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.940	0.00026132
8	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.010	0.00028078
9	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.080	0.00030024
10	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.150	0.0003197
11	6	15.2	0	0.000139	0.000834	0	2.020	0.00168468
Sommano	72				0.010	0		0.0043

Caratteristiche cavo risultante

	Var	unità	
Area complessiva trefoli/barre	Atr1	m2	0.0100
Aera complessiva guaine	Ag	m2	0.0000
Momento statico rispetto all'asse x (lembo inferiore)	Sx	m3	0.0043
ordinata cavo risultante (lembo inferiore)	zc1	m	0.429

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	108

Sezione Trave - solo cls

	Var	unità	
Area	Anet	m2	1.087
Ordinata baricentro rispetto a spigolo inferiore sx	zgnet	m	0.909
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxnet	m4	0.5822

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.191	-0.909	-0.480
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.640	1.213

Sezione Trave + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n		5.37
Area	Alorda	m2	1.141
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda	m	0.886
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda	m4	0.5940
eccentricità baricentro armature e punto applicazione sforzo normale	e	m	0.457

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.214	-0.886	-0.457
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.670	1.299

Sezione Trave + Soletta + Armature di precompressione

coefficiente di omogeneizzazione getti di 2°fase - getti di prima fase	n2		0.91
Area	Alorda2	m2	1.708
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda2	m	1.349
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda2	m4	1.3329
eccentricità soletta - trave	e2	m	0.881

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sol-sup	sol-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.360	2.100	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.011	0.751	0.751	-1.349	-0.920
Modulo elastico in direzione x	m3	-1.319	-1.775	-1.775	0.988	1.449

TENSIONE INIZIALE DI PRECOMPRESSIONE

Dati - Travi prefabbricate

	Var	unità	
tensione iniziale di tesatura al martinetto	σ _{pi}	Mpa	1350
tiro iniziale	N _{p0}	kN	13511
tensione nel cls a livello del cavo al tiro	σ _c	Mpa	15.07
Perdita di tensione	Δ σ _p	MPa	88.2
tensione nel cavo dopo le perdite istantanee	σ _p	MPa	1262
precompressione dopo le perdite di tensione istantanee	N _p	kN	12629

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	109

FENOMENI LENTI (RITIRO - VISCOSITA' - RILASSAMENTO)

Dati - Travi prefabbricate	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	36283
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	1.087
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	10.86
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	200
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls all'inizio del ritiro per essiccaamento	ts	gg	3
età del cls al momento dell'applicazione della precompressione	t0	gg	7
età del cls delle travi corrispondente al getto della soletta	t1	gg	150
<hr/>			
Dati - Soletta di completamento	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	32837
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	0.627
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	2.41
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	520
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t0	gg	28
<hr/>			
deformazioni da ritiro - Travi	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.85
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.026%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccaamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - ts)$		0.56
deformazione da ritiro per essiccaamento al tempo t1	$\epsilon_{cd}(t_1)$	%	0.015%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.034%
deformazione totale per ritiro al tempo t1 - fase 1	$\epsilon_{cs}(t_1)$	%	0.023%
deformazione residua per ritiro successiva a t1 - fase 2	$\epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.011%
<hr/>			
deformazioni da ritiro - Soletta	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.036%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.70
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.025%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.005%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.030%
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf} - \epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.019%
<hr/>			
coefficiente di viscosità - travi	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.63
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.86
coefficiente di viscosità a tempo t1	$\phi_c(t_1, t_0)$		1.18
coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t1)	$\phi_c(inf, t_1)$		0.69
<hr/>			
coefficiente di viscosità - soletta	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.99
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.77

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	110

Perdite da ritiro del calcestruzzo	Var	unità	
Perdita di precompressione per ritiro a t = t1	$\Delta \sigma_{r_t1}$	Mpa	45.4
Incremento di perdita di precompressione per ritiro a t=tinf	$\Delta \sigma_{r_tinf}$	Mpa	21.8
Totale perdite per ritiro	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	67.2

Perdite per Viscosità	Var	unità	
σ_{cls} alla quota al baricentro del cavo a t = t0	σ_{cavo}	Mpa	14.21
Perdita di precompressione per viscosità a t = t1	$\Delta \sigma_{v_t1}$	Mpa	90.0
σ_{cls} alla quota al baricentro del cavo a t = t1	σ_{cavo}	Mpa	10.98
Perdita di precompressione per viscosità a t = tinf.	$\Delta \sigma_{v_tinf}$	Mpa	40.5
Totale perdite per viscosità	$\Delta \sigma_{v_tot}$	Mpa	130.5

Perdite per Rilassamento	Var	unità	
Classe di armatura	Cl_a		2
perdita di rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione	ρ_{1000}	%	2.5
rapporto tra tensione iniziale e resistenza caratteristica dell'acciaio	μ		0.73
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = t1	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_t1}$		1.6%
Perdite per rilassamento a tempo t = t1	$\Delta \sigma_{pr_t1}$	Mpa	21.4
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = tinf	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_tinf}$		4.4%
Incremento perdite per rilassamento a tempo t = tinf	$\Delta \sigma_{pr_tinf}$	Mpa	37.6
Totale perdite per rilassamento	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	59.1

Perdite per fenomeni differiti totali a t = t1	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_t1}$	Mpa	134.1
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	11%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione a t = t1	σ_{pfin}	Mpa	1127.8

Incremento Perdite per fenomeni differiti totali a t = tinf	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_tinf}$	Mpa	83.3
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	7%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione	σ_{pfin}	Mpa	1044.5

Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot}$	Mpa	217.4
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	17%

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: Area complessiva soletta al netto delle predalle	Ac	m ²	1.066
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf}-\epsilon_{cs}(t1,inf)$	%	0.019%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11852
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta \sigma_{rit}$	Mpa	2.27
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	2419

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	111

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Condizione di carico	N kN	Mx kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	0.0	1980.0
b) Precompressione	-12628.6	-6059.6
c) Perdite precompressione a t = t1	1341.9	643.9
d) Peso proprio - soletta (g1b)	0.0	2026.2
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	0.0	3431.0
f) effetti del ritiro differenziale fra trave e soletta (Rit)	-2419	2131.2
g) Incremento di Perdite precompressione a t=tinf	833.5	399.9
h) Accidentali - Traffico	0.0	6237.9
vento	0.0	180.1
h1) Accidentali - Traffico + 0.60 vento	0.0	6346.0

TENSIONI NORMALI SUL CALCESTRUZZO (Mpa) - positive di trazione

Condizione di carico	fibra	sol-sup	sol-inf	1	2	3
				trave-sup	trave-inf	ax cavo
a) Peso proprio - trave (g1a)	G1a			-4.05	2.95	1.52
b) Precompressione	Prec			1.31	-20.11	-15.73
c) Perdite precompressione a t = t1	DP_1			-0.14	2.14	1.67
d) Peso proprio - soletta (g1b)	G1b			-4.14	3.02	1.56
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	G2+G3	-2.35	-1.75	-1.93	3.47	2.37
f) effetti del ritiro fra trave e soletta (R	Drit	1.12	1.49	-2.62	0.74	0.05
g) incremento perdite di prec. A t=tin	DP_2	0.17	0.24	0.26	0.89	0.76
h1) Accidentali - Condizione 1	Q1	-4.36	-3.24	-3.58	6.42	4.38
a+b				-2.73	-17.16	-14.21
a+b+c				-2.87	-15.02	-12.54
a+b+c+d				-7.01	-12.00	-10.98
a+b+c+d+e		-2.35	-1.75	-8.95	-8.52	-8.61
a+b+c+d+e+f+g		-1.07	-0.02	-11.30	-6.89	-7.79
a+b+c+d+e+f+g	Ψ	-1.07	-0.02	-11.30	-6.89	-7.79
a+b+c+d+e+f+g+h - SLE-QP		0.2	-1.94	-0.67	-12.02	-6.92
a+b+c+d+e+f+g+h- SLE-R		1.0	-5.43	-3.25	-14.88	-3.41

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	112

VERIFICHE TENSIONALI CALCESTRUZZO

Tensioni Iniziali - alla tesatura

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	17.16	OK<=19.2
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Carichi Permanenti

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	1.07	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.00	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	11.30	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-QP

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	1.94	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.00	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	12.02	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-FR

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	4.99
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.00
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	14.52
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	0.00

A lungo termine - Combinazione SLE-R

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	5.43	OK<=16.5
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.00	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	14.88	OK<=24.75
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	0.00	OK<=0

Le figure seguenti illustrano l'andamento delle tensioni nelle fibre di estremità di trave e soletta:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	113

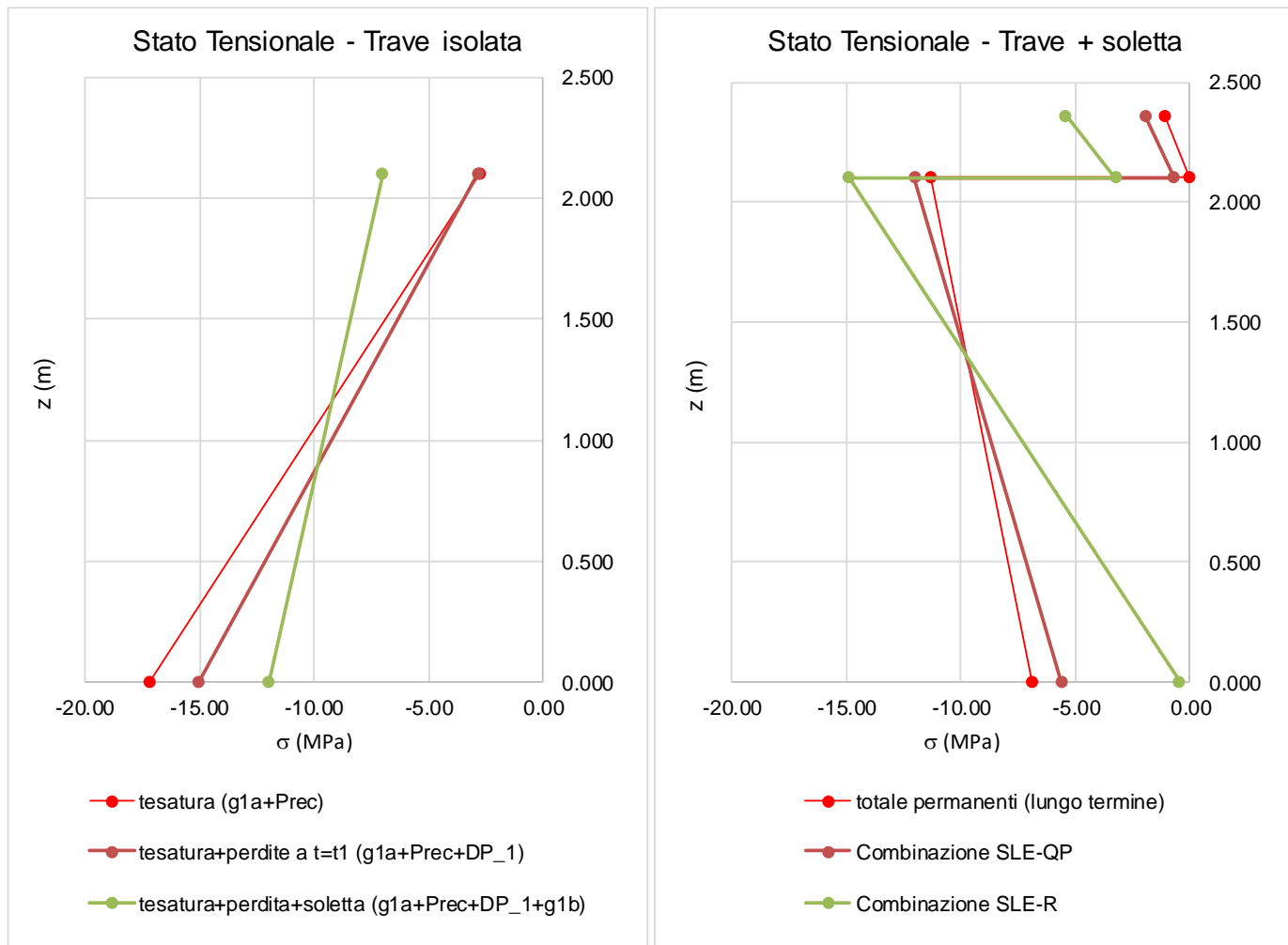


Figura 11.1 – Sezione x=11.40 (mezzeria) – 72 trefoli – Andamento tensioni SLE

E' possibile osservare quanto segue:

- Le tensioni massime di compressione su trave e soletta si mantengono sempre entro i valori ammissibili;
- la trave prefabbricata risulta interamente compressa in ciascuna fase esecutiva e in esercizio;
- Anche la soletta risulta interamente compressa in ogni fase.

Tutte le verifiche tensionali sono pertanto soddisfatte e rispettose delle condizioni restrittive imposte dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]).

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	114

11.6.2 Sezione x=2.85 m – 72 trefoli

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo trave prefabbricata	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck	Mpa	55.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck	Mpa	45.0
Resistenza cubica caratteristica alla tesatura dei trefoli	Rckj	Mpa	40.0
Resistenza cilindrica caratteristica alla tesatura dei trefoli	fckj	Mpa	32.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm	MPa	36283
Modulo elastico del calcestruzzo alla tesatura dei trefoli	Ecm(t0)	MPa	33346
Resistenza a trazione caratteristica a 28gg	fctm	MPa	3.80
Resistenza a trazione caratteristica alla tesatura dei trefoli (14 gg)	fctmj	MPa	3.02
Tensioni ammissibili alla tesatura			
Tensione ammissibile a compressione	0.60 fckj	σ_{cmaxi}	Mpa 19.20
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ_{ctmaxi}	Mpa 0.00
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ_{cmaxf_r}	Mpa 24.75
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ_{cmaxf_qp}	Mpa 18.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ_{ctmax}	Mpa 0.00
Calcestruzzo soletta di completamento			
	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck_s	Mpa	37.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck_s	Mpa	30.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm_s	MPa	32837
Resistenza a trazione	fctm_s	MPa	2.90
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	$\sigma_{cmaxf_s_r}$	Mpa 16.50
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	$\sigma_{cmaxf_s_qp}$	Mpa 12.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	fctm/1.2	σ_{ctmax_s}	Mpa 2.41
Acciaio di precompressione			
	Var	unità	
resistenza caratteristica a rottura	fptk	Mpa	1860
resistenza caratteristica a snervamento	fp(0.1)k	Mpa	1670
Modulo elastico acciaio armonico	Ep	Mpa	195000
Reistenza di calcolo dell'acciaio agli SLU			
resistenza di progetto	fp(0.1)k/1.15	fyd	Mpa 1452
Tensioni ammissibili alla tesatura			
tensione di trazione amm. alla tesatura	min(0.9 fp(0.1)k;0.8 fptk)	σ_{a0max}	Mpa 1488
Tensioni ammissibili in esercizio			
tensione di trazione ammissibile in esercizio	0.80 fp(0.1)k	σ_{atmax}	Mpa 1336

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	115

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE - SOLETTA - ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Sezione in cls trave prefabbricata	Var	unità	
Altezza	Hcls	m	2.100
Area	Acls	m ²	1.087
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zgcls	m	0.909
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls	m ⁴	0.5822

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.191	-0.909	-0.480
Modulo elastico in direzione x	m ³	-0.489	0.640	1.213

Soletta di completamento

	Var	unità	
Spessore getto di completamento	Hcls2	m	0.260
Spessore delle predalle	Hpred	m	0.050
Larghezza collaborante	Bcls2	m	2.410
Area	Acls2	m ²	0.627
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore sezione composta	zgcls2	m	2.230
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lx0cls2	m ⁴	0.0035

Armature di precompressione

linea n.	n.trefoli / barre	ftrefolo / barra (mm)	fguaina (mm)	A barra (m ²)	A risultante (m ²)	A guaine (m ²)	z linea (m)	A x z linea (m ³)
1	16	15.2	0	0.000139	0.002224	0	0.070	0.00015568
2	16	15.2	0	0.000139	0.002224	0	0.120	0.00026688
3	16	15.2	0	0.000139	0.002224	0	0.170	0.00037808
4	6	15.2	0	0.000139	0.000834	0	0.220	0.00018348
5	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.800	0.0002224
6	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.870	0.00024186
7	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.940	0.00026132
8	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.010	0.00028078
9	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.080	0.00030024
10	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.150	0.0003197
11	6	15.2	0	0.000139	0.000834	0	2.020	0.00168468
Sommano	72				0.010	0		0.0043

Caratteristiche cavo risultante

	Var	unità	
Area complessiva trefoli/barre	Atr1	m ²	0.0100
Aera complessiva guaine	Ag	m ²	0.0000
Momento statico rispetto all'asse x (lembo inferiore)	Sx	m ³	0.0043
ordinata cavo risultante (lembo inferiore)	zc1	m	0.429

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	116

Sezione Trave - solo cls

	Var	unità	
Area	Anet	m2	1.087
Ordinata baricentro rispetto a spigolo inferiore sx	zgnnet	m	0.909
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxnet	m4	0.5822

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.191	-0.909	-0.480
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.640	1.213

Sezione Trave + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n		5.37
Area	Alorda	m2	1.141
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda	m	0.886
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda	m4	0.5940
eccentricità baricentro armature e punto applicazione sforzo normale	e	m	0.457

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.214	-0.886	-0.457
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.670	1.299

Sezione Trave + Soletta + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione getti di 2°fase - getti di prima fase	n2		0.91
Area	Alorda2	m2	1.708
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda2	m	1.333
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda2	m4	1.2810
eccentricità soletta - trave	e2	m	0.897

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sol-sup	sol-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.360	2.100	2.100	0.000	0.429
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.027	0.767	0.767	-1.333	-0.903
Modulo elastico in direzione x	m3	-1.247	-1.669	-1.669	0.961	1.418

TENSIONE INIZIALE DI PRECOMPRESSIONE

Dati - Travi prefabbricate

	Var	unità	
tensione iniziale di tesatura al martinetto	σ _i	Mpa	1350
tiro iniziale	N _{p0}	kN	13511
tensione nel cls a livello del cavo al tiro	σ _c	Mpa	15.94
Perdita di tensione	Δσ _p	MPa	93.2
tensione nel cavo dopo le perdite istantanee	σ _p	MPa	1257
precompressione dopo le perdite di tensione istantanee	N _p	kN	12578

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	117

FENOMENI LENTI (RITIRO - VISCOSITA' - RILASSAMENTO)

Dati - Travi prefabbricate	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	36283
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m ²	1.087
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	10.86
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h ₀	mm	200
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls all'inizio del ritiro per essiccaamento	ts	gg	3
età del cls al momento dell'applicazione della precompressione	t ₀	gg	7
età del cls delle travi corrispondente al getto della soletta	t ₁	gg	150
Dati - Soletta di completamento			
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	32837
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m ²	0.627
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	2.41
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h ₀	mm	520
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t ₀	gg	28
deformazioni da ritiro - Travi			
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h ₀	kh		0.85
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.026%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccaamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - t_s)$		0.56
deformazione da ritiro per essiccaamento al tempo t ₁	$\epsilon_{cd}(t_1)$	%	0.015%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.034%
deformazione totale per ritiro al tempo t₁ - fase 1	$\epsilon_{cs}(t_1)$	%	0.023%
deformazione residua per ritiro successiva a t₁ - fase 2	$\epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.011%
deformazioni da ritiro - Soletta			
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.036%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h ₀	kh		0.70
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.025%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.005%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.030%
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf} - \epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.019%
coefficiente di viscosità - travi			
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.63
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.86
coefficiente di viscosità a tempo t ₁	$\phi_c(t_1, t_0)$		1.18
coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t ₁)	$\phi_c(inf, t_1)$		0.69
coefficiente di viscosità - soletta			
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.99
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.77

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	118

Perdite da ritiro del calcestruzzo	Var	unità	
Perdita di precompressione per ritiro a t = t1	$\Delta \sigma_{r_t1}$	Mpa	45.4
Incremento di perdita di precompressione per ritiro a t=tinf	$\Delta \sigma_{r_tinf}$	Mpa	21.8
Totale perdite per ritiro	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	67.2

Perdite per Viscosità	Var	unità	
σ_{cls} alla quota al baricentro del cavo a t = t0	σ_{cavo}	Mpa	15.01
Perdita di precompressione per viscosità a t = t1	$\Delta \sigma_{v_t1}$	Mpa	95.1
σ_{cls} alla quota al baricentro del cavo a t = t1	σ_{cavo}	Mpa	12.68
Perdita di precompressione per viscosità a t = tinf.	$\Delta \sigma_{v_tinf}$	Mpa	46.7
Totale perdite per viscosità	$\Delta \sigma_{v_tot}$	Mpa	141.9

Perdite per Rilassamento	Var	unità	
Classe di armatura	Cl_a		2
perdita di rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione	ρ_{1000}	%	2.5
rapporto tra tensione iniziale e resistenza caratteristica dell'acciaio	μ		0.73
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = t1	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_t1}$		1.6%
Perdite per rilassamento a tempo t = t1	$\Delta \sigma_{pr_t1}$	Mpa	21.4
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = tinf	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_tinf}$		4.4%
Incremento perdite per rilassamento a tempo t = tinf	$\Delta \sigma_{pr_tinf}$	Mpa	37.6
Totale perdite per rilassamento	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	59.1

Perdite per fenomeni differiti totali a t = t1	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_t1}$	Mpa	138.6
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	11%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione a t = t1	σ_{pfin}	Mpa	1118.2

Incremento Perdite per fenomeni differiti totali a t = tinf	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_tinf}$	Mpa	88.9
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	7%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione	σ_{pfin}	Mpa	1029.3

Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot}$	Mpa	227.5
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	18%

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: soletta (Bimp x Hsol)	Ac	m ²	1.066
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf}-\epsilon_{cs}(t1,inf)$	%	0.019%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11852
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta \sigma_{rit}$	Mpa	2.27
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	2419

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	119

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Condizione di carico	N kN	Mx kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	0.0	852.6
b) Precompressione	-12577.8	-6035.2
c) Perdite precompressione a t = t1	1386.7	665.4
d) Peso proprio - soletta (g1b)	0.0	788.8
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	0.0	1366.2
f) effetti del ritiro differenziale fra trave e soletta (Rit)	-2419	2171.4
g) Incremento di Perdite precompressione a t=tinf	890.1	427.1
h) Accidentali - Traffico vento	0.0	3967.5
h1) Accidentali - Traffico	0.0	17.0
	0.0	3977.7

TENSIONI NORMALI SUL CALCESTRUZZO (Mpa) - positive di trazione

Condizione di carico	fibra	sol-sup	sol-inf	1		2		3
				trave-sup	trave-inf	ax cavo		
a) Peso proprio - trave (g1a)	G1a			-1.74	1.27		0.66	
b) Precompressione	Prec			1.31	-20.03		-15.67	
c) Perdite precompressione a t = t1	DP_1			-0.14	2.21		1.73	
d) Peso proprio - soletta (g1b)	G1b			-1.61	1.18		0.61	
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	G2+G3	-0.99	-0.74	-0.82	1.42		0.96	
f) effetti del ritiro fra trave e soletta (R)	Drit	1.00	1.40	-2.72	0.84		0.11	
g) incremento perdite di prec. A t=tin	DP_2	0.16	0.24	0.27	0.97		0.82	
h1) Accidentali - Condizione 1	Q1	-2.89	-2.16	-2.38	4.14		2.80	
a+b				-0.44	-18.76		-15.01	
a+b+c				-0.58	-16.55		-13.29	
a+b+c+d				-2.19	-15.37		-12.68	
a+b+c+d+e		-0.99	-0.74	-3.01	-13.95		-11.72	
a+b+c+d+e+f+g		0.17	0.90	-5.46	-12.15		-10.78	
a+b+c+d+e+f+g	Ψ	0.17	0.90	-5.46	-12.15		-10.78	
a+b+c+d+e+f+g+h - SLE-QP		0.2	-0.40	0.47	-5.94	-11.32	-10.22	
a+b+c+d+e+f+g+h- SLE-R		1.0	-2.71	-1.26	-7.85	-8.01	-7.97	

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	120

VERIFICHE TENSIONALI CALCESTRUZZO

Tensioni Iniziali - alla tesatura

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	18.76	OK<=19.2
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Carichi Permanenti

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.17	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.90	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	12.15	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-QP

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.40	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.90	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	12.15	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-FR

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	2.43
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.90
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	12.15
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	0.00

A lungo termine - Combinazione SLE-R

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	2.71	OK<=16.5
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{\max_s}	Mpa	0.90	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	12.15	OK<=24.75
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{\max}	Mpa	0.00	OK<=0

Le figure seguenti illustrano l'andamento delle tensioni nelle fibre di estremità di trave e soletta:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

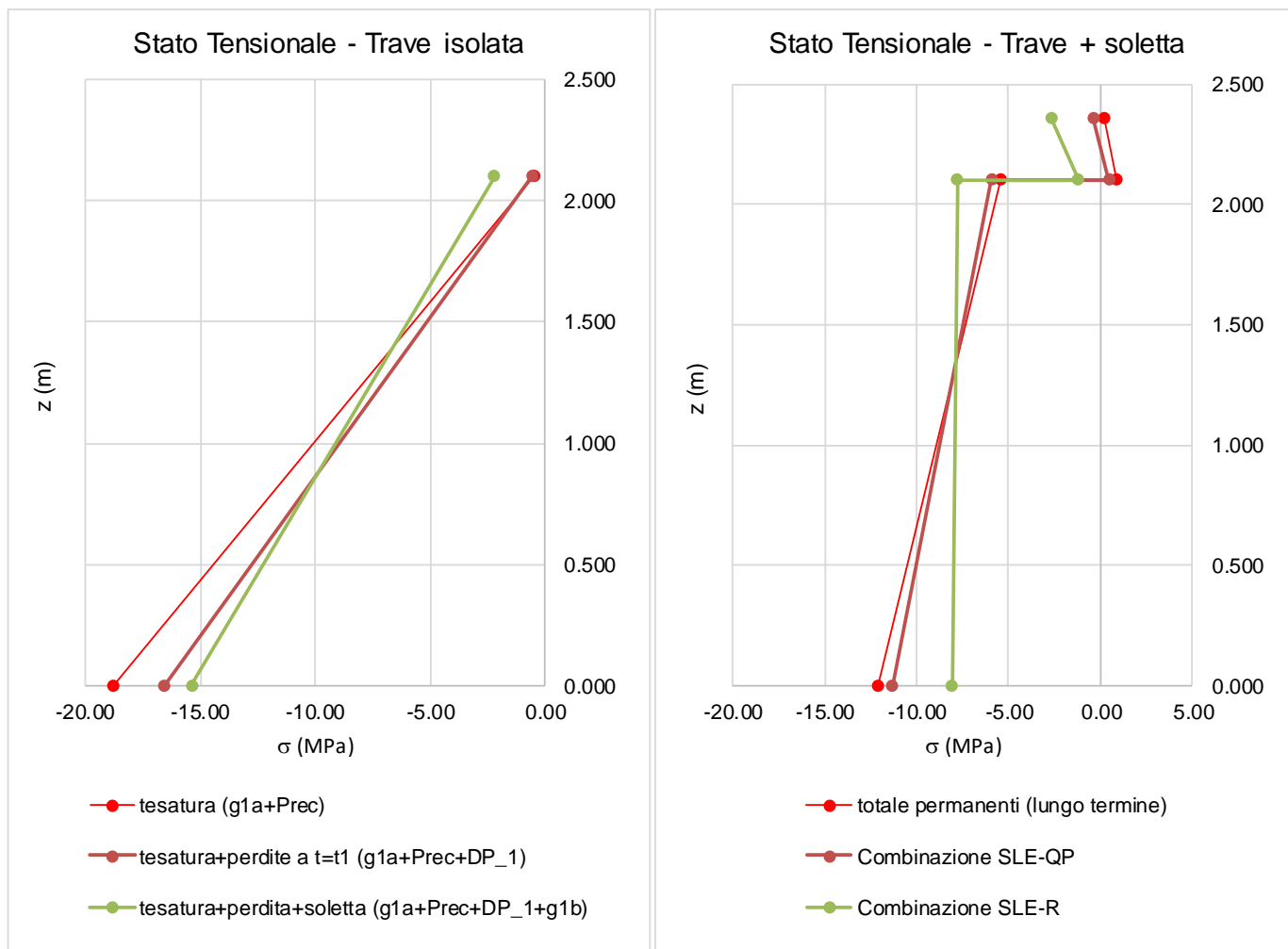


Figura 11.2 – Sezione x=2.85 – 72 trefoli – Andamento tensioni SLE

E' possibile osservare quanto segue:

- Le tensioni massime di compressione su trave e soletta si mantengono sempre entro i valori ammissibili;
- la trave prefabbricata risulta interamente compressa in ciascuna fase esecutiva e in esercizio;
- le fibre della soletta, principalmente per gli effetti legati al ritiro differenziale, sono soggette a un limitato sforzo di trazione, comunque sempre inferiore al valore limite corrispondente allo stato limite di decompressione ($f_{ctm}/1.2$).

Tutte le verifiche tensionali sono pertanto soddisfatte e rispettose delle condizioni restrittive imposte dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]).

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	122

11.6.3 Sezione x=1.80 m – 48 trefoli

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo trave prefabbricata	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck	Mpa	55.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck	Mpa	45.0
Resistenza cubica caratteristica alla tesatura dei trefoli	Rckj	Mpa	40.0
Resistenza cilindrica caratteristica alla tesatura dei trefoli	fckj	Mpa	32.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm	MPa	36283
Modulo elastico del calcestruzzo alla tesatura dei trefoli	Ecm(t0)	MPa	33346
Resistenza a trazione caratteristica a 28gg	fctm	MPa	3.80
Resistenza a trazione caratteristica alla tesatura dei trefoli (14 gg)	fctmj	MPa	3.02
Tensioni ammissibili alla tesatura			
Tensione ammissibile a compressione	0.60 fckj	σ_{cmaxi}	Mpa 19.20
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ_{ctmaxi}	Mpa 0.00
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ_{cmaxf_r}	Mpa 24.75
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ_{cmaxf_qp}	Mpa 18.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ_{ctmax}	Mpa 0.00
Calcestruzzo soletta di completamento			
	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck_s	Mpa	37.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck_s	Mpa	30.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm_s	MPa	32837
Resistenza a trazione	fctm_s	MPa	2.90
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	$\sigma_{cmaxf_s_r}$	Mpa 16.50
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	$\sigma_{cmaxf_s_qp}$	Mpa 12.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	fctm/1.2	σ_{ctmax_s}	Mpa 2.41
Acciaio di precompressione			
	Var	unità	
resistenza caratteristica a rottura	fptk	Mpa	1860
resistenza caratteristica a snervamento	fp(0.1)k	Mpa	1670
Modulo elastico acciaio armonico	Ep	Mpa	195000
Reistenza di calcolo dell'acciaio agli SLU			
resistenza di progetto	fp(0.1)k/1.15	fyd	Mpa 1452
Tensioni ammissibili alla tesatura			
tensione di trazione amm. alla tesatura	min(0.9 fp(0.1)k;0.8 fptk)	σ_{a0max}	Mpa 1488
Tensioni ammissibili in esercizio			
tensione di trazione ammissibile in esercizio	0.80 fp(0.1)k	σ_{atmax}	Mpa 1336

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	123

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE - SOLETTA - ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Sezione in cls trave prefabbricata	Var	unità	
Altezza	Hcls	m	2.100
Area	Acls	m2	1.087
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zgcls	m	0.909
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls	m4	0.5822

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.571
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.191	-0.909	-0.338
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.640	1.724

Soletta di completamento

	Var	unità	
Spessore getto di completamento	Hcls2	m	0.260
Spessore delle predalle	Hpred	m	0.050
Larghezza collaborante	Bcls2	m	2.410
Area	Acls2	m2	0.627
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore sezione composta	zgcls2	m	2.230
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lx0cls2	m4	0.0035

Armature di precompressione

linea n.	n.trefoli / barre	ftrefolo / barra (mm)	fguaina (mm)	A barra (m2)	A risultante (m2)	A guaine (m2)	z linea (m)	A x z linea (m3)
1	10	15.2	0	0.000139	0.00139	0	0.070	0.0000973
2	10	15.2	0	0.000139	0.00139	0	0.120	0.0001668
3	10	15.2	0	0.000139	0.00139	0	0.170	0.0002363
4	0	15.2	0	0.000139	0	0	0.220	0
5	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.800	0.0002224
6	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.870	0.00024186
7	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	0.940	0.00026132
8	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.010	0.00028078
9	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.080	0.00030024
10	2	15.2	0	0.000139	0.000278	0	1.150	0.0003197
11	6	15.2	0	0.000139	0.000834	0	2.020	0.00168468
Sommano	48				0.007	0		0.0038

Caratteristiche cavo risultante

	Var	unità	
Area complessiva trefoli/barre	Atr1	m2	0.0067
Aera complessiva guaine	Ag	m2	0.0000
Momento statico rispetto all'asse x (lembo inferiore)	Sx	m3	0.0038
ordinata cavo risultante (lembo inferiore)	zc1	m	0.571

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	124

Sezione Trave - solo cls

	Var	unità	
Area	Anet	m2	1.087
Ordinata baricentro rispetto a spigolo inferiore sx	zgnnet	m	0.909
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxnet	m4	0.5822

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.571
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.191	-0.909	-0.338
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.489	0.640	1.724

Sezione Trave + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n		5.37
Area	Alorda	m2	1.123
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda	m	0.898
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda	m4	0.5862
eccentricità baricentro armature e punto applicazione sforzo normale	e	m	0.327

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	0.571
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.202	-0.898	-0.327
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.488	0.653	1.793

Sezione Trave + Soletta + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione getti di 2°fase - getti di prima fase	n2		0.91
Area	Alorda2	m2	1.690
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda2	m	1.345
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda2	m4	1.2576
eccentricità soletta - trave	e2	m	0.885

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sol-sup	sol-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.360	2.100	2.100	0.000	0.571
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.015	0.755	0.755	-1.345	-0.774
Modulo elastico in direzione x	m3	-1.239	-1.666	-1.666	0.935	1.625

TENSIONE INIZIALE DI PRECOMPRESSIONE

Dati - Travi prefabbricate

	Var	unità	
tensione iniziale di tesatura al martinetto	σ _{pi}	Mpa	1350
tiro iniziale	N _{p0}	kN	9007
tensione nel cls a livello del cavo al tiro	σ _c	Mpa	9.35
Perdita di tensione	Δσ _p	MPa	54.7
tensione nel cavo dopo le perdite istantanee	σ _p	MPa	1295
precompressione dopo le perdite di tensione istantanee	N _p	kN	8642

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	125

FENOMENI LENTI (RITIRO - VISCOSITA' - RILASSAMENTO)

Dati - Travi prefabbricate	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	36283
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	1.087
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	10.86
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	200
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls all'inizio del ritiro per essiccaamento	ts	gg	3
età del cls al momento dell'applicazione della precompressione	t0	gg	7
età del cls delle travi corrispondente al getto della soletta	t1	gg	150
<hr/>			
Dati - Soletta di completamento	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	32837
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	0.627
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	2.41
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	520
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t0	gg	28
<hr/>			
deformazioni da ritiro - Travi	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.85
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.026%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccaamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - ts)$		0.56
deformazione da ritiro per essiccaamento al tempo t1	$\epsilon_{cd}(t_1)$	%	0.015%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.034%
deformazione totale per ritiro al tempo t1 - fase 1	$\epsilon_{cs}(t_1)$	%	0.023%
deformazione residua per ritiro successiva a t1 - fase 2	$\epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.011%
<hr/>			
deformazioni da ritiro - Soletta	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.036%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.70
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.025%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.005%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.030%
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf} - \epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.019%
<hr/>			
coefficiente di viscosità - travi	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.63
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.86
coefficiente di viscosità a tempo t1	$\phi_c(t_1, t_0)$		1.18
coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t1)	$\phi_c(inf, t_1)$		0.69
<hr/>			
coefficiente di viscosità - soletta	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.99
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.77

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	126

Perdite da ritiro del calcestruzzo	Var	unità	
Perdita di precompressione per ritiro a t = t1	$\Delta \sigma_{r_t1}$	Mpa	45.4
Incremento di perdita di precompressione per ritiro a t=tinf	$\Delta \sigma_{r_tinf}$	Mpa	21.8
Totale perdite per ritiro	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	67.2

Perdite per Viscosità	Var	unità	
σ_{cls} alla quota al baricentro del cavo a t = t0	σ_{cavo}	Mpa	9.01
Perdita di precompressione per viscosità a t = t1	$\Delta \sigma_{v_t1}$	Mpa	57.1
σ_{cls} alla quota al baricentro del cavo a t = t1	σ_{cavo}	Mpa	7.92
Perdita di precompressione per viscosità a t = tinf.	$\Delta \sigma_{v_tinf}$	Mpa	29.2
Totale perdite per viscosità	$\Delta \sigma_{v_tot}$	Mpa	86.3

Perdite per Rilassamento	Var	unità	
Classe di armatura	Cl_a		2
perdita di rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione	ρ_{1000}	%	2.5
rapporto tra tensione iniziale e resistenza caratteristica dell'acciaio	μ		0.73
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = t1	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_t1}$		1.6%
Perdite per rilassamento a tempo t = t1	$\Delta \sigma_{pr_t1}$	Mpa	21.4
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = tinf	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_tinf}$		4.4%
Incremento perdite per rilassamento a tempo t = tinf	$\Delta \sigma_{pr_tinf}$	Mpa	37.6
Totale perdite per rilassamento	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	59.1

Perdite per fenomeni differiti totali a t = t1	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_t1}$	Mpa	111.0
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	9%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione a t = t1	σ_{pfin}	Mpa	1184.4

Incremento Perdite per fenomeni differiti totali a t = tinf	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_tinf}$	Mpa	76.4
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	6%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione	σ_{pfin}	Mpa	1108.0

Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot}$	Mpa	187.4
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	14%

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: soletta (Bimp x Hsol)	Ac	m ²	1.066
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf}-\epsilon_{cs}(t1,inf)$	%	0.019%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11852
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta \sigma_{rit}$	Mpa	2.27
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	2419

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	127

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Condizione di carico	N kN	Mx kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	0.0	562.6
b) Precompressione	-8642.4	-2919.0
c) Perdite precompressione a t = t1	740.3	250.0
d) Peso proprio - soletta (g1b)	0.0	522.2
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	0.0	895.6
f) effetti del ritiro differenziale fra trave e soletta (Rit)	-2419	2140.9
g) Incremento di Perdite precompressione a t=tinf	509.8	172.2
h) Accidentali - Traffico vento	0.0	3279.1
	0.0	12.3
h1) Accidentali - Traffico	0.0	3286.5

TENSIONI NORMALI SUL CALCESTRUZZO (Mpa) - positive di trazione

Condizione di carico	fibra	sol-sup	sol-inf	1		2		3
				trave-sup	trave-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
a) Peso proprio - trave (g1a)	G1a			-1.15	0.86			0.31
b) Precompressione	Prec			-1.71	-12.17			-9.32
c) Perdite precompressione a t = t1	DP_1			0.15	1.04			0.80
d) Peso proprio - soletta (g1b)	G1b			-1.07	0.80			0.29
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	G2+G3	-0.65	-0.49	-0.54	0.96			0.55
f) effetti del ritiro fra trave e soletta (R)	Drit	1.00	1.40	-2.72	0.86			-0.11
g) incremento perdite di prec. A t=tin	DP_2	0.15	0.18	0.20	0.49			0.41
h1) Accidentali - Condizione 1	Q1	-2.40	-1.79	-1.97	3.52			2.02
a+b				-2.87	-11.31			-9.01
a+b+c				-2.72	-10.27			-8.21
a+b+c+d				-3.79	-9.46			-7.92
a+b+c+d+e		-0.65	-0.49	-4.33	-8.51			-7.37
a+b+c+d+e+f+g		0.50	1.10	-6.85	-7.16			-7.08
a+b+c+d+e+f+g	Ψ	0.50	1.10	-6.85	-7.16			-7.08
a+b+c+d+e+f+g+h - SLE-QP		0.2	0.02	0.74	-7.24			-6.67
a+b+c+d+e+f+g+h- SLE-R		1.0	-1.91	-0.69	-8.82			-5.05

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	128

VERIFICHE TENSIONALI CALCESTRUZZO

Tensioni Iniziali - alla tesatura

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	11.31	OK<=19.2
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Carichi Permanenti

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.50	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	1.10	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	7.16	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-QP

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.00	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	1.10	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	7.24	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-FR

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	1.67
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	1.10
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	8.62
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	0.00

A lungo termine - Combinazione SLE-R

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	1.91	OK<=16.5
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	1.10	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	8.82	OK<=24.75
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	0.00	OK<=0

Le figure seguenti illustrano l'andamento delle tensioni nelle fibre di estremità di trave e soletta:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	129

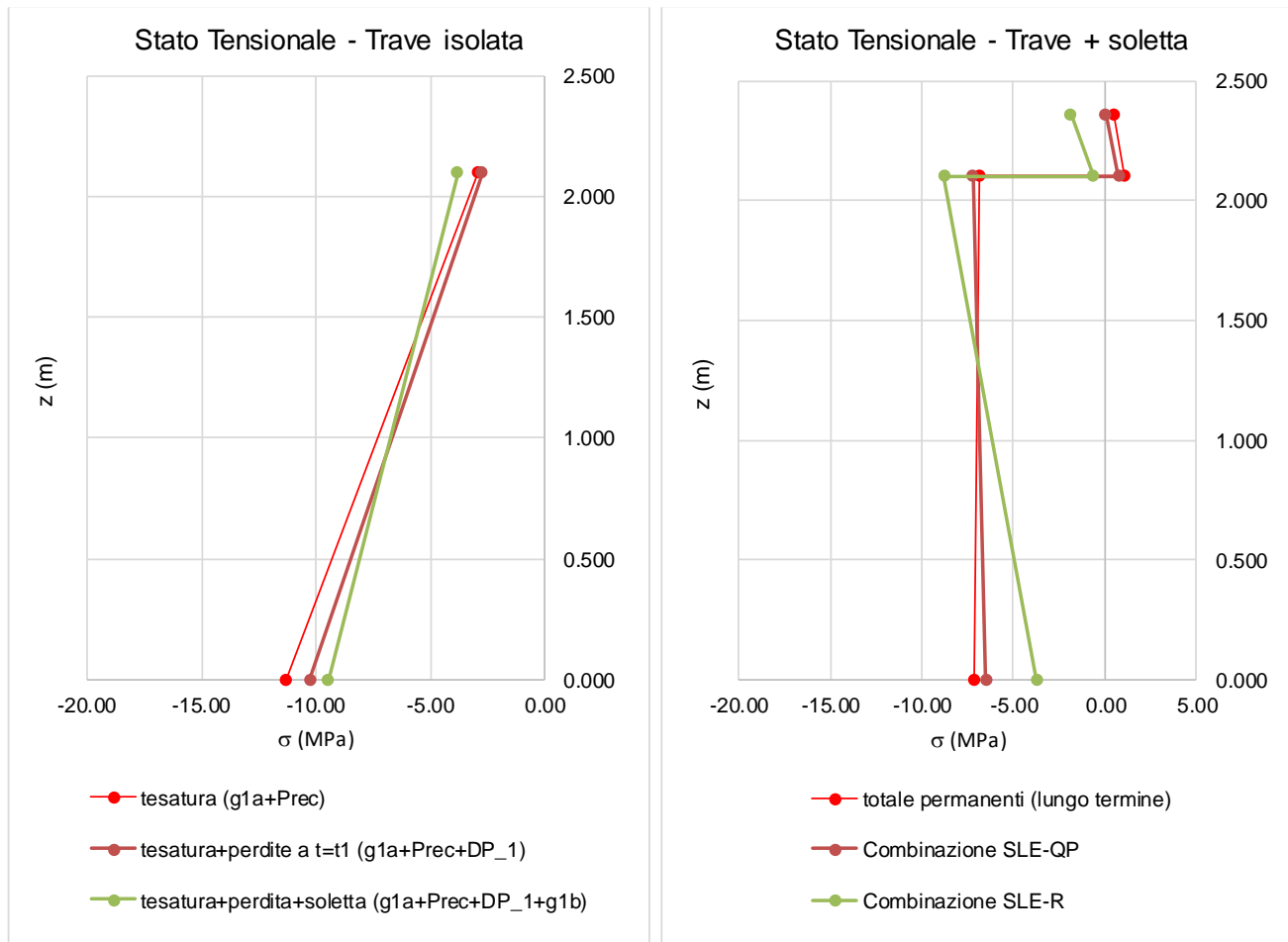


Figura 11.3 – Sezione x=1.80 – 48 trefoli – Andamento tensioni SLE

E' possibile osservare quanto segue:

- Le tensioni massime di compressione su trave e soletta si mantengono sempre entro i valori ammissibili;
- la trave prefabbricata risulta interamente compressa in ciascuna fase esecutiva e in esercizio;
- le fibre della soletta, principalmente per gli effetti legati al ritiro differenziale, sono soggette a un limitato sforzo di trazione, comunque sempre inferiore al valore limite corrispondente allo stato limite di decompressione ($f_{ctm}/1.2$).

Tutte le verifiche tensionali sono pertanto soddisfatte e rispettose delle condizioni restrittive imposte dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]).

11.7 Verifiche di resistenza a flessione agli SLU

La valutazione della resistenza ultima a flessione agli SLU della sezione composta trave+soletta è stata effettuata in accordo al paragrafo 4.1.2.1.2 delle NTC08.

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è stato adottato il modello parabola-rettangolo (fig.a), definito in base alla resistenza di calcolo f_{cd} ed alle deformazioni ϵ_{c2} e ϵ_{cu} .

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

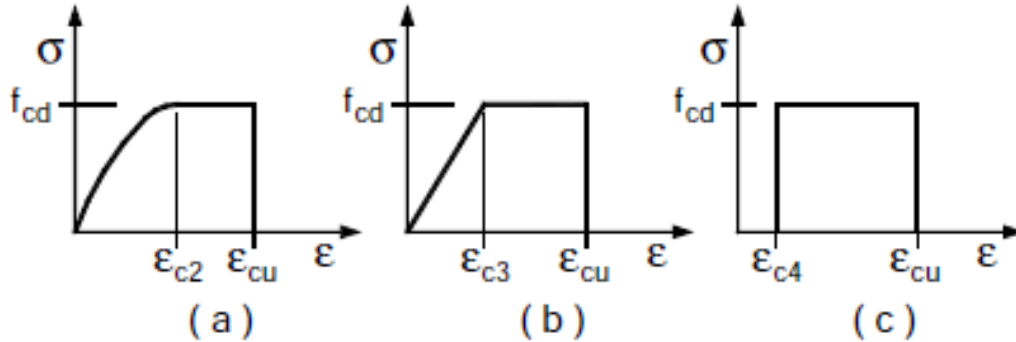


Figura 11.4 – Modelli σ - ϵ per il calcestruzzo (figura 4.1.1 NTC08)

In particolare, è stato posto $\epsilon_{c2}=0.20\%$ e $\epsilon_{cu}=0.35\%$.

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è stato adottato il modello bilineare finito (fig.a), definito in base al valore di calcolo $\epsilon_{ud} = 0.9 \cdot \epsilon_{uk}$, con $\epsilon_{uk} = (Agt)_k$, della deformaizone uniforme ultima, al valore della tensione di snervamento f_{ud} ed al rapporto di sovrarresistenza $k = (f_t / f_y)_k$.

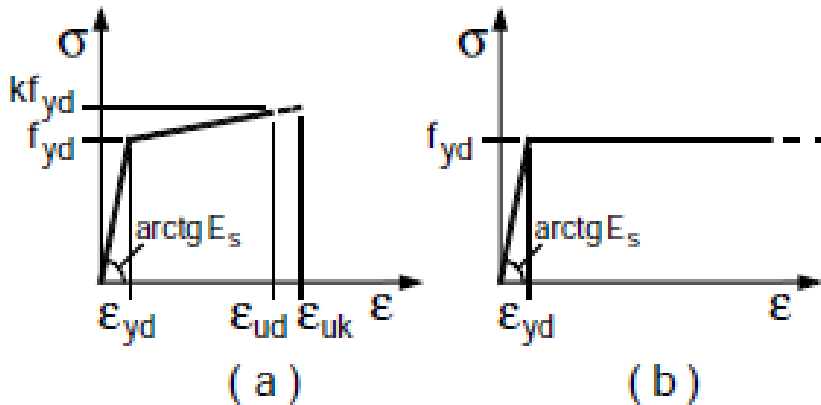


Figura 11.5 – Modelli σ - ϵ per l'acciaio (figura 4.1.2 NTC08)

In particolare, si è fatto riferimento alla sola armatura da precompressione ponendo:

$$\epsilon_{ud} = 0.9 \cdot 3.5\% = 3.15\%$$

$$\epsilon_{yd} = (1670 / 1.15) / 195000 = 0.745\%$$

Cautelativamente ed a favore di sicurezza è stato trascurato l'incremento di resistenza per incrudimento nel tratto post-snervamento.

Il calcolo del momento resistente agli SLU è stato effettuato con il programma shareware C.A. S.L.U. versione 7.7 prodotto dal Prof. Piero Gelfi, che permette di tenere conto della deformazione iniziale dovuta alla precompressione.

Nel caso in esame è stato considerato il valore della tensione finale nell'acciaio a perdite completamente avvenute nella sezione di mezzeria:

$$\sigma_{sp} = 1040 \text{ MPa}$$

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	131

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave

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

Titolo : _____

N° Vertici 20 **Zoom** **N° barre** 1 **Zoom**

N°	x [mm]	y [mm]
1	-700	0
2	-700	250
3	-160	280
4	-160	1850
5	-470.5	1937.8
6	-470.5	2100

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

Materiali
Trefolo186 C30/37
 ϵ_{su} 31.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 1.452 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 195.000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 7.446 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 1336 N/mm² τ_{cc} 0.6933 N/mm²
 τ_{c1} 2.029 N/mm²

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Cavo snervato

M_{xRd} 25,877 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 1.452 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 9.167 ‰
 d 2,410 mm
 x 665.9 x/d 0.2763
 δ 0.7854

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Armatura Precompressione
N° cavi 1 **Zoom**

N°	As [mm ²]	x [mm]	y [mm]	σ_{sp} [MPa]
1	10008	0	429	1040

Tipo cavo Trefolo186
 ϵ_{su} 31.5 ‰
 f_{yd} 1.452 N/mm²
 E_s/E_c 5.35
 ϵ_{syd} 7.446 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1040 N/mm²

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 0 mm **Col. modello**

Precompresso

σ_{sp} 1.452 N/mm²
 ϵ_{sp} 12.25 ‰ compressa prefef.

Figura 11.6 – Sezione di mezzeria - Calcolo del momento resistente a flessione agli SLU

Il momento resistente a flessione agli SLU risulta pari a:
 $MRd = 25877 \text{ kNm}$

Pertanto, si ottiene un coefficiente di utilizzo:
 $c.u = MEd / MRd = 22117.7 / 25877 = 0.85 < 1.0$

La verifica è soddisfatta.

11.8 Verifiche di resistenza a Taglio-Torsione agli SLU

Le verifiche di resistenza per azioni taglianti e torcenti agli SLU sono state effettuate in accordo ai paragrafi 4.1.2.1.3 e 4.1.2.1.4 delle NTC08.

Come illustrato al paragrafo 11.2, le verifiche sono state effettuate nella sezione di appoggio ($x=0$) e nella sezione iniziale del tratto a sezione corrente ($x = 1.80 \text{ m}$); nel primo caso la verifica viene effettuata in regime di cemento armato ordinario ponendo nulli i valori delle tensioni di compressione agenti.

Le verifiche sono state effettuati per i casi di taglio massimo (V_{max}) e torsione massima (T_{max}). I valori delle caratteristiche della sollecitazione di calcolo sono quelli illustrati al paragrafo 11.3.

La sezione $x=0.0$ è armata con staffe $\phi 16/20$ a 6 bracci, mentre quella a $x = 1.80 \text{ m}$ è armata con staffe $\phi 16/20$ a 4 bracci.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	132

Le armature longitudinali resistenti a torsione sono costituite complessivamente da 60φ10 disposti perimetralmente alla trave prefabbricata e da φ12/20 nella soletta.

Di seguito sono illustrati i risultati delle verifiche effettuate:

	Var	unità				
Ascissa Sezione di verifica	x	m	0.00	0.00	1.80	1.80
Descrizione verifica	descr		Vmax	Tmax	Vmax	Tmax

VERIFICHE A TAGLIO

Dati	Var	unità				
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	55	55	55	55
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	45	45	45	45
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	25.5	25.5	25.5	25.5
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3

Caratteristiche geometriche sezione

Altezza	H	m	2.10	2.10	2.10	2.10
Larghezza anima	bw	m	0.77	0.77	0.32	0.32
copriferro	c	m	0.057	0.057	0.12	0.12
altezza utile della sezione	d	m	2.04	2.04	1.98	1.98

Compressione agente nella sezione

Tensione lembo superiore	scp_sup_t	MPa	0.00	0.00	6.71	6.71
Tensione lembo inferiore	scp_inf_t	MPa	0.00	0.00	7.27	7.27
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	MPa	0.00	0.00	6.99	6.99

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

Verifica del conglomerato

Resistenza a taglio del conglomerato	V_{Rcd}	kN	12034.3	12034.3	4847.0	4847.0
--------------------------------------	-----------	----	---------	---------	--------	--------

Verifica dell'armatura trasversale

diametro staffe	fsw	mm	16	16	16	16
passo staffe	scp	m	0.20	0.20	0.20	0.20
numero di bracci	nb		6	6	4	4
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	1206	1206	804	804
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	29.36	29.36	34.54	34.54
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	kPa	0	0	5100	5100
coefficiente alpha	α_c		1.00	1.00	1.20	1.20
Resistenza a "taglio trazione"	V_{Rsd}	kN	7714.0	7714.0	4074.5	4074.5
Resistenza a "taglio compressione"	V_{Rcd}	kN	7714.0	7714.0	4074.5	4074.5

Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	7714.0	7714.0	4074.5	4074.5
Sforzo Taglio di calcolo	V_{Ed}	kN	3319.2	2768	2889.6	2347.5
Coefficiente di utilizzo: V_{Ed} / V_{Rd}	c.u.		43.0%	35.9%	70.9%	57.6%
Status Check			OK	OK	OK	OK

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	133

VERIFICHE A TORSIONE

Caratteristiche geometriche sezione

Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	m ²	2.65	2.65	3.19	3.19
perimetro medio del nucleo resistente	um	m	6.69	6.69	7.29	7.29
spessore della sezione cava resistente a torsione	t	m	0.31	0.31	0.16	0.16

Verifica del conglomerato

Resistenza a torsione del conglomerato	T _{Rcd}	kNm	8935.1	8935.1	6078.2	6078.2
--	------------------	-----	--------	--------	--------	--------

Verifica dell'armatura trasversale

Resistenza dell'armatura trasversale	T _{Rsd}	kN	3698.9	3698.9	3646.9	3646.9
--------------------------------------	------------------	----	--------	--------	--------	--------

Verifica dell'armatura longitudinale

diametro barre armatura longitudinale 1	fAl1	mm	10	10	10	10
numero barre armatura longitudinale 1	nAl1		60	60	60	60
diametro barre armatura longitudinale 2	fAl2	mm	12	12	12	12
numero barre armatura longitudinale 2	nAl2		24	24	24	24
Area armatura longitudinale resistente a torsione	Al	mm ²	7426.7	7426.7	7426.7	7426.7
Resistenza dell'armatura longitudinale	T _{Rsd}	kNm	1293.6	1293.6	1750.3	1750.3

Resistenza a torsione	T_{Rd}	kNm	1293.6	1293.6	1750.3	1750.3
Sforzo di Torsione di calcolo	T_{Ed}	kNm	517.5	1144.9	377.3	992.8
Coefficiente di utilizzo: T_{Ed} / TRd	c.u.		40.0%	88.5%	21.6%	56.7%
Status Check			OK	OK	OK	OK

VERIFICHE A TORSIONE E TAGLIO

Verifica del conglomerato

Coefficiente di utilizzo: T_{Ed} / TRcd + V_{Ed} / VRcd	48.8%	48.7%	77.1%	73.9%
Status Check	OK	OK	OK	OK

Verifica delle armature trasversali

Coefficiente di utilizzo: T_{Ed} / TRsd + V_{Ed} / VRsd	57.0%	66.8%	81.3%	84.8%
Status Check	OK	OK	OK	OK

Come è possibile evincere le verifiche sono tutte soddisfatte.

11.9 Verifiche di resistenza agli SLU all'interfaccia trave-soletta

Le verifiche sono state condotte in accordo al paragrafo 6.2.5 della norma EN1992-1-1:2005.

E' stata ipotizzata una scabrezza della superficie di contatto trave-soletta "liscia", e si è imposta una pressione normale di contatto pari a zero.

I valori dello scorrimento di calcolo sono stati calcolati a partire dalle sollecitazioni taglianti agenti sulla trave ad eccezione di quelle relative ai pesi propri di trave e soletta che si esercitano sulla sezione isolata della trave (vedi paragrafo 11.3).

Le armature di connessione sono costituite da staffe $\phi 16/20$ a 4 bracci.

Di seguito il dettaglio dei calcoli eseguiti:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	134

Caratteristiche dei materiali	Var	unità	x=0	x=1.80
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	37	37
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	30	30
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50	1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	17.0	17.0
Resistenza a trazione di calcolo	fctd	MPa	1.35	1.35
Coefficiente ν	ν		0.53	0.53
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3

Caratteristiche geometriche sezione	Var	unità		
Altezza	H	m	2.41	2.41
Larghezza della sezione all'interfaccia	bi	m	1.08	0.89
Area della superficie all'interfaccia (di sviluppo unitario)	Ac	m ²	1.08	0.89
Caratteristiche di scabrezza della superficie di contatto	ruv		liscia	liscia
fattore per elementi soggetti a fatica o carichi dinamici	fac_fat		0.50	0.50
Coefficiente c	c		0.18	0.18
Coefficiente μ	μ		0.60	0.60

Pressione da carico verticale agente nella sezione	Var	unità		
pressione normale causata da carichi esterni agenti simultaneamente alla forza di taglio	σ_n	Mpa	0.00	0.00

Resistenza allo scorrimento	Var	unità		
diametro staffe/connettori	fsw	mm	16	16
passo staffe/interasse connettori in direzione trasversale	ilong	m	0.20	0.20
numero di bracci/numero di connettori in direzione trasversale	ntrasv		4	4
Armatura staffe/connettori sulla superficie d'interfaccia	As	mmq	4021	4021
Inclinazione dei connettori rispetto alla superficie d'interfaccia	α	deg	90	90

Resistenza allo scorrimento lato calcestruzzo	q_{Rdc}	kN/m	256	211
Resistenza allo scorrimento lato acciaio	q_{Rsd}	kN/m	944	944
Resistenza allo scorrimento	q_{Rdi}	kN/m	1200	1155

Scorrimento di calcolo	Var	unità		
rapporto tra la forza di compressione nello strato nuovo e la forza di compressione complessiva	β		1.00	1.00
Braccio di calcolo nella sezione composta	z=0.9d	m	2.12	2.12
Sforzo di taglio di calcolo di progetto	V _{Edi}	kN	2413.6	2139.1
Scorrimento di calcolo	q_{Edi}	kN/m	1141	1011
coefficiente di utilizzo: q_{Edi} / q_{Rdi}	c.u.		95.1%	87.6%
Status Check	Status		OK	OK

Come è possibile evincere le verifiche sono soddisfatte.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	135

11.10 Verifica armatura ordinaria nelle testate delle travi in c.a.p. a fili aderenti

Si fa riferimento a quanto indicato nel MdP al paragrafo §2.5.2.2.7.

Come illustrato al paragrafo 11.1 la lunghezza di trasmissione della forza di precompressione è pari a:

- $l_{pt} = 1.10 \text{ m}$

Il valore di progetto della lunghezza di trasferimento si assume pari al più sfavorevole dei due seguenti valori:

- $l_{pt1} = 0.80 l_{pt} \approx 0.90 \text{ m}$

- $l_{pt2} = 1.20 l_{pt} \approx 1.30 \text{ m}$

la lunghezza di diffusione, in accordo al punto 8.10.2.2 della UNI EN 1992-1-1 risulta pari a:

- $l_{disp} = (l_{pt}^2 + d^2)^{0.5}$

Si ha pertanto:

$d = 2.10 - 0.571 = 1.529 \text{ m}$

$l_{disp} = (1.3^2 + 1.529^2)^{0.5} = 2.0 \text{ m}$

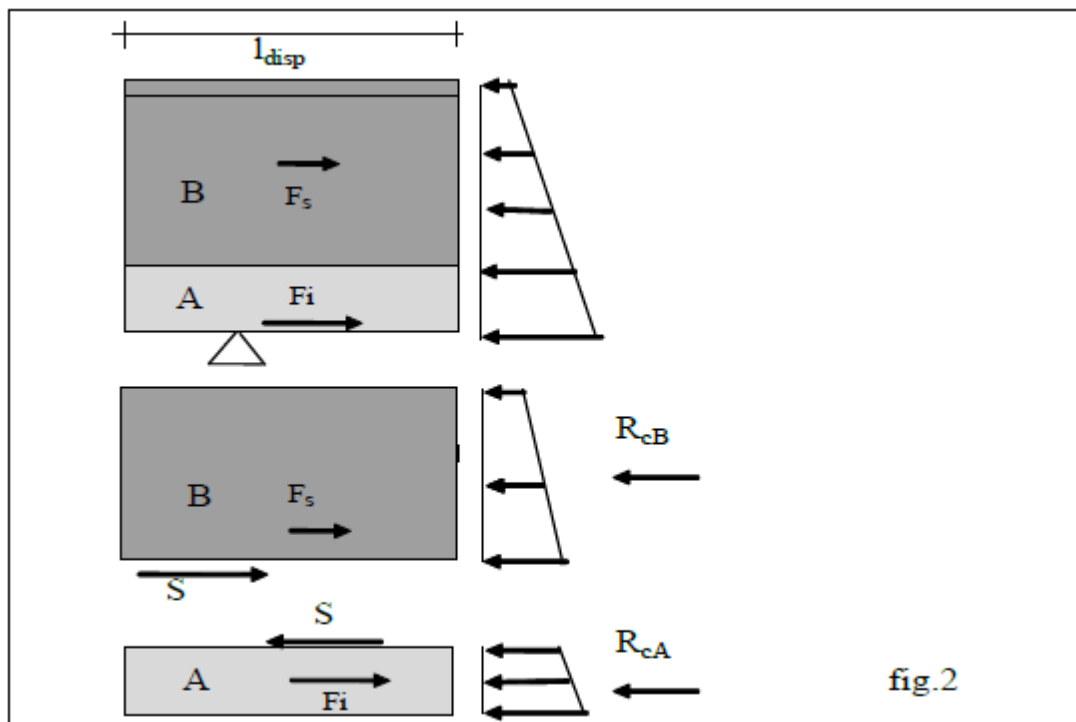


Fig. 2.5.2.2.7-2

Con riferimento alla figura 2.5.2.2.7-2 del MdP, si ha:

- F_s sforzo risultante agli SLU nei trefoli ubicati nelle anime;
- F_i sforzo risultante agli SLU nei trefoli ubicati nel bulbo inferiore della trave;
- R_{cA} , R_{cB} risultanti agli SLU delle tensioni normali, agenti rispettivamente nel bulbo e nelle anime nella sezione l_{disp}

La forza di scorrimento complessiva risulta pari a:

- $S = F_i - R_{cA}$

La risultante complessiva delle forze di precompressione nel tratto di testata risulta pari a:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	136

- $F_P = 48 \times 139 \times 1350 / 1000 = 9007 \text{ kN}$

Il momento flettente associato è pari a:

- $M_P = 9007 \times 0.327 = 2945.3 \text{ kNm}$

Le tensioni ai lembi di estremità della trave sono pari a:

- $\sigma_s = 9007 / 1.123 - 2945.3 / 0.488 = 1985.0 \text{ kPa}$

- $\sigma_i = 9007 / 1.123 + 2945.3 / 0.653 = 12530.9 \text{ kPa}$

La tensione all'estremità superiore del bulbo inferiore è pari a:

- $\sigma_{bs} = 12530.9 - (12530.9 - 1985.0) / 2.10 \times 0.27 = 11175.0 \text{ kPa}$

E pertanto:

- $R_{cA} = (12530.9 + 11175.0) / 2 \times 0.38 = 4504.1 \text{ kN}$

- $F_i = 30 \times 139 \times 1350 / 1000 = 5629.5 \text{ kN}$

- $S = 5629.5 - 4504.1 = 1125.4 \text{ kN}$

11.10.1 Verifica lato calcestruzzo della zona di appoggio

In accordo al §2.5.2.2.7.1 del MdP, le verifiche lato calcestruzzo nella zona di appoggio si considerano soddisfatte se:

- $[(S + V_{Ed}) / V_{Rcd} + (T_{Ed} / T_{Rcd})] \leq 1$

Dove:

- V_{Ed} rappresenta il taglio agente agli SLU;
- V_{Rcd} rappresenta la resistenza a taglio lato calcestruzzo della sezione;
- T_{Ed} rappresenta il momento torcente agente agli SLU;
- T_{Rcd} rappresenta la resistenza a torsione lato calcestruzzo della sezione.

Se la sezione ricade in zona 1 (precompressione non ancora efficace), ovvero ad una distanza dall'estremità della trave minore della lunghezza di trasmissione l_{pt} , i valori delle resistenze a taglio e torsione devono essere determinati non considerando agente la precompressione.

Se la sezione ricade in zona 2 (precompressione efficace al 100%), ovvero ad una distanza dall'estremità della trave maggiore della lunghezza di trasmissione l_{pt} , i valori delle resistenze a taglio e torsione devono essere determinati considerando agente la precompressione.

La sezione di controllo è quella disposta a distanza d dalla testata, ubicata a filo del traverso, secondo quanto indicato dalla fig. 2.5.2.2.7-1 del MdP, di seguito riportata:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	137

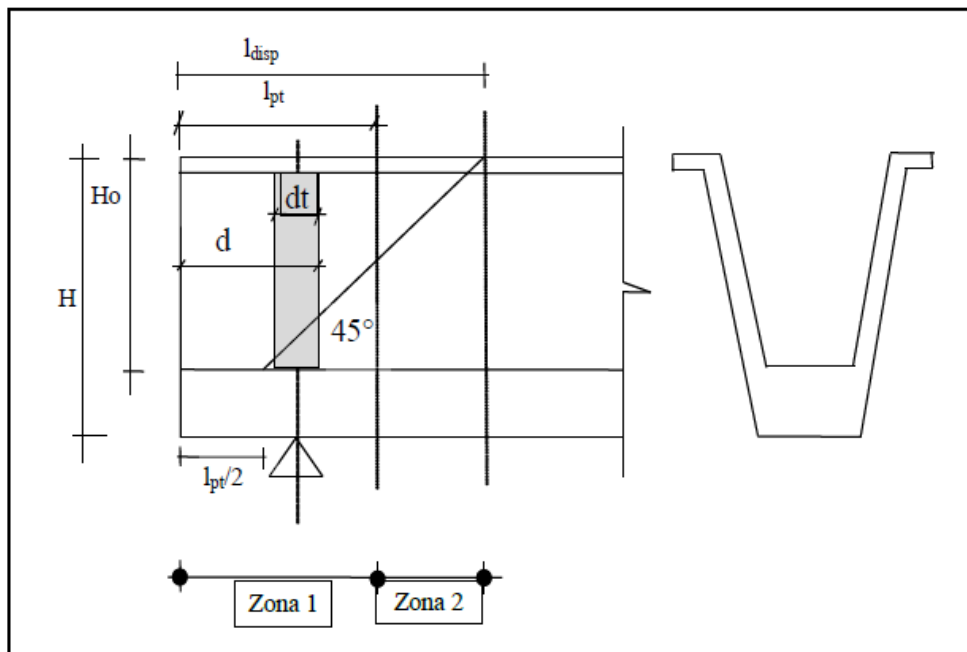


Figura 11.7 – fig. 2.5.2.2.7-1 del MdP

Di seguito si riportano le verifiche relative alla sezione di controllo che ricade in zona 1. Le caratteristiche geometriche sono quelle della sezione ringrossata di testata, le sollecitazioni di progetto VEd e TED considerate sono quelle della sezione di appoggio:

VERIFICHE A TORSIONE E TAGLIO LATO CALCESTRUZZO (§2.5.7.2.2.1 MdP)

	Var	unità		
Ascissa Sezione di verifica	x	m	0.00	0.00
Descrizione verifica	descr		Vmax	Tmax

Resistenza a taglio lato calcestruzzo	V_{Rd}	kN	7714.0	7714.0
Sforzo Taglio di calcolo	V_{Ed}	kN	3319.2	2768
Forza di scorrimento	S	kN	1125.4	1125.4

Resistenza a torsione	T_{Rd}	kNm	8935.1	8935.1
Sforzo di Torsione di calcolo	T_{Ed}	kNm	517.5	1144.9

VERIFICHE A TORSIONE E TAGLIO

Verifica del conglomerato

Coefficiente di utilizzo: $(S + V_{Ed}) / V_{Rcd} + T_{Ed} / T_{Rcd}$

Status Check

63.4% 63.3%

OK OK

Come è possibile osservare le verifiche sono ampiamente soddisfatte.

11.10.2 Controllo del fenomeno di “bursting” (fenditura)

La risultante delle forze di trazione a fenditura che agiscono nella zona di ancoraggio perpendicolarmente all’asse dei trefoli è valutata in accordo a quanto specificato al capitolo 10 di “C.a.e C.a.p. – Calcolo di progetto e tecniche costruttive – Vol.V – Il precompresso, calcolo , verifiche, tecnologie”, F.Leonhardt, ed. ETS.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

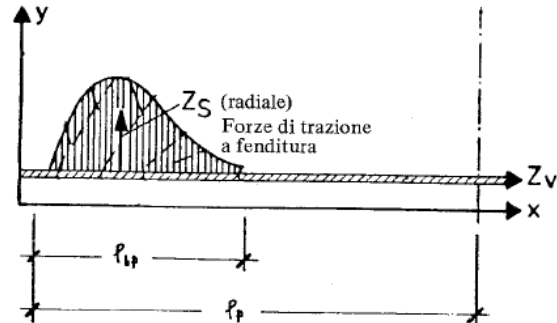


Figura 11.8 – Andamento forze di trazione a fenditura (bursting)

Come valore approssimativo delle forze di fenditura relative all'aderenza del singolo cavo, l'autore suggerisce:

$$- Z_s = 0.25 Z_v$$

Dove Z_v rappresenta la forza di precompressione iniziale agente sul cavo/trefolo.

Se, come nel caso in esame, diversi fili si trovano paralleli o sovrapposti, le forze di fenditura dei singoli trefoli si eliminano in parete vicendevolmente e l'armatura trasversale viene dimensionata per la forza di fenditura del singolo trefolo con una maggiorazione di 1.5 ÷ 2 volte:

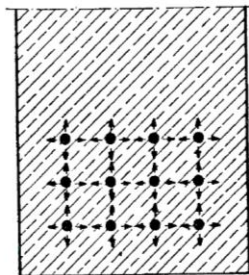


Figura 11.9 – Forze di fenditura per cavi poco distanziati

Per ciascun gruppo di trefoli poco distanziati si ha:

$$- Z_s = 2 \times 0.25 \times 139 \times 1350 / 1000 = 93.8 \text{ kN}$$

Si dispongono attorno ai gruppi di trefoli armature di frettaggio costituite da $\phi 10/10$ disposte per una lunghezza di 80 cm a partire dalla testata, cui corrisponde una resistenza a trazione pari a:

$$- R_{td} = 2 \times 8 \times 78.5 \times 391 / 1000 = 491.1 \text{ kN} > 93.8 \text{ kN}$$

11.10.3 Controllo del fenomeno di "spalling"

Oltre alle forze di trazione a fenditura vanno considerate le forze di trazione al bordo Z_{Ry} agenti in prossimità della testata della trave anche in assenza di tensioni di trazione al lembo superiore delle travi precomprese.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	139

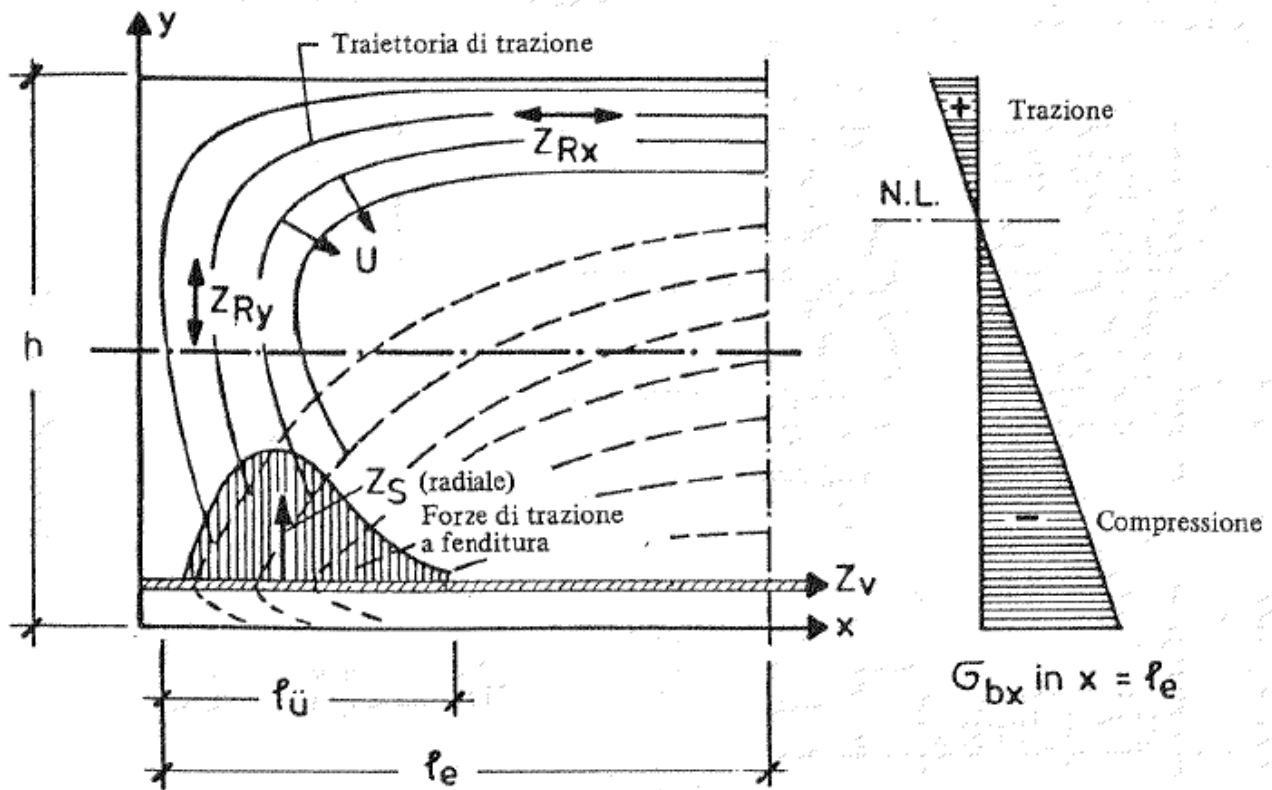


Figura 11.10 – Andamento delle tensioni all'estremità di una trave su pista di tensione con ancoraggio per aderenza nel corrente inferiore

Qui è determinante l'intera forza di ancoraggio esercitata da tutti i trefoli.

Le forze di trazione al bordo possono essere dimensionate secondo la fig. 3.18 di "C.a.e C.a.p. – Calcolo di progetto e tecniche costruttive – Vol.II – Casi speciali di dimensionamento nelle costruzioni in c.a.e c.a.p.", F.Leonhardt, ed. ETS, di seguito riportata:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B

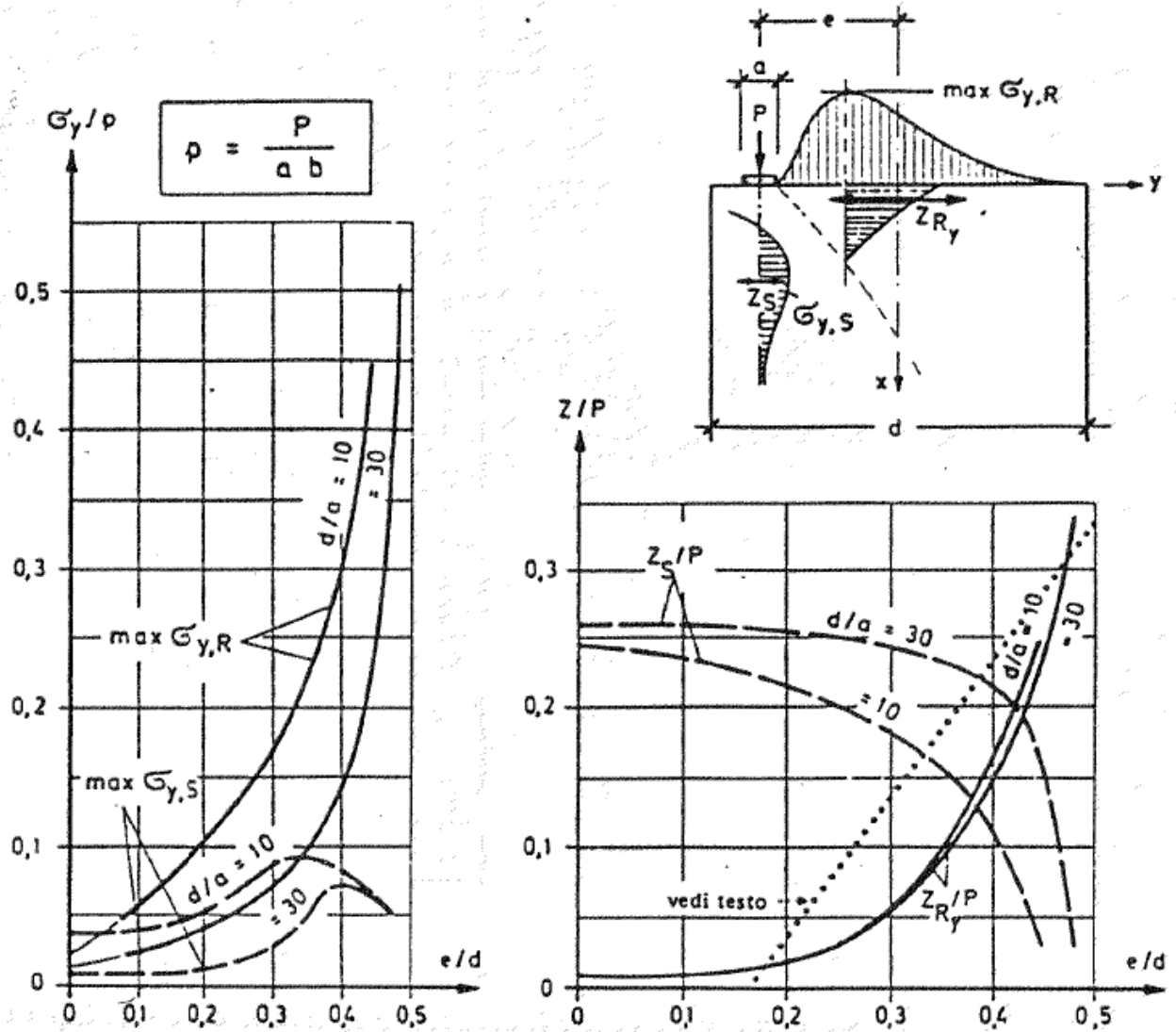


Figura 11.11 – Tensioni di fenditura e di trazione al bordo $\sigma_{y,s}$ e $\sigma_{y,R}$ riferite alla pressione $p=P/ab$, come anche le risultanti forze di trazione Z_s/P e Z_{Ry}/P in funzione dell'eccentricità specifica e/d e del carico P con $d/a = 10$ e $d/a = 30$

Per la forza di trazione al bordo, Leonhardt suggerisce la seguente espressione che permette di esprimere Z_R in funzione dell'eccentricità specifica e/d :

$$Z_R = 0.015 P / [1 - (2 \times e/d)^{0.5}]$$

Con riferimento al cavo risultante in testata si ha:

$$P = 48 \times 139 \times 1350 / 1000 = 9007 \text{ kN}$$

forza di precompressione nel tratto di testata;

$$e = 0.327 \text{ m}$$

$$d = 2.10 \text{ m}$$

$$Z_R = 0.015 / [1 - (2 \times 0.327/2.10)^{0.5}] = 0.034 \times 9007 = 306.2 \text{ kN}$$

Volendo considerare le sole armature concentrate nel bulbo inferiore si ha:

$$P = 30 \times 139 \times 1350 / 1000 = 5629.5 \text{ kN}$$

forza di precompressione nel bulbo inferiore;

$$e = 0.778 \text{ m}$$

		LINEA PESCARA – BARI										
		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
		LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	141

$d = 2.10 \text{ m}$

$$Z_R = 0.015 / [1 - (2 \times 0.778/2.10)^{0.5}] = 0.108 \times 5629.5 = 606.6 \text{ kN}$$

L'armatura necessaria per assorbire questa forza risulta pari a:

$$- \text{Asmin} = 606.6 \times 1000 / 391 = 1552 \text{ mmq}$$

Le forze di trazione al bordo interessano pressapoco la terza parte posteriore della lunghezza di trasferimento lpt.

11.10.4 Controllo del fenomeno di “spreading”

La diffusione delle forze di precompressione, avviene secondo delle traiettorie che, con sufficiente approssimazione, sono inclinate rispetto ai trefoli di un angolo, che in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN 1992-1-1 al par. 8.10.3, può essere assunto pari a:

$$- \beta = \arctg(2/3) \approx 34^\circ$$

La risultante delle tensioni di trazione in direzione ortogonale al cavo risulta pari a:

$$- T = S \times \text{tg } \beta \approx 0.67 S = 0.67 \times 1125.4 \text{ kN} = 754.0 \text{ kN}$$

Essendo S la forza di scorrimento precedentemente esplicitata.

Questa forza sarà assorbita da staffe chiuse disposte su tutta l'altezza della trave per un tratto di lunghezza pari alla zona di diffusione.

11.10.5 Armature trasversali per effetti locali da “spalling” e “spreading”

Si prevede di armare le anime delle travi nella zona di testata con staffe chiuse f16/20 che interesseranno l'intera altezza delle travi. Le armature saranno disposte in direzione longitudinale a copertura dell'intero tratto a sezione ringrossata e variabile, di lunghezza pari a 2.55 m, maggiore della lunghezza di diffusione.

Relativamente alla terza parte posteriore della lunghezza di trasferimento, di lunghezza pari a circa 40 cm, le armature trasversali devono assorbire le risultanti di spalling e spreading, si ha pertanto:

$$- \text{Asmin} = 1552 + 754 \times 0.40 / 2.0 / 391 \times 1000 = 1552 + 386 = 1938 \text{ mmq}$$

L'armatura effettivamente disposta in questo tratto è costituita da 3 staffe $\phi 16$ nelle due anime (4 bracci):

$$- \text{Aseff} = 3 \times 4 \times 201 = 2412 \text{ mmq} > 1938 \text{ mmq}$$

11.10.6 Controllo del fenomeno di “splitting”

Tale fenomeno è trascurabile essendo prevista specifica armatura per assorbire le forze legate ai fenomeni di “bursting” e di “spalling”.

11.11 Armatura inferiore in corrispondenza degli appoggi

In accordo a quanto previsto al §2.5.2.2.6 del MdP in corrispondenza degli appoggi deve essere prevista un'armatura inferiore in grado di assorbire uno sforzo di trazione pari alla sollecitazione tagliante nella sezione di appoggio.

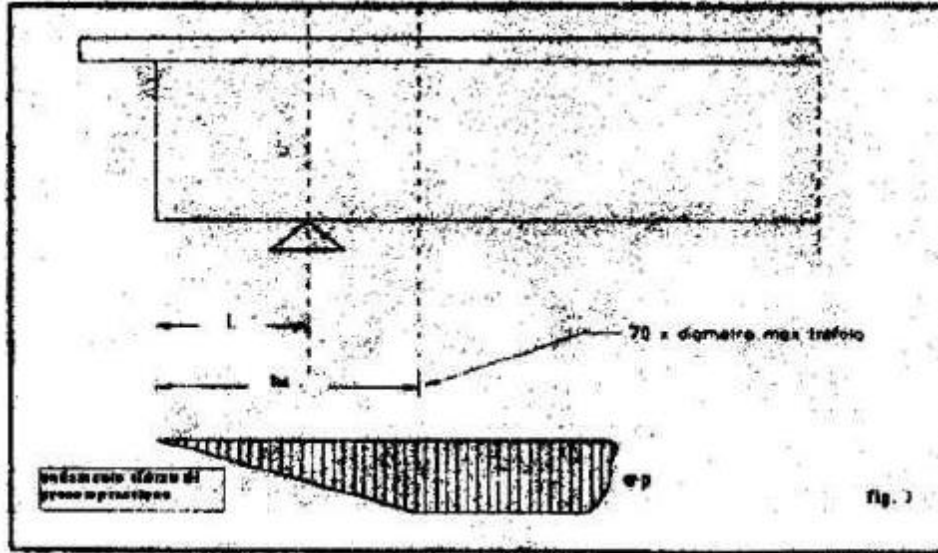
Il calcolo dell'armatura da disporre al lembo inferiore nella zona di appoggio è stato sviluppato in accordo al §2.5.2.2.7.3 del MdP.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	142



L'azione sollecitante N_{Ed} è assunta pari a:

$$- N_{Ed} = R_{Ed} / 2 = 4400 / 2 = 2200 \text{ kN}$$

Dove R_{Ed} è la reazione vincolare verticale massima agli SLU in corrispondenza della singola trave a cassone.

La risultante della forza di trazione agente nel corrente teso vale:

$$- N_{tEd} = (N_{Ed} / h') \times [X + h' \times (\cotg\alpha - \cotg\beta) / 2]$$

Dove:

X ascissa con origine nella sezione di appoggio;

h' braccio della coppia interna;

α angolo di inclinazione delle bielle compresse;

β angolo di inclinazione dell'armatura trasversale;

Pertanto, nella sezione di appoggio si ha:

$$- N_{tEd} = 2200 / (2.36 - 0.57) \times [0 + (2.36 - 0.57) \times 1.78 / 2] = 1958 \text{ kN}$$

La resistenza a trazione dei trefoli, ridotta del 30% per tenere conto della riduzione dell'aderenza per effetto della fatica, è fornita da:

$$- N_{tR} = (0.7 \times A_{tf} \times n \times \sigma_{\infty} \times \gamma_P \times L / l_{pt})$$

Dove:

A_{tf} area di ciascun trefolo;

n numero dei trefoli disposti la lembo inferiore per anima;

σ_{∞} tensione nell'armatura di precompressione a tempo infinito;

L lunghezza del retro-trave;

l_{pt} lunghezza di trasferimento;

γ_P coefficiente parziale della precompressione.

Pertanto, si ha:

$$- N_{tR} = (0.7 \times 139 \times 15 \times 1100 \times 1.0 \times 0.75 / 1.30) / 1000 = 926.2 \text{ kN}$$

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	143

L'azione di trazione residua da assorbire con armatura lenta è pari a:

$$- T_r = N_{tEd} - N_{tR} = 1958 - 926.2 = 1031.8 \text{ kN} \quad \text{per ciascuna anima}$$

L'area minima necessaria, è calcolata considerando una riduzione del 30% della resistenza unitaria di calcolo per effetto della fatica:

$$- A_{smin} = T_r / (f_{yd} \times 0.7) = 1031.8 \times 1000 / (0.7 \times 391) = 3770 \text{ mm}^2$$

Nel bulbo inferiore si disporranno complessivamente 8 forchette $\phi 26$, pertanto, l'area di armatura corrispondente, per ciascuna anima, è pari a:

$$- A_{sinf} = (8 \times 2) / 2 \times 531 = 4248 \text{ mm}^2 > 3770 \text{ mm}^2.$$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	144

12. VERIFICHE DEI TRASVERSI

Di seguito sono illustrate le verifiche relative ai trasversi di campata e di testata. In entrambi i casi le armature di precompressione sono costituite da:

- Cavi post-tesi da 9 trefoli da 0.6" – superiori;
- Cavi post-tesi da 7 trefoli da 0.6" – inferiori.

12.1 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLE e SLU

Le sezioni maggiormente sollecitate sono quelle di estremità soggette a momento negativo

La tabella seguente riassume i valori dei momenti flettenti agenti sui trasversi di campata e di testata per effetto delle azioni applicate:

ascissa - x (M)	RIEPILOGO MOMENTI FLETTENTI - VERIFICHE SLE	
	TRAVI DI BORDO	TRAVI INTERNE
	TRAVERSI CAMPATA	TRAVERSI TESTATA
g1b	-368.2	-166.1
g2	-290.3	-306.2
gb	-15.1	33.2
gr.1	-379.9	-328.3
q6	-96.2	-236.6
gr.1+0.6q6	-437.6	-470.3

Tabella 12.1 – Riepilogo Momenti flettenti per verifiche sezionali agli SLE

La tabella seguente riepiloga il valore del momento flettente di calcolo massimo per verifiche di resistenza agli SLU:

ascissa - x (M)	RIEPILOGO MOMENTI FLETTENTI - VERIFICHE SLU-STR		
	TRAVERSI CAMPATA	TRAVERSI TESTATA	
	g1b	-497.1	
g2	-391.9	-413.4	1.35
gb	-22.6	49.8	1.50
gr.1	-550.9	-476.0	1.45
q6	-86.6	-212.9	0.90
SLU	-1549.0	-1276.8	

Tabella 12.2 – Momento flettente di calcolo per verifiche di resistenza agli SLU

A parità di armature, le verifiche in esercizio sono presentate per i trasversi di campata maggiormente sollecitati.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	145

12.2 Trasversi di campata

Le verifiche sono state sviluppate considerando:

- la sezione piena compresa tra le travi, di minore altezza, con dimensioni pari a 0.40 m x 1.80 m;
- la sezione cava in corrispondenza del vuoto per l'ispezione delle travi a cassoncino, con dimensioni 0.325 (spessore medio) x 2.10 e vano di altezza 0.95 m posizionato a 0.655 m dall'intradosso della sezione.

12.2.1 Sezione piena

Verifiche tensionali SLE:

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI				
Calcestruzzo trave prefabbricata				
	Var	unità		
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck	Mpa		55.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck	Mpa		45.0
Resistenza cubica caratteristica alla tesatura dei trefoli	Rckj	Mpa		40.0
Resistenza cilindrica caratteristica alla tesatura dei trefoli	fckj	Mpa		32.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm	MPa		36283
Modulo elastico del calcestruzzo alla tesatura dei trefoli	Ecm(t0)	MPa		33346
Resistenza a trazione caratteristica a 28gg	fctm	MPa		3.80
Resistenza a trazione caratteristica alla tesatura dei trefoli (t ₀)	fctmj	MPa		3.02
Tensioni ammissibili alla tesatura				
Tensione ammissibile a compressione	0.60 fckj	σ _{cmaxi}	Mpa	19.20
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{ctmaxi}	Mpa	0.00
Tensioni ammissibili in esercizio				
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{cmaxf_r}	Mpa	24.75
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{cmaxf_qp}	Mpa	18.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{ctmax}	Mpa	0.00
Calcestruzzo soletta di completamento				
	Var	unità		
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck_s	Mpa		37.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck_s	Mpa		30.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm_s	MPa		32837
Resistenza a trazione	fctm_s	MPa		2.90
Tensioni ammissibili in esercizio				
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{cmaxf_s_r}	Mpa	16.50
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{cmaxf_s_qp}	Mpa	12.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	fctm/1.2	σ _{ctmax_s}	Mpa	2.41
Acciaio di precompressione				
	Var	unità		
resistenza caratteristica a rottura	f _{ptk}	Mpa		1860
resistenza caratteristica a snervamento	f _{p(0.1)k}	Mpa		1670
Modulo elastico acciaio armonico	E _p	Mpa		195000
Resistenza di calcolo dell'acciaio agli SLU				
resistenza di progetto	f _{p(0.1)k} /1.15	f _{yd}	Mpa	1452
Tensioni ammissibili alla tesatura				
tensione di trazione amm. alla tesatura	min(0.9 f _{p(0.1)k} ; 0.8 f _{ptk})	σ _{a0max}	Mpa	1488
Tensioni ammissibili in esercizio				
tensione di trazione ammissibile in esercizio	0.80 f _{p(0.1)k}	σ _{atmax}	Mpa	1336

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	146

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE - SOLETTA - ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Sezione in cls trave prefabbricata	Var	unità	
Altezza	Hcls	m	1.800
Area	Acls	m ²	0.720
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zgcls	m	0.900
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls	m ⁴	0.1944

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.900	-0.900	0.031
Modulo elastico in direzione x	m ³	-0.216	0.216	-6.221

Soletta di completamento

	Var	unità	
Spessore getto di completamento al netto delle predalle	Hcls2	m	0.260
Spessore delle predalle	Hpred	m	0.050
Larghezza collaborante	Bcls2	m	1.003
Area	Acls2	m ²	0.261
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore sezione composta	zgcls2	m	1.980
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lx0cls2	m ⁴	0.0015

Armature di precompressione

linea n.	n.trefoli / barre	ftrefolo / barra (mm)	fguaina (mm)	A barra (m ²)	A risultante (m ²)	A guaine (m ²)	z linea (m)	A x z linea (m ³)
1	7	15.2	67	0.000139	0.000973	0.02467957	0.200	0.0001946
2	9	15.2	77	0.000139	0.001251	0.04190963	1.500	0.0018765
3					0	0		0
4					0	0		0
5					0	0		0
6					0	0		0
7					0	0		0
8					0	0		0
9					0	0		0
10					0	0		0
11					0	0		0
Somma	16				0.002	0.0665892		0.0021

Caratteristiche cavo risultante

	Var	unità	
Area complessiva trefoli/barre	Atr1	m ²	0.0022
Aera complessiva guaine	Ag	m ²	0.0666
Momento statico rispetto all'asse x (lembo inferiore)	Sx	m ³	0.0021
ordinata cavo risultante (lembo inferiore)	zc1	m	0.931

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	147

Sezione Trave - solo cls

	Var	unità	
Area	Anet	m2	0.653
Ordinata baricentro rispetto a spigolo inferiore sx	zgnet	m	0.897
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxnet	m4	0.1943

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.903	-0.897	0.034
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.215	0.217	-5.643

Sezione Trave + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n		5.37
Area	Alorda	m2	0.665
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda	m	0.897
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda	m4	0.1943
eccentricità baricentro armature e punto applicazione sforzo normale	e	m	-0.034

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.903	-0.897	0.034
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.215	0.217	-5.747

Sezione Trave + Soletta + Armature di precompressione

coefficiente di omogeneizzazione getti di 2°fase - getti di prima fase	n2		0.91
Area	Alorda2	m2	0.901
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda2	m	1.181
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda2	m4	0.3998
eccentricità soletta - trave	e2	m	0.749

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sol-sup	sol-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.060	1.800	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.879	0.619	0.619	-1.181	-0.250
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.455	-0.646	-0.646	0.339	1.602

TENSIONE INIZIALE DI PRECOMPRESSIONE

Dati - Travi prefabbricate

	Var	unità	
tensione iniziale di tesatura al martinetto	σ_{pi}	Mpa	1350
tiro iniziale	N_{p0}	kN	3002
tensione nel cls a livello del cavo al tiro	σ_c	Mpa	4.53
Perdita di tensione	$\Delta \sigma_p$	MPa	26.5
tensione nel cavo dopo le perdite istantanee	σ_p	MPa	1324
precompressione dopo le perdite di tensione istantanee	N_p	kN	2943

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	148

FENOMENI LENTI (RITIRO - VISCOSITA' - RILASSAMENTO)

Dati - Travi prefabbricate	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	36283
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	0.720
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	4.06
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	355
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls all'inizio del ritiro per essiccamento	ts	gg	3
età del cls al momento dell'applicazione della precompressione	t0	gg	7
età del cls delle travi corrispondente al getto della soletta	t1	gg	150

Dati - Soletta di completamento	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	32837
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	0.261
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	1.00
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	520
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t0	gg	28

deformazioni da ritiro - Travi	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.74
deformazione finale da ritiro per essiccamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.022%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - ts)$		0.35
deformazione da ritiro per essiccamento al tempo t1	$\epsilon_{cd}(t_1)$	%	0.008%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.031%
deformazione totale per ritiro al tempo t1 - fase 1	$\epsilon_{cs}(t_1)$	%	0.017%
deformazione residua per ritiro successiva a t1 - fase 2	$\epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.014%

deformazioni da ritiro - Soletta	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.036%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.70
deformazione finale da ritiro per essiccamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.025%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.005%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.030%
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf} - \epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.016%

coefficiente di viscosità - travi	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.58
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.78
coefficiente di viscosità a tempo t1	$\phi_c(t_1, t_0)$		1.02
coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t1)	$\phi_c(inf, t_1)$		0.75

coefficiente di viscosità - soletta	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.99
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.77

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	149

Perdite da ritiro del calcestruzzo	Var	unità	
Perdita di precompressione per ritiro a t = t1	$\Delta \sigma_{r_t1}$	Mpa	32.5
Incremento di perdita di precompressione per ritiro a t=tinf	$\Delta \sigma_{r_tinf}$	Mpa	28.0
Totale perdite per ritiro	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	60.5

Perdite per Viscosità	Var	unità	
σ cls alla quota al baricentro del cavo a t = t0	σ cavo	Mpa	4.44
Perdita di precompressione per viscosità a t = t1	$\Delta \sigma_{v_t1}$	Mpa	24.4
σ cls alla quota al baricentro del cavo a t = t1	σ cavo	Mpa	4.14
Perdita di precompressione per viscosità a t = tinf.	$\Delta \sigma_{v_tinf}$	Mpa	16.7
Totale perdite per viscosità	$\Delta \sigma_{v_tot}$	Mpa	41.1

Perdite per Rilassamento	Var	unità	
Classe di armatura	Cl_a		2
perdita di rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione	ρ_{1000}	%	2.5
rapporto tra tensione iniziale e resistenza caratteristica dell'acciaio	μ		0.73
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = t1	$\Delta \sigma_{pr} / \sigma_{pi_t1}$		1.6%
Perdite per rilassamento a tempo t = t1	$\Delta \sigma_{pr_t1}$	Mpa	21.4
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = tinf	$\Delta \sigma_{pr} / \sigma_{pi_tinf}$		4.4%
Incremento perdite per rilassamento a tempo t = tinf	$\Delta \sigma_{pr_tinf}$	Mpa	37.6
Totale perdite per rilassamento	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	59.1

Perdite per fenomeni differiti totali a t = t1	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_t1}$	Mpa	71.8
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	5%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione a t = t1	σ_{pfin}	Mpa	1251.7

Incremento Perdite per fenomeni differiti totali a t = tinf	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_tinf}$	Mpa	72.9
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	6%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione	σ_{pfin}	Mpa	1178.8

Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot}$	Mpa	144.8
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	11%

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: Area complessiva soletta al netto delle predalle	Ac	m ²	0.000
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf-\epsilon_{cs}(t1,inf)}$	%	0.016%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11852
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta \sigma_{rit}$	Mpa	1.89
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	0

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	150

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Condizione di carico	N kN	Mx kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	0.0	0.0
b) Precompressione	-2943.5	101.4
c) Perdite precompressione a t = t1	159.7	-5.5
d) Peso proprio - soletta (g1b)	0.0	-368.2
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	0.0	-305.4
f) effetti del ritiro differenziale fra trave e soletta (Rit)	0	0.0
g) Incremento di Perdite precompressione a t=tinf	162.2	-5.6
h1) Accidentali - Traffico	0.0	-437.6

TENSIONI NORMALI SUL CALCESTRUZZO (Mpa) - positive di trazione

Condizione di carico	fibra	sol-sup	sol-inf	1 trave-sup	2 trave-inf	3 ax cavo
a) Peso proprio - trave (g1a)	G1a			0.00	0.00	0.00
b) Precompressione	Prec			-4.89	-3.96	-4.44
c) Perdite precompressione a t = t1	DP_1			0.27	0.21	0.24
d) Peso proprio - soletta (g1b)	G1b			1.71	-1.70	0.06
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	G2+G3	0.61	0.43	0.47	-0.90	-0.19
f) effetti del ritiro fra trave e soletta (R)	Drit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
g) incremento perdite di prec. A t=tinf	DP_2	0.17	0.17	0.19	0.16	0.18
h1) Accidentali - Condizione 1	Q1	0.87	0.61	0.68	-1.29	-0.27
a+b				-4.89	-3.96	-4.44
a+b+c				-4.63	-3.74	-4.20
a+b+c+d				-2.92	-5.44	-4.14
a+b+c+d+e		0.61	0.43	-2.45	-6.34	-4.33
a+b+c+d+e+f+g		0.78	0.60	-2.26	-6.18	-4.15
a+b+c+d+e+f+g	Ψ	0.78	0.60	-2.26	-6.18	-4.15
a+b+c+d+e+f+g+h - SLE-QP	0.2	0.96	0.72	-2.12	-6.44	-4.21
a+b+c+d+e+f+g+h- SLE-R	1.0	1.65	1.21	-1.58	-7.47	-4.42

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	151

VERIFICHE TENSIONALI CALCESTRUZZO

Tensioni Iniziali - alla tesatura

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	4.89	OK<=19.2
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Carichi Permanenti

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.60	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	0.78	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	6.18	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-QP

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.00	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	0.96	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	6.44	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-FR

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.60
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	1.57
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	7.34
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax}	Mpa	0.00

A lungo termine - Combinazione SLE-R

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.60	OK<=16.5
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	1.65	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	7.47	OK<=24.75
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax}	Mpa	0.00	OK<=0

Le figure seguenti illustrano l'andamento delle tensioni nelle fibre di estremità di traverso e soletta:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	152

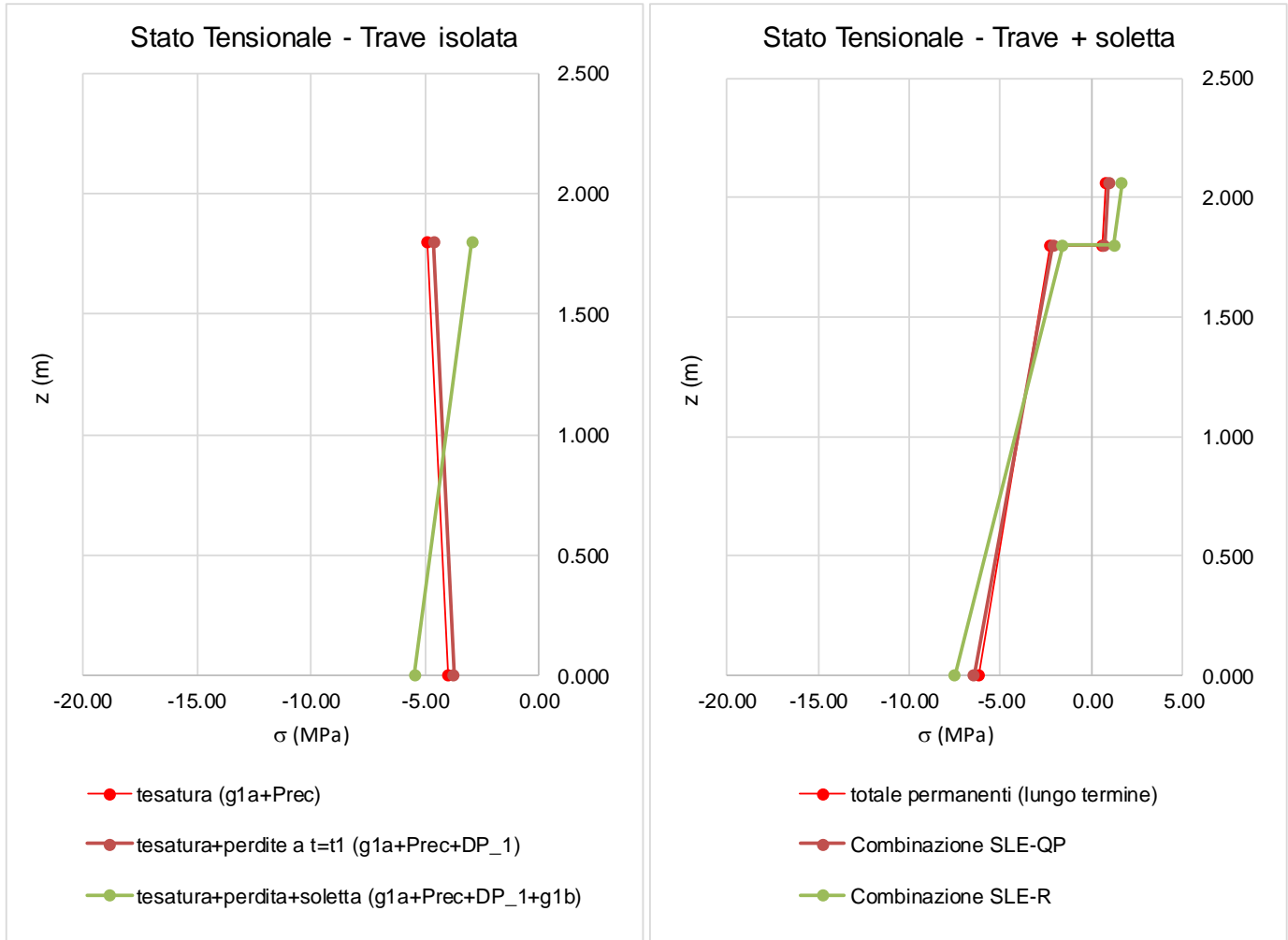


Figura 12.1 – Traverso di campata – Andamento tensioni SLE

E' possibile osservare quanto segue:

- Le tensioni massime di compressione su trave e soletta si mantengono sempre entro i valori ammissibili;
- la trave prefabbricata risulta interamente compressa in ciascuna fase esecutiva e in esercizio;
- la soletta risulta tesa ma con valori delle tensioni compatibili con il limite di decompressione.

Tutte le verifiche tensionali sono pertanto soddisfatte e rispettose delle condizioni restrittive imposte dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]).

Verifiche di resistenza a flessione SLU

In prima approssimazione, valutiamo il momento resistente agli SLU corrispondente allo snervamento dei cavi di precompressione:

$$MRd = - (7 + 9) \times 139 \times 1452 \times 0.9 \times 930 = -2707 \text{ kNm}$$

Si ha:

$$c.u. = MEd / MRd = 1549 / 2707 = 0.57 < 1.0$$

La verifica è soddisfatta.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	153

12.2.2 Sezione cava

Le caratteristiche geometrico-inerziali della sezione cava sono le seguenti:

$A = 0.374 \text{ m}^2$

$Z_g = 0.983 \text{ m}$

$I_x = 0.22878 \text{ m}^4$

Verifiche tensionali SLE:

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo trave prefabbricata	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck	Mpa	55.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck	Mpa	45.0
Resistenza cubica caratteristica alla tesatura dei trefoli	Rckj	Mpa	40.0
Resistenza cilindrica caratteristica alla tesatura dei trefoli	fckj	Mpa	32.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm	MPa	36283
Modulo elastico del calcestruzzo alla tesatura dei trefoli	Ecm(t0)	MPa	33346
Resistenza a trazione caratteristica a 28gg	fctm	MPa	3.80
Resistenza a trazione caratteristica alla tesatura dei trefoli (t ₀)	fctmj	MPa	3.02
Tensioni ammissibili alla tesatura			
Tensione ammissibile a compressione	0.60 fckj	σ _{maxi}	Mpa 19.20
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{tmaxi}	Mpa 0.00
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{maxf_r}	Mpa 24.75
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{maxf_qp}	Mpa 18.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{tmax}	Mpa 0.00
Calcestruzzo soletta di completamento			
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck_s	Mpa	37.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck_s	Mpa	30.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm_s	MPa	32837
Resistenza a trazione	fctm_s	MPa	2.90
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{maxf_s_r}	Mpa 16.50
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{maxf_s_qp}	Mpa 12.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	fctm/1.2	σ _{tmax_s}	Mpa 2.41
Acciaio di precompressione			
resistenza caratteristica a rottura	f _{ptk}	Mpa	1860
resistenza caratteristica a snervamento	f _{p(0.1)k}	Mpa	1670
Modulo elastico acciaio armonico	E _p	Mpa	195000
Reistenza di calcolo dell'acciaio agli SLU			
resistenza di progetto	f _{p(0.1)k} /1.15	f _{yd}	Mpa 1452
Tensioni ammissibili alla tesatura			
tensione di trazione amm. alla tesatura	min(0.9 f _{p(0.1)k} ; 0.8 f _{ptk})	σ _{a0max}	Mpa 1488
Tensioni ammissibili in esercizio			
tensione di trazione ammissibile in esercizio	0.80 f _{p(0.1)k}	σ _{atmax}	Mpa 1336

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	154

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE - SOLETTA - ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Sezione in cls trave prefabbricata	Var	unità	
Altezza	Hcls	m	2.100
Area	Acls	m ²	0.374
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zgcls	m	0.983
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls	m ⁴	0.2288

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	1.231
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.117	-0.983	0.248
Modulo elastico in direzione x	m ³	-0.205	0.233	-0.922

Soletta di completamento

	Var	unità	
Spessore getto di completamento al netto delle predalle	Hcls2	m	0.260
Spessore delle predalle	Hpred	m	0.050
Larghezza collaborante	Bcls2	m	0.853
Area	Acls2	m ²	0.222
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore sezione composta	zgcls2	m	2.280
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lx0cls2	m ⁴	0.0012

Armature di precompressione

linea n.	n.trefoli / barre	ftrefolo / barra (mm)	fguaina (mm)	A barra (m ²)	A risultante (m ²)	A guaine (m ²)	z linea (m)	A x z linea (m ³)
1	7	15.2	67	0.000139	0.000973	0.02467957	0.500	0.0004865
2	9	15.2	77	0.000139	0.001251	0.04190963	1.800	0.0022518
3					0	0		0
4					0	0		0
5					0	0		0
6					0	0		0
7					0	0		0
8					0	0		0
9					0	0		0
10					0	0		0
11					0	0		0
Somma	16				0.002	0.0665892		0.0027

Caratteristiche cavo risultante

	Var	unità	
Area complessiva trefoli/barre	Atr1	m ²	0.0022
Aera complessiva guaine	Ag	m ²	0.0666
Momento statico rispetto all'asse x (lembo inferiore)	Sx	m ³	0.0027
ordinata cavo risultante (lembo inferiore)	zc1	m	1.231

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	155

Sezione Trave - solo cls

	Var	unità	
Area	Anet	m2	0.307
Ordinata baricentro rispetto a spigolo inferiore sx	zgnet	m	0.929
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxnet	m4	0.2238

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	1.231
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.171	-0.929	0.302
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.191	0.241	-0.741

Sezione Trave + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n		5.37
Area	Alorda	m2	0.319
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda	m	0.941
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda	m4	0.2248
eccentricità baricentro armature e punto applicazione sforzo normale	e	m	-0.291

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.100	0.000	1.231
ordinata (rispetto al baricentro)	m	1.159	-0.941	0.291
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.194	0.239	-0.773

Sezione Trave + Soletta + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione getti di 2°fase - getti di prima fase	n2		0.91
Area	Alorda2	m2	0.520
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda2	m	1.457
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda2	m4	0.4470
eccentricità soletta - trave	e2	m	0.773

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sol-sup	sol-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.360	2.100	2.100	0.000	1.231
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.903	0.643	0.643	-1.457	-0.226
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.495	-0.696	-0.696	0.307	1.978

TENSIONE INIZIALE DI PRECOMPRESSIONE

Dati - Travi prefabbricate

	Var	unità	
tensione iniziale di tesatura al martinetto	σ_{pi}	Mpa	1350
tiro iniziale	Np0	kN	3002
tensione nel cls a livello del cavo al tiro	σ_c	Mpa	10.53
Perdita di tensione	$\Delta \sigma$	MPa	61.6
tensione nel cavo dopo le perdite istantanee	σ_p	MPa	1288
precompressione dopo le perdite di tensione istantanee	Np	kN	2865

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	156

FENOMENI LENTI (RITIRO - VISCOSITA' - RILASSAMENTO)

Dati - Travi prefabbricate	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	36283
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	0.374
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	4.06
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	184
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls all'inizio del ritiro per essiccamento	ts	gg	3
età del cls al momento dell'applicazione della precompressione	t0	gg	7
età del cls delle travi corrispondente al getto della soletta	t1	gg	150

Dati - Soletta di completamento	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	32837
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	0.222
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	0.85
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	520
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t0	gg	28

deformazioni da ritiro - Travi	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.87
deformazione finale da ritiro per essiccamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.026%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - ts)$		0.60
deformazione da ritiro per essiccamento al tempo t1	$\epsilon_{cd}(t_1)$	%	0.016%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.035%
deformazione totale per ritiro al tempo t1 - fase 1	$\epsilon_{cs}(t_1)$	%	0.024%
deformazione residua per ritiro successiva a t1 - fase 2	$\epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.011%

deformazioni da ritiro - Soletta	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.036%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.70
deformazione finale da ritiro per essiccamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.025%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.005%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.030%
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf} - \epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.020%

coefficiente di viscosità - travi	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.64
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.88
coefficiente di viscosità a tempo t1	$\phi_c(t_1, t_0)$		1.20
coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t1)	$\phi_c(inf, t_1)$		0.68

coefficiente di viscosità - soletta	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.99
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.77

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	157

Perdite da ritiro del calcestruzzo	Var	unità	
Perdita di precompressione per ritiro a t = t1	$\Delta \sigma_{r_t1}$	Mpa	47.7
Incremento di perdita di precompressione per ritiro a t=tinf	$\Delta \sigma_{r_tinf}$	Mpa	20.9
Totale perdite per ritiro	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	68.6

Perdite per Viscosità	Var	unità	
σ cls alla quota al baricentro del cavo a t = t0	σ cavo	Mpa	10.09
Perdita di precompressione per viscosità a t = t1	$\Delta \sigma_{v_t1}$	Mpa	65.2
σ cls alla quota al baricentro del cavo a t = t1	σ cavo	Mpa	8.66
Perdita di precompressione per viscosità a t = tinf.	$\Delta \sigma_{v_tinf}$	Mpa	31.5
Totale perdite per viscosità	$\Delta \sigma_{v_tot}$	Mpa	96.7

Perdite per Rilassamento	Var	unità	
Classe di armatura	Cl_a		2
perdita di rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione	ρ_{1000}	%	2.5
rapporto tra tensione iniziale e resistenza caratteristica dell'acciaio	μ		0.73
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = t1	$\Delta \sigma_{pr} / \sigma_{pi_t1}$		1.6%
Perdite per rilassamento a tempo t = t1	$\Delta \sigma_{pr_t1}$	Mpa	21.4
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = tinf	$\Delta \sigma_{pr} / \sigma_{pi_tinf}$		4.4%
Incremento perdite per rilassamento a tempo t = tinf	$\Delta \sigma_{pr_tinf}$	Mpa	37.6
Totale perdite per rilassamento	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	59.1

Perdite per fenomeni differiti totali a t = t1	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_t1}$	Mpa	121.6
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	9%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione a t = t1	σ_{pfin}	Mpa	1166.8

Incremento Perdite per fenomeni differiti totali a t = tinf	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_tinf}$	Mpa	78.3
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	6%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione	σ_{pfin}	Mpa	1088.5

Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot}$	Mpa	199.9
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	16%

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: Area complessiva soletta al netto delle predalle	Ac	m ²	0.000
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf-\epsilon_{cs}(t1,inf)}$	%	0.020%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11852
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta \sigma_{rit}$	Mpa	2.33
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	0

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	158

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Condizione di carico	N kN	Mx kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	0.0	0.0
b) Precompressione	-2865.5	865.4
c) Perdite precompressione a t = t1	270.5	-81.7
d) Peso proprio - soletta (g1b)	0.0	-368.2
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	0.0	-305.4
f) effetti del ritiro differenziale fra trave e soletta (Rit)	0	0.0
g) Incremento di Perdite precompressione a t=tinf	174.1	-52.6
h1) Accidentali - Traffico	0.0	-437.6

TENSIONI NORMALI SUL CALCESTRUZZO (Mpa) - positive di trazione

Condizione di carico	fibra	sol-sup	sol-inf	1	2	3
				trave-sup	trave-inf	ax cavo
a) Peso proprio - trave (g1a)	G1a			0.00	0.00	0.00
b) Precompressione	Prec			-13.44	-5.35	-10.09
c) Perdite precompressione a t = t1	DP_1			1.27	0.51	0.95
d) Peso proprio - soletta (g1b)	G1b			1.90	-1.54	0.48
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	G2+G3	0.56	0.40	0.44	-1.00	-0.15
f) effetti del ritiro fra trave e soletta (R)	Drit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
g) incremento perdite di prec. A t=tinf	DP_2	0.40	0.37	0.41	0.16	0.31
h1) Accidentali - Condizione 1	Q1	0.80	0.57	0.63	-1.43	-0.22
a+b				-13.44	-5.35	-10.09
a+b+c				-12.17	-4.85	-9.14
a+b+c+d				-10.27	-6.39	-8.66
a+b+c+d+e		0.56	0.40	-9.83	-7.38	-8.82
a+b+c+d+e+f+g		0.96	0.77	-9.42	-7.22	-8.51
a+b+c+d+e+f+g	Ψ	0.96	0.77	-9.42	-7.22	-8.51
a+b+c+d+e+f+g+h - SLE-QP		0.2	0.88	-9.29	-7.50	-8.55
a+b+c+d+e+f+g+h- SLE-R		1.0	1.34	-8.79	-8.65	-8.73

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	159

VERIFICHE TENSIONALI CALCESTRUZZO

Tensioni Iniziali - alla tesatura

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	13.44	OK<=19.2
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Carichi Permanenti

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.77	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	0.96	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max_t}	Mpa	9.42	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax_t}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-QP

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.00	OK<=12
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	1.12	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	9.42	OK<=18
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax}	Mpa	0.00	OK<=0

A lungo termine - Combinazione SLE-FR

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.77
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	1.68
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	9.42
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax}	Mpa	0.00

A lungo termine - Combinazione SLE-R

tensione di compressione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{max_s}	Mpa	0.77	OK<=16.5
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - soletta	σ_{tmax_s}	Mpa	1.76	OK<=2.41
tensione di compressione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{max}	Mpa	9.42	OK<=24.75
tensione di trazione massima sul calcestruzzo - trave	σ_{tmax}	Mpa	0.00	OK<=0

Le figure seguenti illustrano l'andamento delle tensioni nelle fibre di estremità di traverso e soletta:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	160

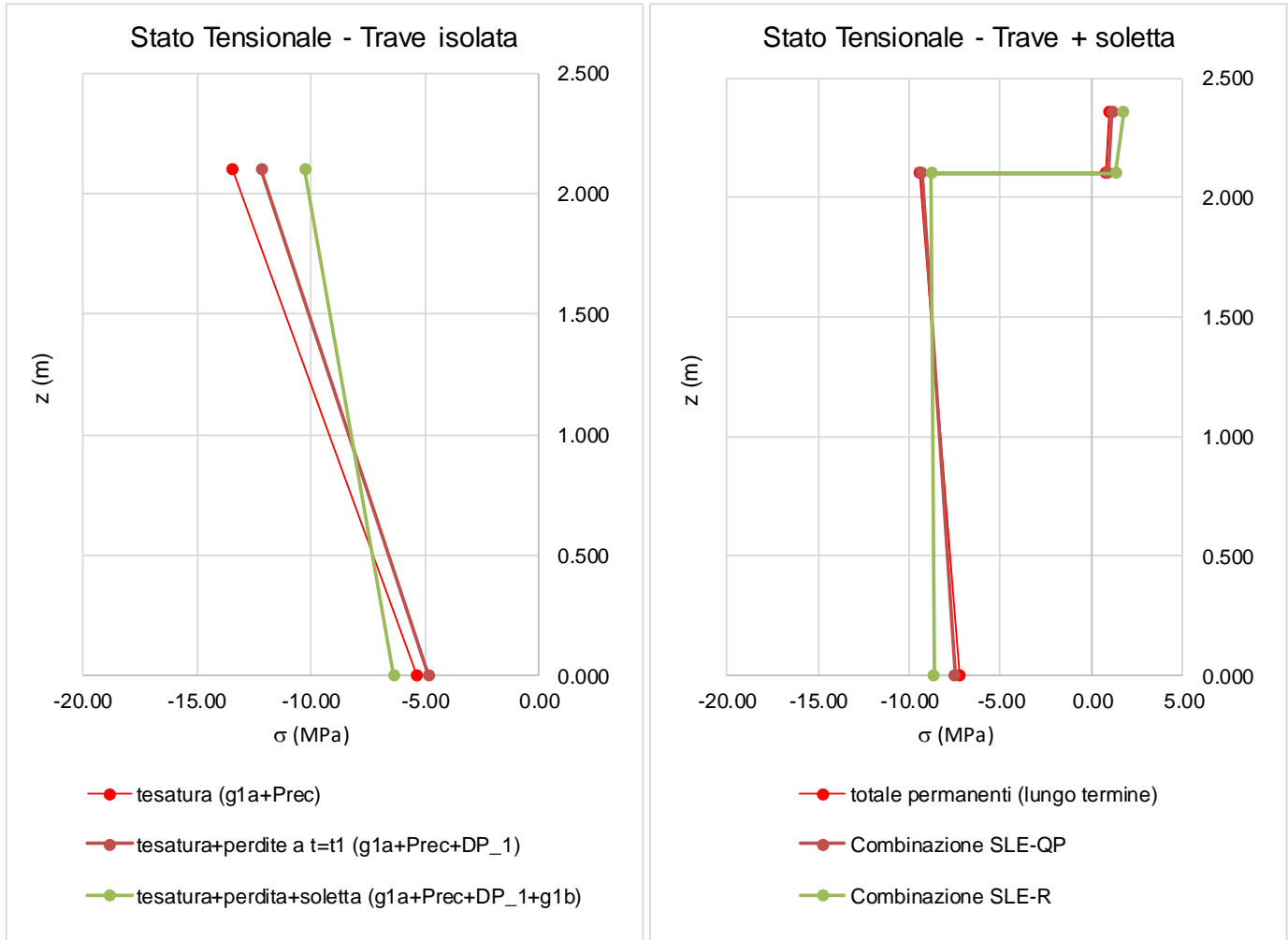


Figura 12.2 – Traverso di campata – Andamento tensioni SLE

E' possibile osservare quanto segue:

- Le tensioni massime di compressione su trave e soletta si mantengono sempre entro i valori ammissibili;
- la trave prefabbricata risulta interamente compressa in ciascuna fase esecutiva e in esercizio;
- la soletta risulta tesa ma con valori delle tensioni compatibili con il limite di decompressione.

Tutte le verifiche tensionali sono pertanto soddisfatte e rispettose delle condizioni restrittive imposte dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]).

Verifiche di resistenza a flessione SLU

A parità di armature e momento agente, valgono le verifiche illustrate per la sezione la sezione piena caratterizzata da una minore distanza tra lembo compresso e cavo risultante.

12.3 Trasversi di testata – Verifica in fase di sollevamento dell'impalcato

Si considera il trasverso di testata vincolato in corrispondenza dei due martinetti previsti per il sollevamento. In fase di sollevamento il trasverso non è soggetto al traffico ferroviario.

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	161

I carichi verticali trasmessi dalle travi si ottengono sommando i valori delle reazioni dovute ai pesi propri, ai permanenti portati ed al peso del ballast (vedi capitolo 15).

Il carico trasmesso dalle travi di bordo, comprensivo del peso dei traversi è pari a :
 $Pt1 = 436.2 + 475.7 + 498.1 + 363.3 = 1773.3 \text{ kN}$

Il carico trasmesso dalle travi interne, comprensivo del peso dei traversi è pari a :
 $Pt1 = 436.2 + 254.3 + 18.7 + 456.7 = 1165.8 \text{ kN}$

Complessivamente sul singolo martinetto si esercita un carico verticale pari a:
 $PEd = 1773.8 + 1165.8 = 2939.6 \text{ kN}$

Volendo garantire una resistenza dei cilindri di sollevamento almeno maggiore del 20% rispetto al carico agente, con riferimento ai tonnellaggi di tipo commerciale, si prescrive l'impiego di cilindri con capacità pari a 400 ton.

I cilindri saranno disposti al di sotto dei trasversi tra travi di bordo e travi interne. In particolare, la distanza tra asse trave di bordo e asse cilindri sarà pari a 0.95 m.

Il momento flettente agente sui trasversi in fase di sollevamento si ottiene sommando ai contributi relativi ai carichi permanenti (vedi paragrafo 12.1), l'incremento generato dal carico verticale agente sulla trave di bordo pari a:

$$MEd = -1773.3 \times 0.95 = -1684.6 \text{ kN}$$

La figura seguente illustra lo schema di calcolo per la verifica dei trasversi di testata in fase di sollevamento dell'impalcato:

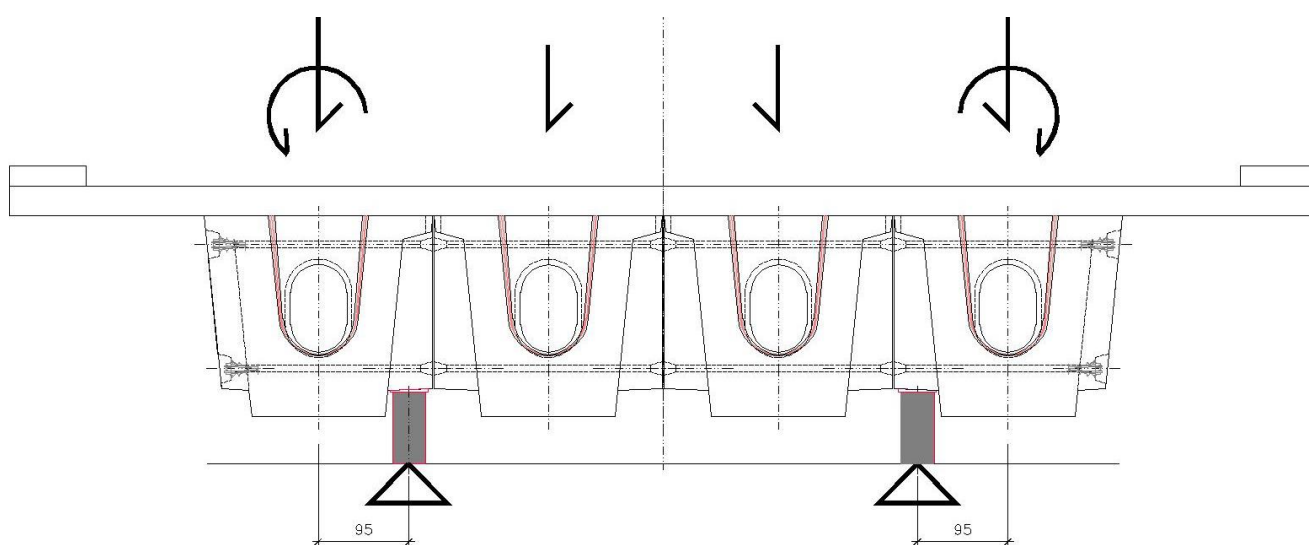


Figura 12.3 – Traverso di testata – Schema di calcolo in fase di sollevamento

12.4 Verifiche tensionali SLE

La sezione del trasverso di testata ha dimensioni 0.40 x 1.80.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	162

Relativamente alla soletta si trascurano le predelle e si considera una larghezza collaborante pari a:
 $bc = 2 \times 1.10 = 2.20 \text{ m.}$

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo trave prefabbricata	Var	unità	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck	Mpa	55.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck	Mpa	45.0
Resistenza cubica caratteristica alla tesatura dei trefoli	Rckj	Mpa	40.0
Resistenza cilindrica caratteristica alla tesatura dei trefoli	fckj	Mpa	32.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm	MPa	36283
Modulo elastico del calcestruzzo alla tesatura dei trefoli	Ecm(t0)	MPa	33346
Resistenza a trazione caratteristica a 28gg	fctm	MPa	3.80
Resistenza a trazione caratteristica alla tesatura dei trefoli (t ₀)	fctmj	MPa	3.02
Tensioni ammissibili alla tesatura			
Tensione ammissibile a compressione	0.60 fckj	σ _{cmaxi}	Mpa 19.20
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{ctmaxi}	Mpa 0.00
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{cmaxf_r}	Mpa 24.75
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{cmaxf_qp}	Mpa 18.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	non ammessa	σ _{ctmax}	Mpa 0.00
Calcestruzzo soletta di completamento			
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	Rck_s	Mpa	37.0
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	fck_s	Mpa	30.0
Modulo elastico del calcestruzzo	Ecm_s	MPa	32837
Resistenza a trazione	fctm_s	MPa	2.90
Tensioni ammissibili in esercizio			
Tensione ammissibile a compressione per c.caratteristica (rara)	0.55 fck	σ _{cmaxf_s_r}	Mpa 16.50
Tensione ammissibile a compressione per c.quasi permanente	0.40 fck	σ _{cmaxf_s_qp}	Mpa 12.00
tensione massima di trazione nella fibra più sollecitata	fctm/1.2	σ _{ctmax_s}	Mpa 2.41
Acciaio di precompressione			
resistenza caratteristica a rottura	fptk	Mpa	1860
resistenza caratteristica a snervamento	fp(0.1)k	Mpa	1670
Modulo elastico acciaio armonico	Ep	Mpa	195000
Reistenza di calcolo dell'acciaio agli SLU			
resistenza di progetto	fp(0.1)k/1.15	f _{yd}	Mpa 1452
Tensioni ammissibili alla tesatura			
tensione di trazione amm. alla tesatura	min(0.9 fp(0.1)k; 0.8 fptk)	σ _{a0max}	Mpa 1488
Tensioni ammissibili in esercizio			
tensione di trazione ammissibile in esercizio	0.80 fp(0.1)k	σ _{atmax}	Mpa 1336

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	163

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVE - SOLETTA - ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Sezione in cls trave prefabbricata	Var	unità	
Altezza	Hcls	m	1.800
Area	Acls	m2	0.720
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zgcls	m	0.900
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls	m4	0.1944

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.900	-0.900	0.031
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.216	0.216	-6.221

Soletta di completamento

Soletta di completamento	Var	unità	
Spessore getto di completamento al netto delle predalle	Hcls2	m	0.260
Spessore delle predalle	Hpred	m	0.050
Larghezza collaborante	Bcls2	m	2.200
Area	Acls2	m2	0.572
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore sezione composta	zgcls2	m	1.980
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxcls2	m4	0.0032

Armature di precompressione

linea n.	n.trefoli / barre	ftrefolo / barra (mm)	fguaina (mm)	A barra (m2)	A risultante (m2)	A guaine (m2)	z linea (m)	A x z linea (m3)
1	7	15.2	67	0.000139	0.000973	0.02467957	0.200	0.0001946
2	9	15.2	77	0.000139	0.001251	0.04190963	1.500	0.0018765
3					0	0		0
4					0	0		0
5					0	0		0
6					0	0		0
7					0	0		0
8					0	0		0
9					0	0		0
10					0	0		0
11					0	0		0
Sommano	16				0.002	0.0665892		0.0021

Caratteristiche cavo risultante

Caratteristiche cavo risultante	Var	unità	
Area complessiva trefoli/barre	Atr1	m2	0.0022
Aera complessiva guaine	Ag	m2	0.0666
Momento statico rispetto all'asse x (lembo inferiore)	Sx	m3	0.0021
ordinata cavo risultante (lembo inferiore)	zc1	m	0.931

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	164

Sezione Trave - solo cls

	Var	unità	
Area	Anet	m2	0.653
Ordinata baricentro rispetto a spigolo inferiore sx	zgnnet	m	0.897
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxnet	m4	0.1943

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.903	-0.897	0.034
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.215	0.217	-5.643

Sezione Trave + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n		5.37
Area	Alorda	m2	0.665
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda	m	0.897
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda	m4	0.1943
eccentricità baricentro armature e punto applicazione sforzo normale	e	m	-0.034

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sup-tr	inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.903	-0.897	0.034
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.215	0.217	-5.747

Sezione Trave + Soletta + Armature di precompressione

	Var	unità	
coefficiente di omogeneizzazione getti di 2°fase - getti di prima fase	n2		0.91
Area	Alorda2	m2	1.183
Ordinata baricentro rispetto a lembo inferiore	zglorda2	m	1.371
Momento d'inerzia rispetto ad asse x	lxlorda2	m4	0.5385
eccentricità soletta - trave	e2	m	0.559

Moduli di resistenza elastica

fibra	unità	sol-sup	sol-inf	trave-sup	trave-inf	ax cavo
ordinata (rispetto al lembo inferiore)	m	2.060	1.800	1.800	0.000	0.931
ordinata (rispetto al baricentro)	m	0.689	0.429	0.429	-1.371	-0.440
Modulo elastico in direzione x	m3	-0.782	-1.256	-1.256	0.393	1.224

TENSIONE INIZIALE DI PRECOMPRESSIONE

Dati - Travi prefabbricate

	Var	unità	
tensione iniziale di tesatura al martinetto	σ_{pi}	Mpa	1350
tiro iniziale	N_{p0}	kN	3002
tensione nel cls a livello del cavo al tiro	σ_c	Mpa	4.53
Perdita di tensione	$\Delta \sigma_p$	MPa	26.5
tensione nel cavo dopo le perdite istantanee	σ_p	MPa	1324
precompressione dopo le perdite di tensione istantanee	N_p	kN	2943

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	165

FENOMENI LENTI (RITIRO - VISCOSITA' - RILASSAMENTO)

Dati - Travi prefabbricate	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	36283
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m ²	0.720
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	4.00
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	360
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls all'inizio del ritiro per essiccaamento	ts	gg	3
età del cls al momento dell'applicazione della precompressione	t0	gg	7
età del cls delle travi corrispondente al getto della soletta	t1	gg	150

Dati - Soletta di completamento	Var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	32837
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m ²	0.572
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	1.80
dimensione nominale $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	636
umidità relativa atmosfera	RH	%	70%
età del cls a partire dalla quale considerare i fenomeni differiti	t0	gg	28

deformazioni da ritiro - Travi	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.030%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.74
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.022%
coefficiente dipendente dallo sviluppo del ritiro per essiccaamento nel tempo - $t = t_1$	$\beta_{ds}(t - ts)$		0.35
deformazione da ritiro per essiccaamento al tempo t1	$\epsilon_{cd}(t_1)$	%	0.008%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.009%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.031%
deformazione totale per ritiro al tempo t1 - fase 1	$\epsilon_{cs}(t_1)$	%	0.017%
deformazione residua per ritiro successiva a t1 - fase 2	$\epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.014%

deformazioni da ritiro - Soletta	Var	unità	
deformazione da ritiro per essiccaamento di riferimento	$\epsilon_{cd,0}$	%	0.036%
coefficiente dipendente dalla dimensione nominale h0	kh		0.70
deformazione finale da ritiro per essiccaamento: $\epsilon_{cd,0} \times kh$	$\epsilon_{cd,inf}$	%	0.025%
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,inf}$	%	0.005%
deformazione totale finale per ritiro	$\epsilon_{cs,inf}$	%	0.030%
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf} - \epsilon_{cs}(t_1,inf)$	%	0.016%

coefficiente di viscosità - travi	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.57
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.77
coefficiente di viscosità a tempo t1	$\phi_c(t_1, t_0)$		1.02
coefficiente di viscosità per effetti successivi a getto soletta (t1)	$\phi_c(inf, t_1)$		0.76

coefficiente di viscosità - soletta	Var	unità	
coefficiente che descrive la dipendenza dal tempo	$\beta_c(t_1 - t_0)$		0.99
coefficiente finale di viscosità a tempo infinito	$\phi_c(inf, t_0)$		1.74

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	166

Perdite da ritiro del calcestruzzo	Var	unità	
Perdita di precompressione per ritiro a t = t1	$\Delta \sigma_{r_t1}$	Mpa	32.2
Incremento di perdita di precompressione per ritiro a t=tinf	$\Delta \sigma_{r_tinf}$	Mpa	28.2
Totale perdite per ritiro	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	60.4

Perdite per Viscosità	Var	unità	
σ cls alla quota al baricentro del cavo a t = t0	σ_c cavo	Mpa	4.44
Perdita di precompressione per viscosità a t = t1	$\Delta \sigma_{v_t1}$	Mpa	24.3
σ cls alla quota al baricentro del cavo a t = t1	σ_c cavo	Mpa	4.17
Perdita di precompressione per viscosità a t = tinf.	$\Delta \sigma_{v_tinf}$	Mpa	16.9
Totale perdite per viscosità	$\Delta \sigma_{v_tot}$	Mpa	41.2

Perdite per Rilassamento	Var	unità	
Classe di armatura	Cl_a		2
perdita di rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione	ρ_{1000}	%	2.5
rapporto tra tensione iniziale e resistenza caratteristica dell'acciaio	μ		0.73
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = t1	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_t1}$		1.6%
Perdite per rilassamento a tempo t = t1	$\Delta \sigma_{pr_t1}$	Mpa	21.4
Rapporto tra perdite per rilassamento e spi a t = tinf	$\Delta \sigma_{pr}/\sigma_{pi_tinf}$		4.4%
Incremento perdite per rilassamento a tempo t = tinf	$\Delta \sigma_{pr_tinf}$	Mpa	37.6
Totale perdite per rilassamento	$\Delta \sigma_{r_tot}$	Mpa	59.1

Perdite per fenomeni differiti totali a t = t1	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_t1}$	Mpa	71.5
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	5%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione a t = t1	σ_{pfin}	Mpa	1252.0

Incremento Perdite per fenomeni differiti totali a t = tinf	Var	unità	
Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot_tinf}$	Mpa	73.3
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	6%
Tensione finale nell'acciaio di precompressione	σ_{pfin}	Mpa	1178.7

Totale perdite per fenomeni differiti (eq. 5.46 EC2)	$\Delta \sigma_{tot}$	Mpa	144.8
Rapporto perdite differite / Tensione iniziale tesatura		%	11%

Effetti del ritiro differenziale trave-soletta	Var	unità	
area del calcestruzzo soggetta a ritiro: Area complessiva soletta al netto delle predalle	Ac	mq	0.000
deformazione differenziale soletta - trave	$\epsilon_{cs,inf}-\epsilon_{cs}(t1,inf)$	%	0.016%
Modulo elastico cls soletta scontato degli effetti viscosi	E^*_{cls}	Mpa	11981
Tensione di trazione nella soletta per deformazione impedita	$\Delta \sigma_{rit}$	Mpa	1.90
Sforzo di trazione nella soletta per deformazione da ritiro impedita	Nrit	kN	0

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	167

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Condizione di carico	N kN	Mx kNm
a) Peso proprio - trave (g1a)	0.0	0.0
b) Precompressione	-2943.5	101.4
c) Perdite precompressione a t = t1	159.0	-5.5
d) Peso proprio - soletta (g1b)	0.0	-166.1
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	0.0	-273.1
f) effetti del ritiro differenziale fra trave e soletta (Rit)	0	0.0
g) Incremento di Perdite precompressione a t=tinf	163.0	-5.6
h1) Incremento Momento in fase di sollevamento	0.0	-1684.6

TENSIONI NORMALI SUL CALCESTRUZZO (Mpa) - positive di trazione

Condizione di carico	fibra	sol-sup	sol-inf	1		3
				trave-sup	trave-inf	ax cavo
a) Peso proprio - trave (g1a)	G1a			0.00	0.00	0.00
b) Precompressione	Prec			-4.89	-3.96	-4.44
c) Perdite precompressione a t = t1	DP_1			0.26	0.21	0.24
d) Peso proprio - soletta (g1b)	G1b			0.77	-0.77	0.03
e) perm. portati + ballast (g2+gb)	G2+G3	0.32	0.20	0.22	-0.70	-0.22
f) effetti del ritiro fra trave e soletta (R	Drit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
g) incremento perdite di prec. A t=tin	DP_2	0.13	0.13	0.14	0.12	0.13
h1) Incremento Momento in fase di s	Q1	1.95	1.21	1.34	-4.29	-1.38
a+b				-4.89	-3.96	-4.44
a+b+c				-4.63	-3.74	-4.20
a+b+c+d				-3.86	-4.51	-4.17
a+b+c+d+e		0.32	0.20	-3.64	-5.20	-4.40
a+b+c+d+e+f+g		0.45	0.33	-3.50	-5.08	-4.26
a+b+c+d+e+f+g	Ψ	0.45	0.33	-3.50	-5.08	-4.26
a+b+c+d+e+f+g+h- SLE-R	1.0	2.40	1.54	-2.16	-9.37	-5.64

Le figure seguenti illustrano l'andamento delle tensioni nelle fibre di estremità di traverso e soletta:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	168

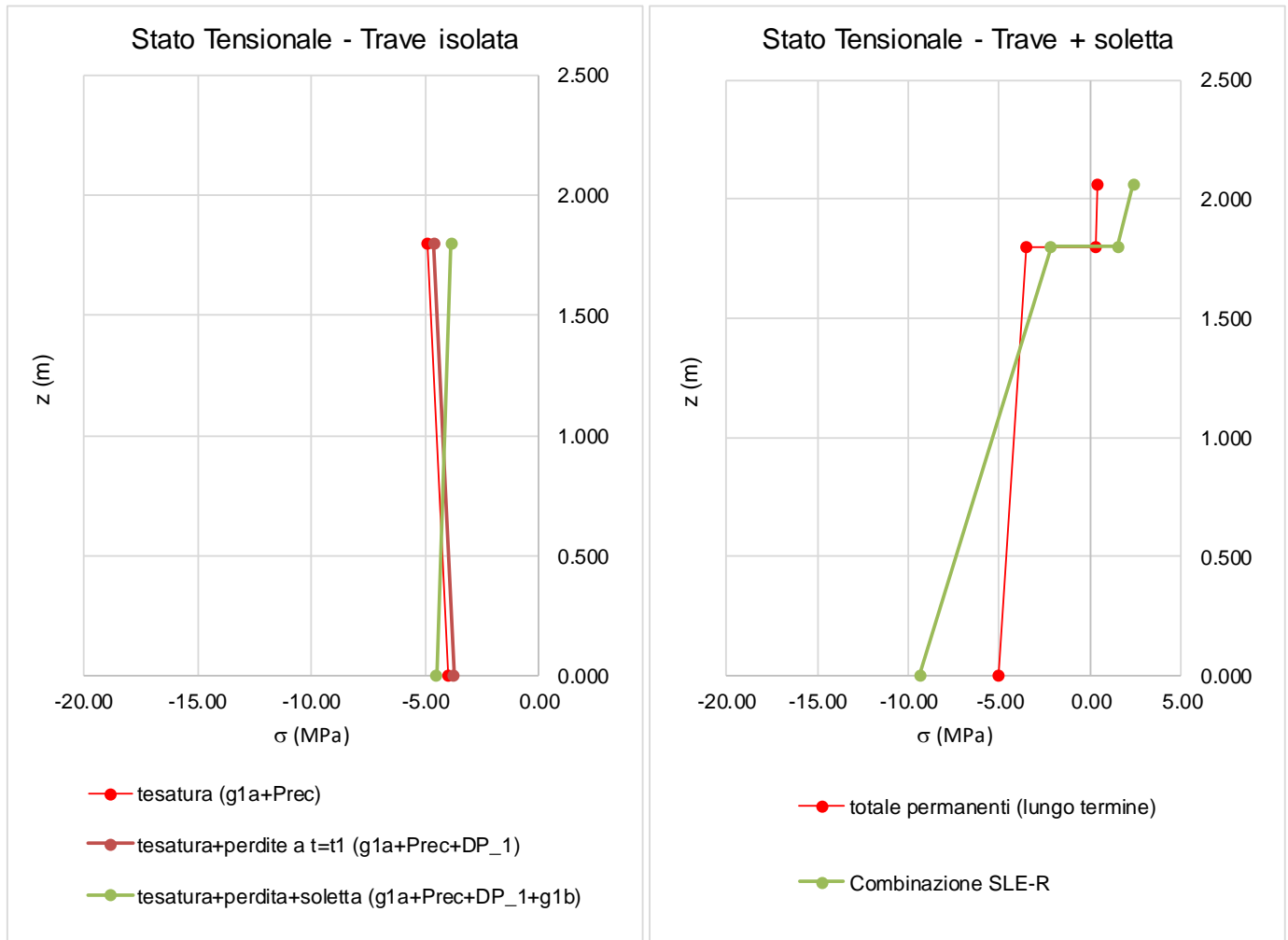


Figura 12.4 – Traverso di campata – Andamento tensioni SLE

E' possibile osservare quanto segue:

- Le tensioni massime di compressione su trave e soletta si mantengono sempre entro i valori ammissibili;
- la trave prefabbricata risulta interamente compressa in ciascuna fase esecutiva e in esercizio;
- la soletta risulta tesa ma con valori delle tensioni compatibili con il limite di decompressione.

Tutte le verifiche tensionali sono pertanto soddisfatte e rispettose delle condizioni restrittive imposte dal Manuale di Progettazione RFI (§[D_10]).

12.4.1 Verifiche di resistenza a flessione SLU

In prima approssimazione, valutiamo il momento resistente agli SLU corrispondente allo snervamento dei cavi di precompressione:

$$MRd = - (7 + 9) \times 139 \times 1452 \times 0.9 \times 930 = -2707 \text{ kNm}$$

Il momento agente in fase di sollevamento vale:

$$MEd = -(166.1 + 273.1 + 1684.6) = -2124 \text{ kNm}$$

Il coefficiente di sicurezza rispetto alla rottura è pari a:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	169

c.s. = 2707/2124 = 1.27

che si ritiene accettabile, la verifica è pertanto soddisfatta.

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	170

13. VERIFICHE DELLA SOLETTA

Le sollecitazioni agenti sulla soletta in esercizio sono state determinate attraverso un calcolo agli elementi finiti (SAP2000P), in cui la soletta è schematizzata con elementi SHELL di dimensioni 0.20x0.20 m.

L'altezza degli elementi shell è pari a 31 cm (spessore minimo).

Per tenere conto della altezza effettivamente collaborante in direzione longitudinale, pari a 26 cm, sono state opportunamente ridotte le rigidezze flessionali e taglianti in questa direzione secondo i seguenti rapporti:

$$fac_r_l\text{long} = t_l^3 / t_t^3 = 0.26^3 / 0.31^3 = 0.59$$

$$fac_r_Along = t_l / t_t = 0.26 / 0.31 = 0.839$$

La soletta è semplicemente appoggiata in corrispondenza delle anime delle travi principali.

L'altezza resistente è valutata al netto dello spessore delle predelle considerate non collaboranti:

$$hsol = 0.26 \text{ m.}$$

La figura seguente illustra il modello utilizzato per il calcolo della soletta:

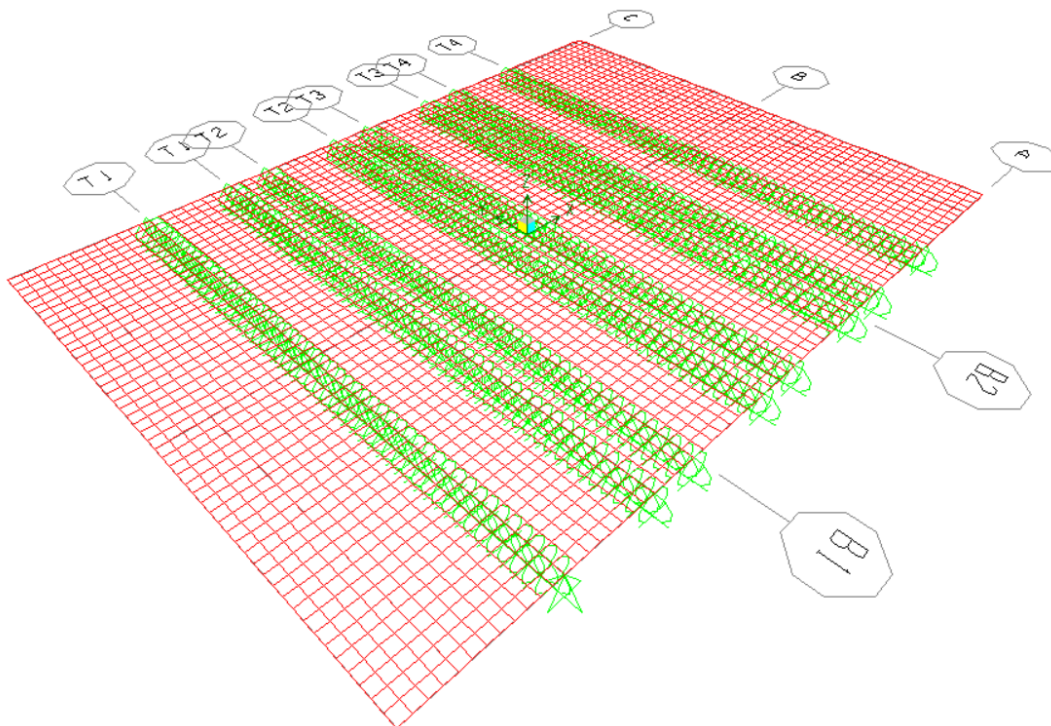


Figura 13.1. Modello di calcolo soletta – vista estrusa del modello agli elementi finiti

13.1 Analisi dei carichiPeso proprio soletta comprensivo delle predelle (g1):

- spessore minimo:	0.31 x 25.0 =	7.75 kN/m ²
- incremento spessore medio sullo sbalzo:	0.015 x 25.0 =	0.375 kN/m ²
- incremento spessore medio zona centrale:	0.06 x 25.0 =	1.50 kN/m ²

Permanenti portati (g2):

- cordolo marginale:	0.21 x 25.0 =	5.25 kN/m ²
- massetto:	0.05 x 24.0 =	1.20 kN/m ²

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	171

- barriera antirumore: 15.0 kN/m
- veletta: 0.19 x 25.0 = 4.75 kN/m

I carichi g2 di barriera e veletta sono stati assegnati ai nodi corrispondenti come carichi concentrati calcolati moltiplicando il carico per la larghezza dell'elemento shell della mesh pari a 20 cm.

Carico ballast (qb):

- ballast: 0.80 x 20.0 = 16.0 kN/m²

Carichi variabili verticali (q1):

- carico sui marciapiedi q_{marc}: 10.0 kN/m²
- carico ferroviario LM71 (vedi paragrafo 8.2.1) q_(LM71).

Il suddetto carico è amplificato per il coefficiente di adattamento relativo al treno di carico agente sul binario $\alpha=1.1$ e per il coefficiente di incremento dinamico esplicitato al paragrafo 8.2.2.

il carico assiale del modello di carico LM71 è stato ripartito fino al piano medio della soletta come indicato al 5.2.2.2.1.3. dell'NTC18:

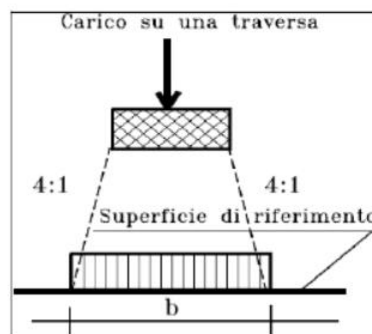
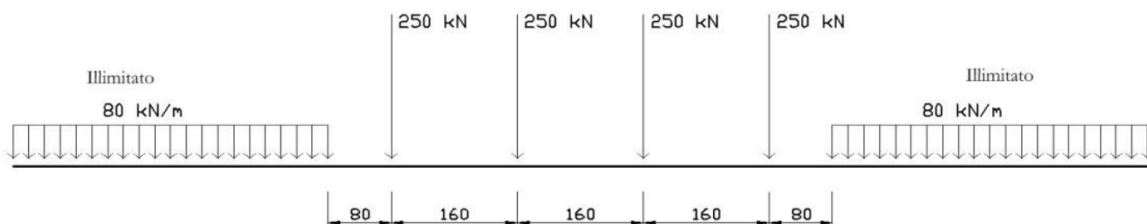


Fig. 5.2.4 Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

Per la ripartizione nella struttura sottostante valgono gli usuali criteri progettuali. In particolare, per le solette, salvo diverse e più accurate determinazioni, potrà considerarsi una ripartizione a 45° dalla superficie di estradosso fino al piano medio delle stesse.

La larghezza di ripartizione trasversale B risulta pertanto pari a $2.30+2*(4.45/4+0.31/2)=2.90$ m. Il carico sulle traverse distribuito sulla larghezza B risulta pertanto pari a: $(250 \text{ kN} \times 1.1) / (2.90 \times 1.6) = 59.3 \text{ kN/m}^2$.

Longitudinalmente il carico sulle traverse è stato distribuito su una lunghezza pari a 6.40 m, mentre i metri restanti sono stati caricati con $80 \text{ kN/m} / 2.90 \text{ m} \times 1.1 = 30.3 \text{ kN/m}^2$.



Azione laterale (Serpeggio):

- carico orizzontale (vedi paragrafo 8.3.1): 100 kN

moltiplicato per il coefficiente di adattamento relativo al treno di carico agente sul binario $\alpha=1.1$.

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	172

Il carico, moltiplicato per il braccio (differenza tra piano medio della soletta e piano del ferro, circa 1 m), è stato distribuito con una configurazione a farfalla sulla larghezza B=2.90 m.

Azione del vento (Fw):

- carico orizzontale (vedi paragrafo 8.3.1): 2.53 kN/m²*5.10 m=12.90 kN/m
- momento flettente 12.90kN/m*(5.1/2+0.21+0.31/2)m=37.6 kNm/m

I carichi Fw sono stati assegnati ai nodi corrispondenti all'asse della barriera come carichi concentrati calcolati moltiplicando il carico per la larghezza dell'elemento shell della mesh pari a 20 cm.

Effetti aereodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari (Fw g):

- carico orizzontale (vedi paragrafo 8.3.2): 0.28kN/m²*5.10m=1.43 kN/m
- momento flettente 1.43m*(5.1/2+0.21+0.31/2)m=4.16 kNm/m

Anche i carichi Fw sono stati assegnati ai nodi corrispondenti all'asse della barriera come carichi concentrati calcolati moltiplicando il carico per la larghezza dell'elemento shell della mesh pari a 20 cm.

Carichi agenti sul palo T.E. (g1_TE e g2_TE):.

Il progetto prevede l'installazione di pali di ancoraggio della T.E. con passo di circa 50-60 m lungo la direzione longitudinale dell'opera. Alcuni di questi sono ancorati a terra e costituiscono i pali di ormeggio. I suddetti pali, nella condizione più gravosa, trasmettono delle azioni alla soletta variabili a seconda della tipologia di sostegno. Di seguito si riportano le azioni del palo più sollecitato che sono state applicate al modello della soletta come carichi concentrati ad una distanza di 80 cm dall'asse dell'anima della trave più esterna:

Condizione A2 : (+5°C)		N	T _T	T _L	M _T	M _L
		kN	kN	kN	kNm	kNm
P2	Pesi strutturali	6.31	0.00	0.00	0.00	0.00
P1	Azioni permanenti non strutturali	52.76	-1.73	0.12	-3.45	0.78
G	Solo Ghiaccio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V100	Vento +X no ghiaccio (100%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V50	Vento +X con ghiaccio (50%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VL	Vento +Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	Eccezionali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SSx	Sisma trasversale (sisma X)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SSy	Sisma longitudinale (sisma Y)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TA	Trasversali aerodinamici	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 13.1 – Riepilogo sollecitazioni palo 37

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	173

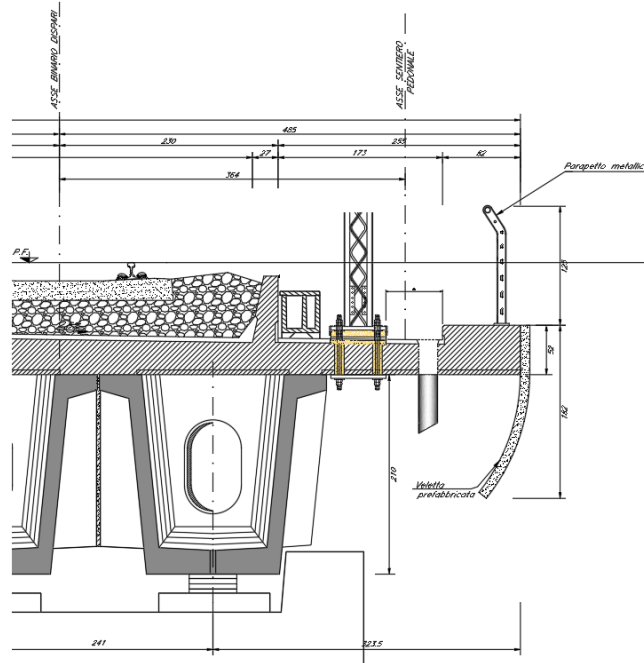


Figura 13.2. Posizione schematica palo T.E.

Nella trazione elettrica la condizione eccezionale con rottura della catenaria (par. 5.2.2.9.1 dell'NTC08) viene considerata solo sui sostegni di ormeggio (punto fisso o conduttore di contatto). I suddetti pali sono ancorati a terra tramite tiranti che compensano il tiro parallelo al binario scaricando tale azione dal sostegno verticale. Pertanto, non si hanno azioni eccezionali ricadenti sulla soletta.

Le figure seguenti illustrano la disposizione dei carichi sulla soletta:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	174

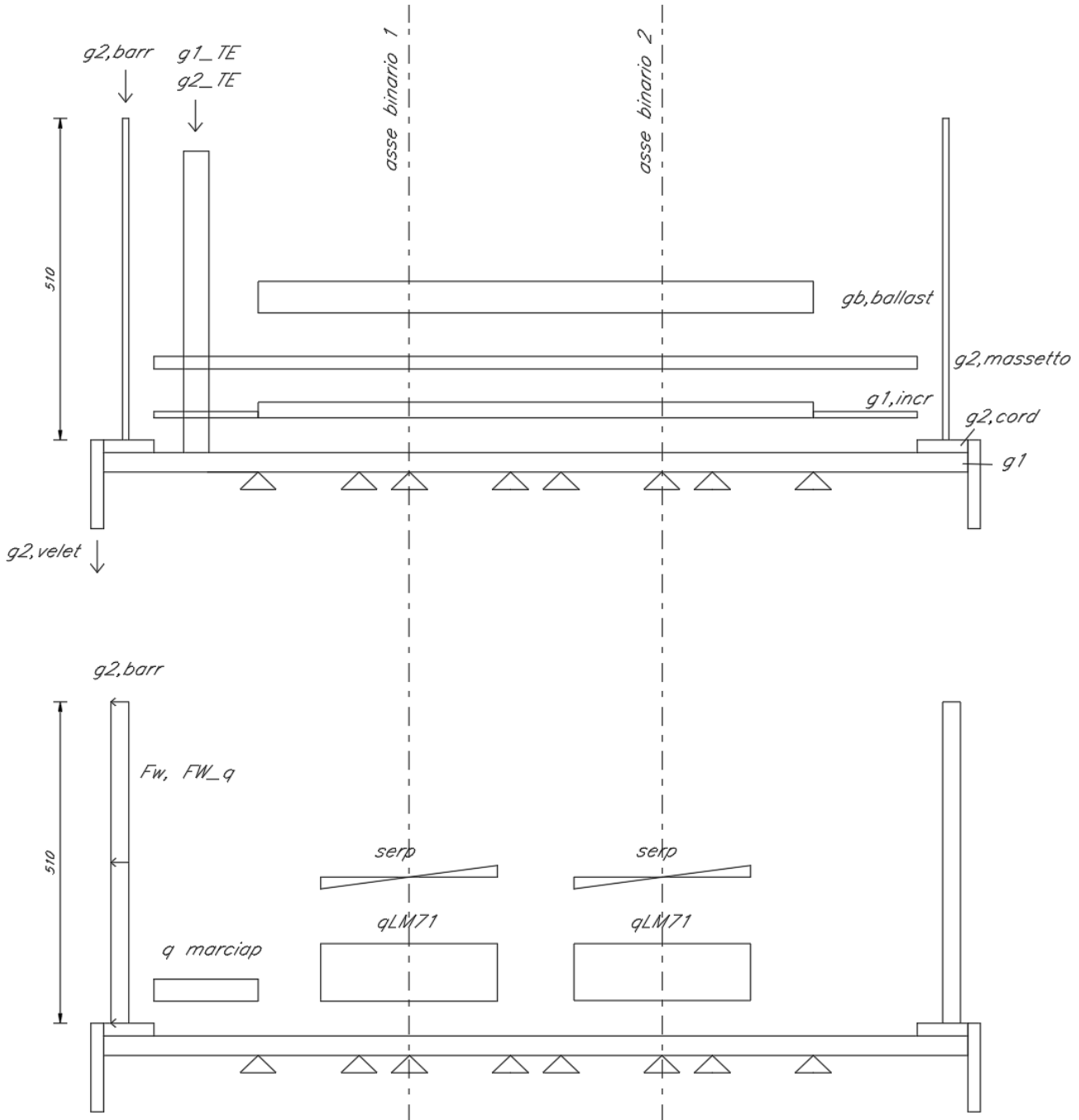


Figura 13.3. Disposizione dei carichi permanenti e variabili sulla soletta

13.2 Combinazioni SLU ed SLE

Si considerano i casi alternativi in cui l'azione variabile dominante è il carico ferroviario, il carico accidentale sui marciapiedi o l'azione del vento sulle barriere.

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	175

Non sono state implementate combinazioni eccezionali poiché, come esplicitato nel paragrafo precedente, le azioni eccezionali dovute alla rottura della catenaria sono assorbite dai tiranti dei pali e pertanto non si sviluppano azioni flettenti alla base dei pali.

Per le verifiche SLE non sono stati considerati gli effetti generati dal peso proprio della soletta, scontati sulle predalles in fase di getto.

Verifiche agli SLU:

- Combinazione 1: $1.35 \times g_1 + 1.35 \times g_2 + 1.5 \times g_b + 1.45 \times q_{(LM71)} + 1.45 \text{ Serp} + 0.6 \times 1.5 \times F_w + 0.8 \times 1.45 \times F_w_q$
- Combinazione 2: $1.35 \times g_1 + 1.35 \times g_2 + 1.5 \times g_b + 1.45 \times q_{(LM71)} + 1.45 \text{ Serp}$
- Combinazione 3: $1.35 \times g_1 + 1.35 \times g_2 + 1.5 \times g_b + 1.45 \times q_{\text{marc}} + 0.6 \times 1.5 \times F_w + 0.8 \times 1.45 \times F_w_k$
- Combinazione 4: $1.35 \times g_1 + 1.35 \times g_2 + 1.5 \times g_b + 0.8 \times 1.45 \times q_{\text{marc}} + 1.5 \times F_w + 0.8 \times 1.45 \times F_w_k$

Verifiche agli SLE-R:

- Combinazione 1: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b + 1.0 \times q_{(LM71)} + 1.0 \text{ Serp} + 0.6 \times F_w + 0.8 \times F_w_q$
- Combinazione 2: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b + 1.0 \times q_{\text{marc}} + 0.6 \times F_w + 0.8 \times F_w_k$
- Combinazione 3: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b + 0.8 \times q_1 + 1.0 \times F_w + 0.8 \times F_w_k$

Verifiche agli SLE-FR:

- Combinazione 1: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b + 0.8 \times q_{(LM71)} + 0.8 \text{ Serp}$
- Combinazione 2: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b + 0.8 \times q_{\text{marc}}$
- Combinazione 3: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b + 0.5 \times F_w + 0.5 \times F_w_k$

Verifiche agli SLE-QP:

- Combinazione: $1.0 \times g_2 + 1.0 \times g_b$

13.3 Applicazione dei carichi al modello

Le figure seguenti illustrano l'applicazione dei carichi al modello di calcolo.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	176

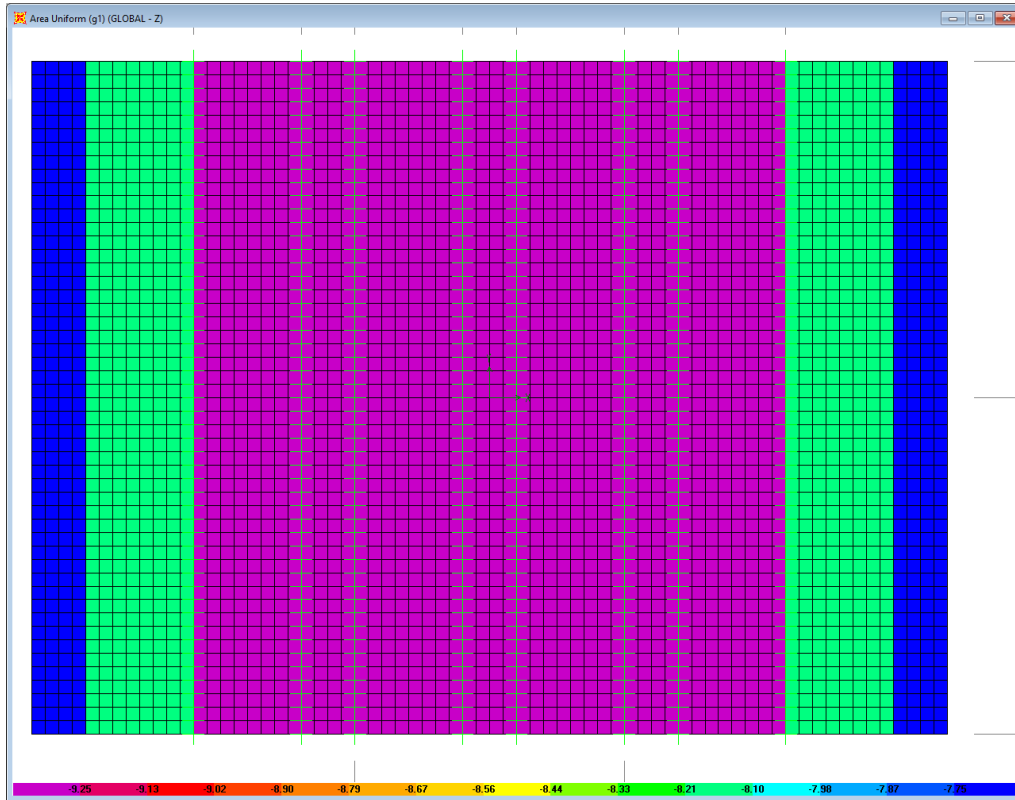


Figura 13.4. Carico g1

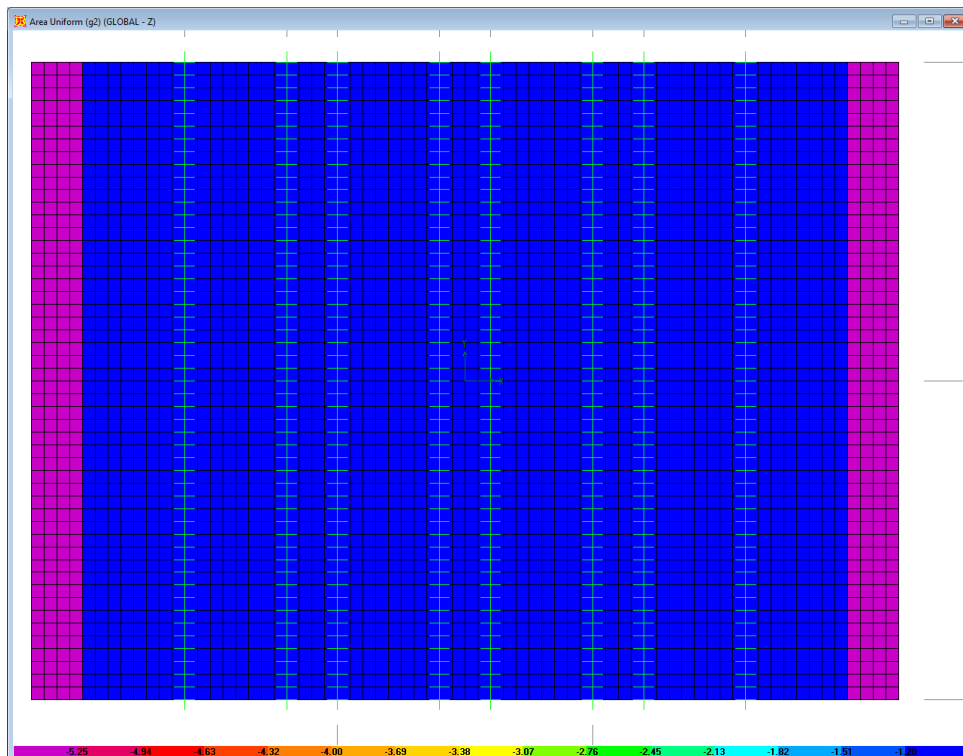


Figura 13.5. Carico g2 distribuito (cordolo e massetto)

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	177

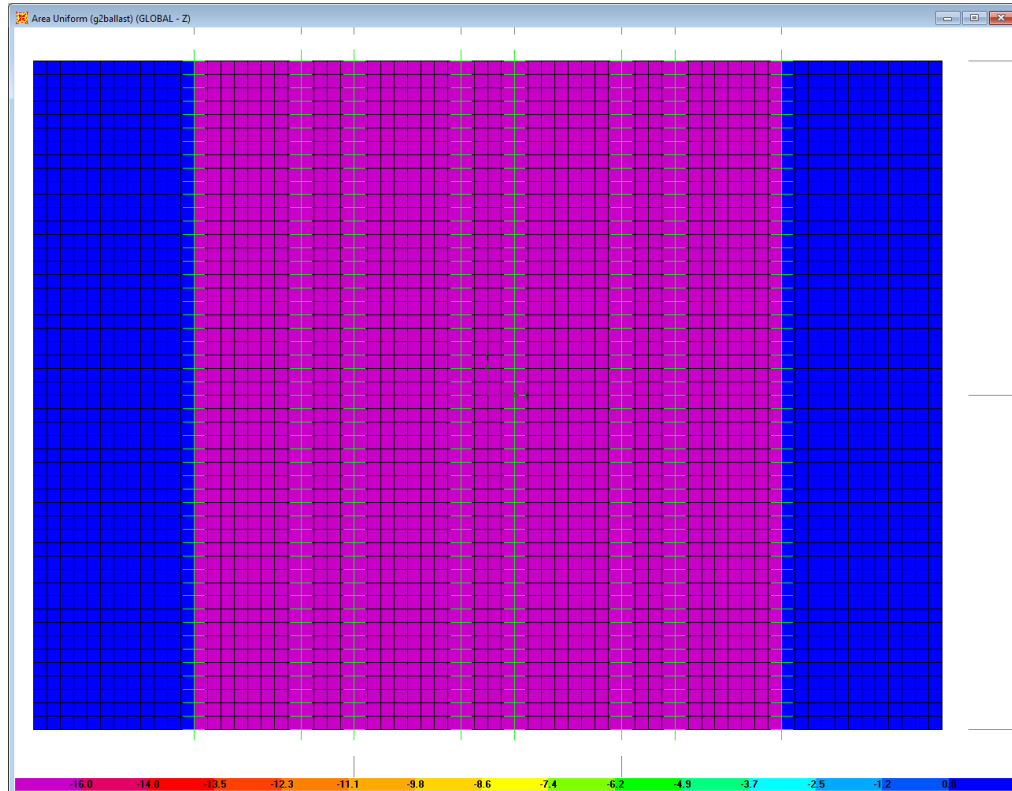


Figura 13.6. Carico gb

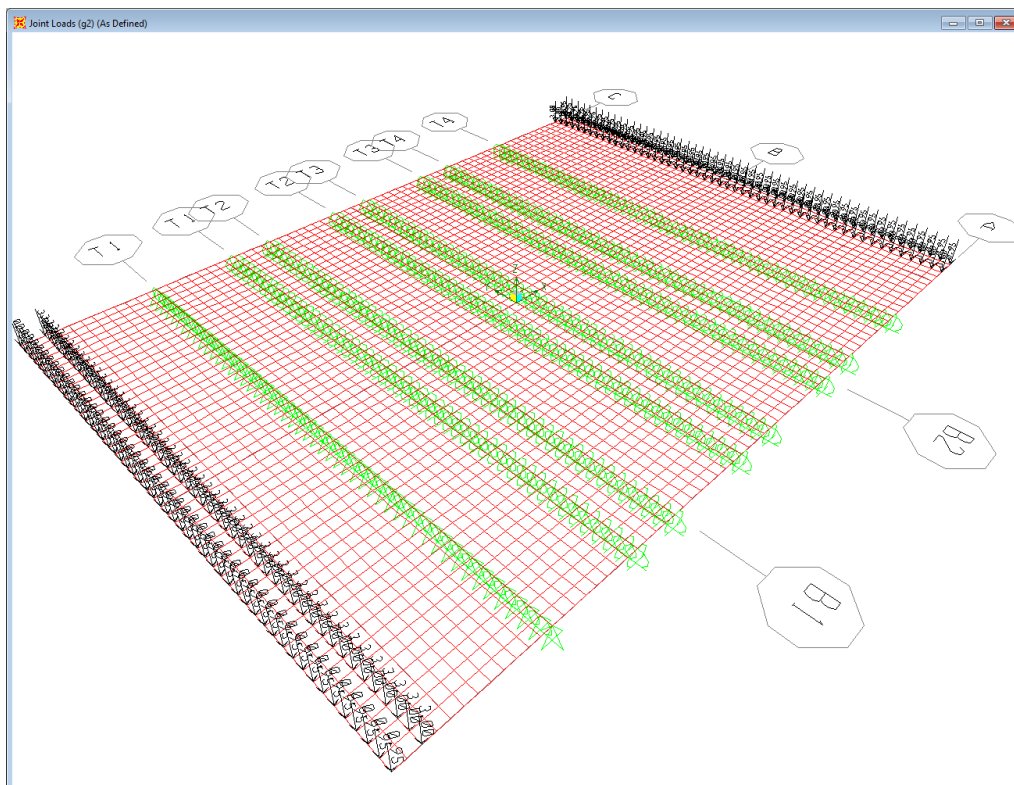


Figura 13.7. Carico g2 concentrato (veletta, barriera antirumore)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	178

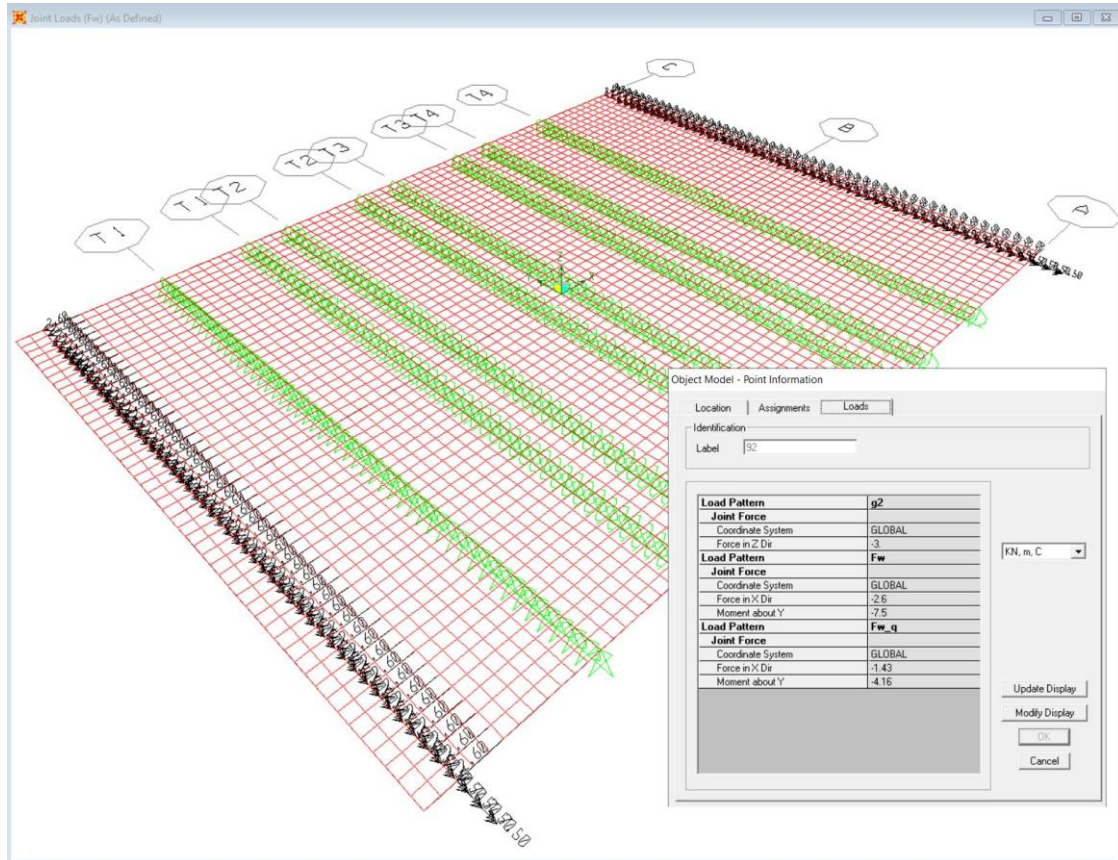


Figura 13.8. Carico Fw e Fw_q

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	179

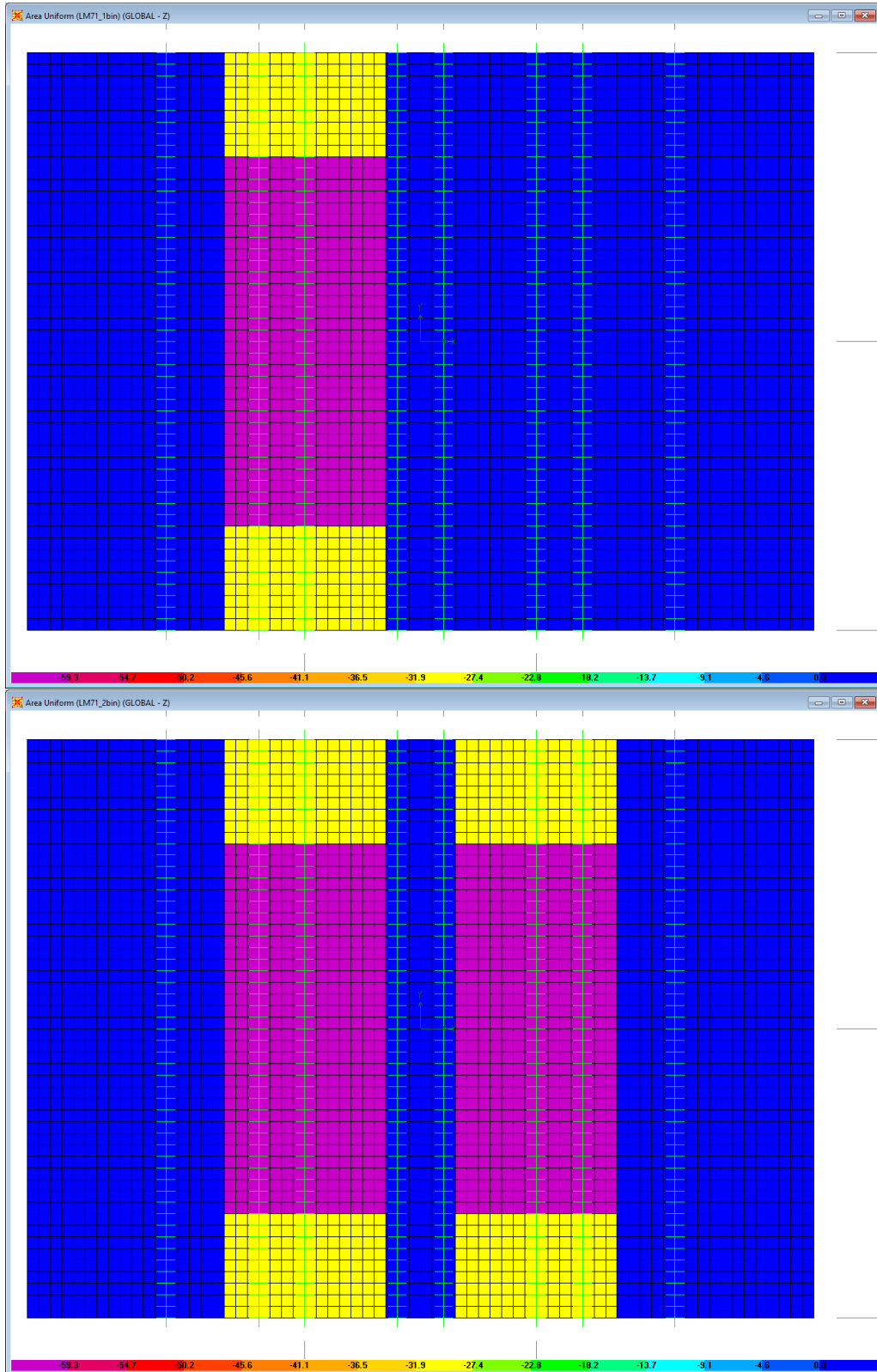


Figura 13.9. Carico LM71 unico binario e doppio binario

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	180

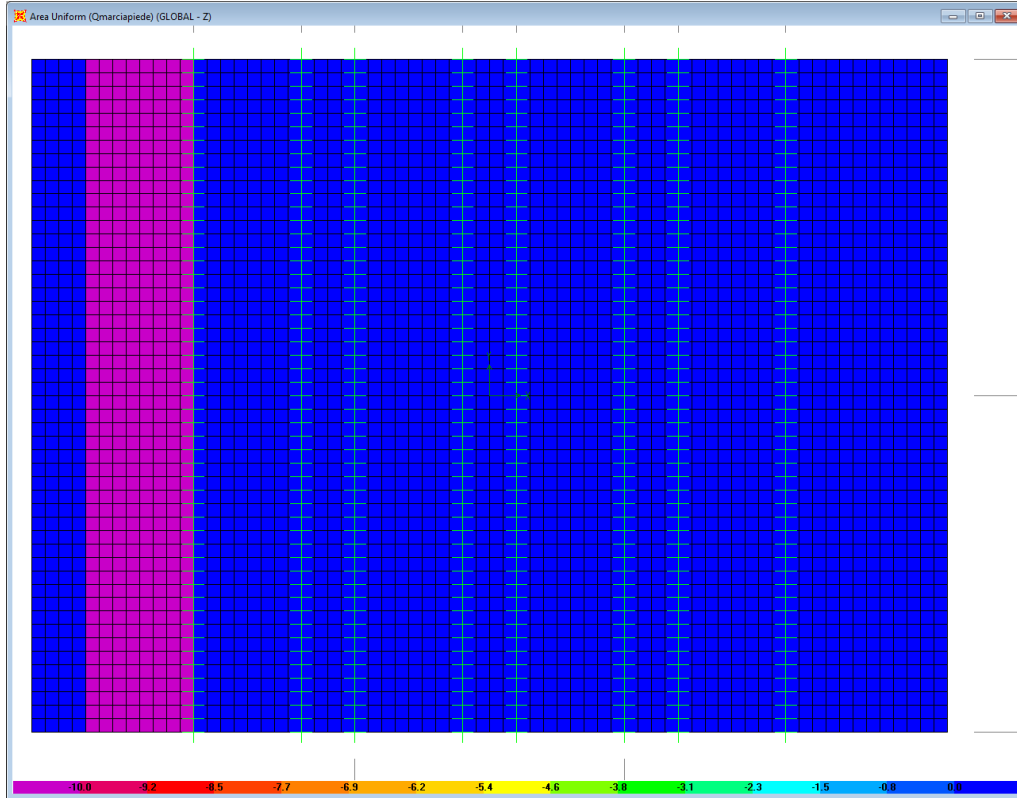


Figura 13.10. Carico marciapiede

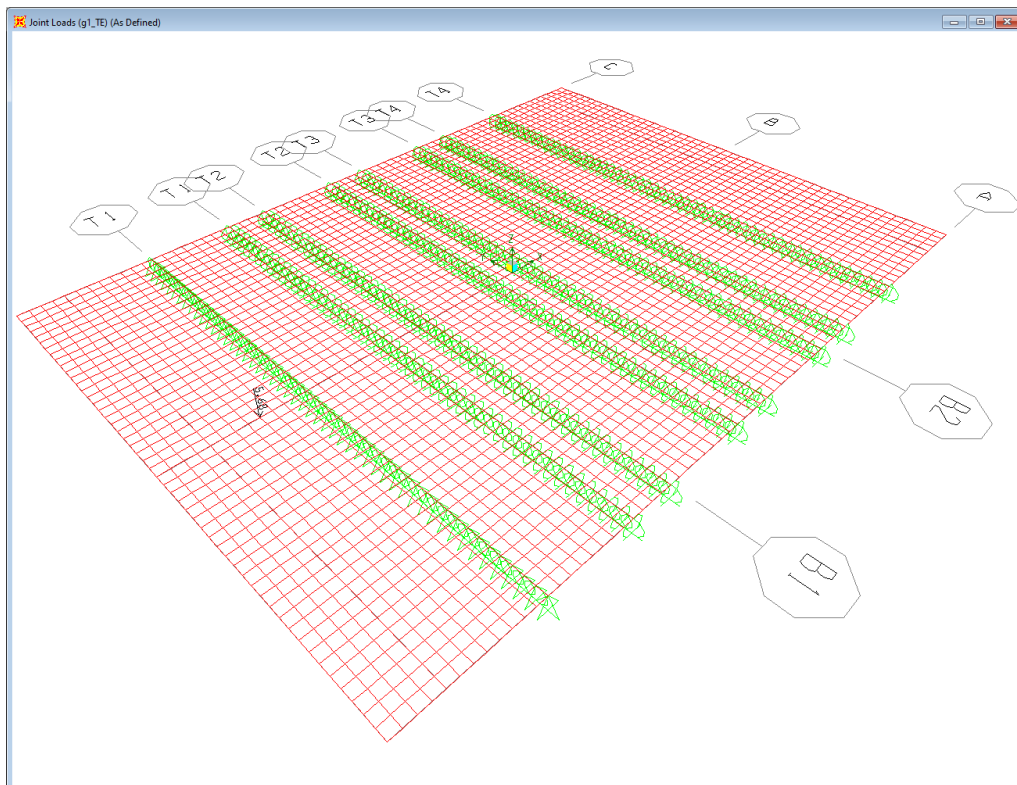


Figura 13.11. Carico g1 palo TE

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	181

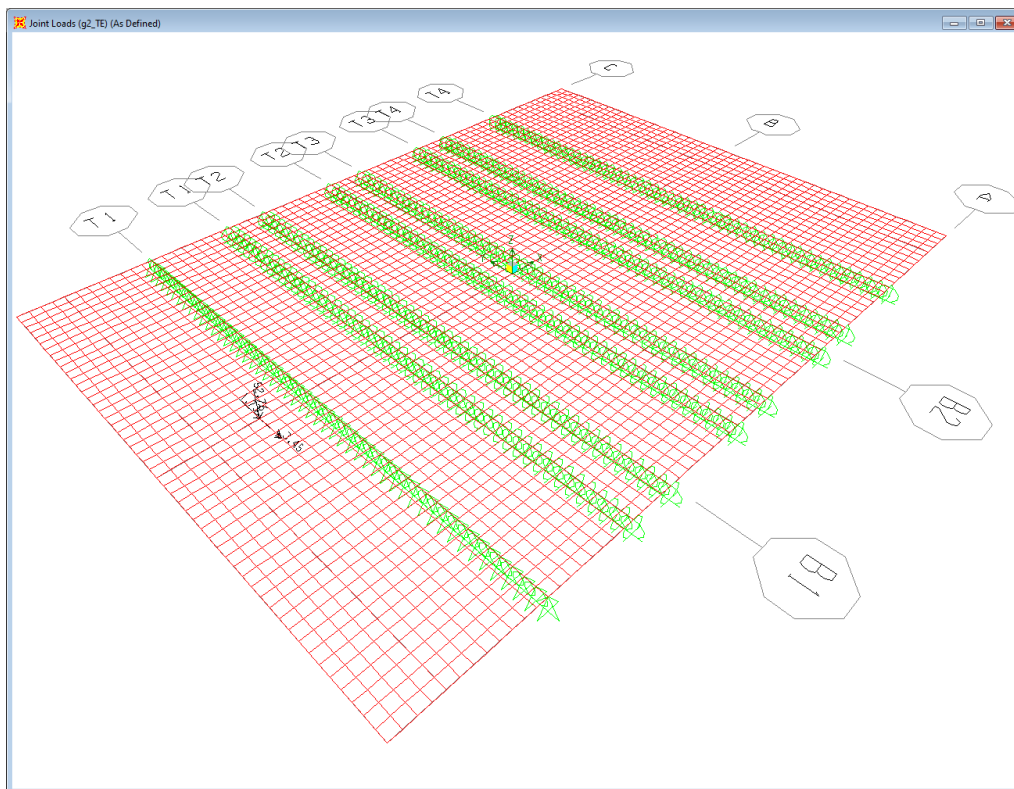


Figura 13.12. Carichi g2 palo TE

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	182

13.4 Caratteristiche della sollecitazione agli SLU ed SLE

Le figure seguenti illustrano le mappe delle caratteristiche della sollecitazioni per verifiche SLU ed SLE:

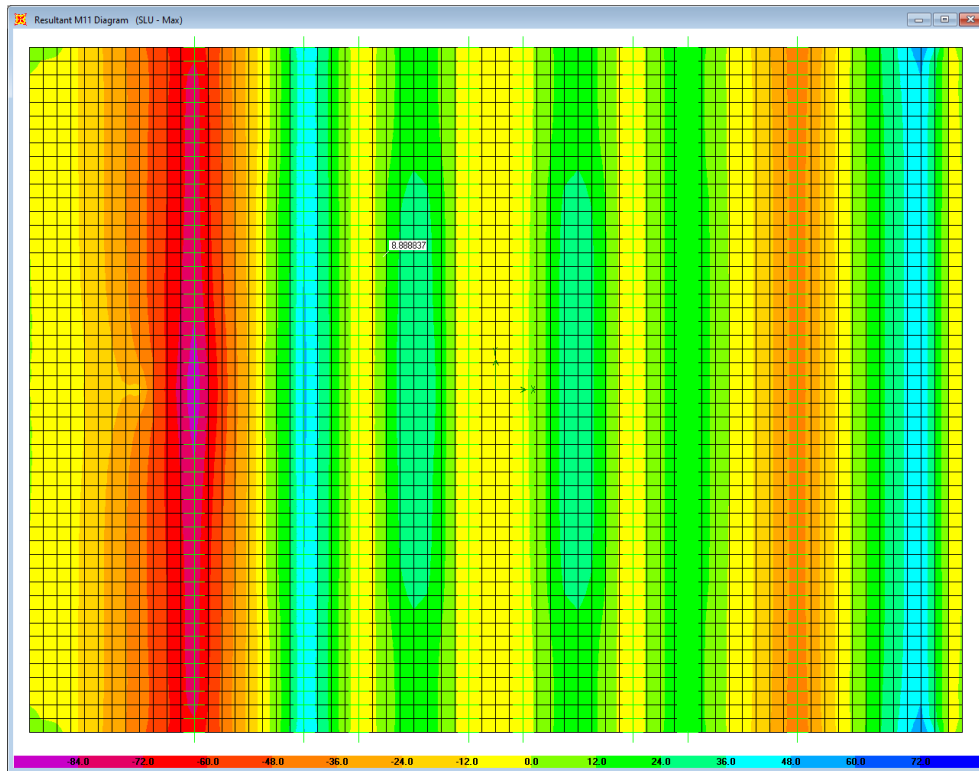


Figura 13.13. Combinazione di involuppo SLU – M11 max

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	183

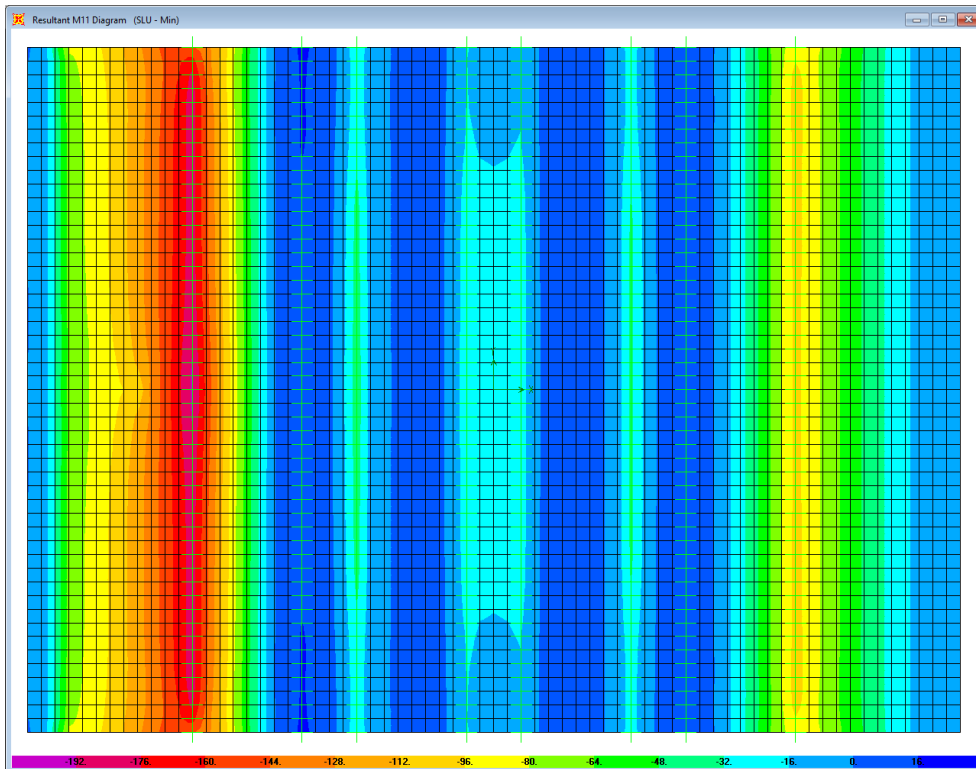


Figura 13.14. Combinazione di involucro SLU – M11 min

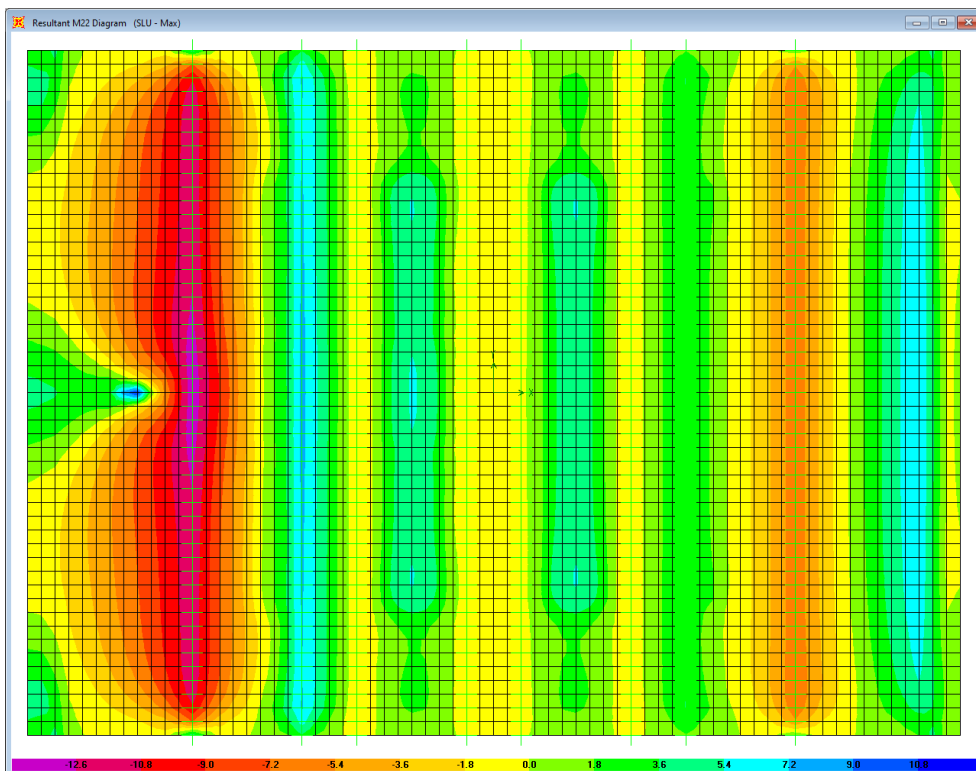


Figura 13.15. Combinazione di involucro SLU – M22 max

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	184

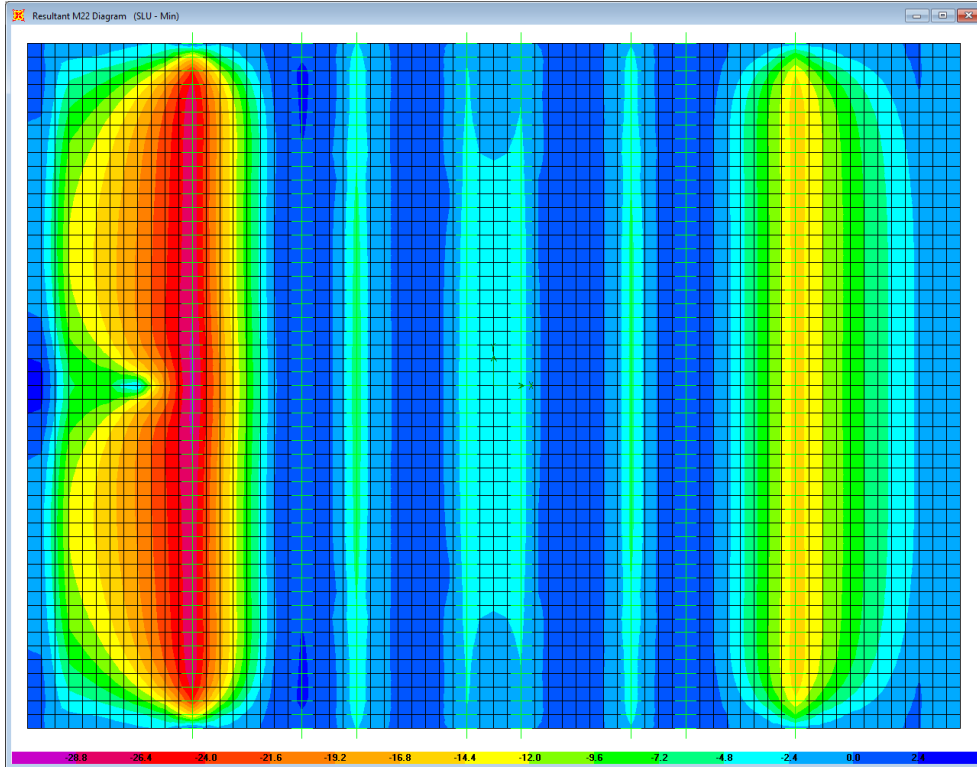


Figura 13.16. Combinazione di involucro SLU – M22 min

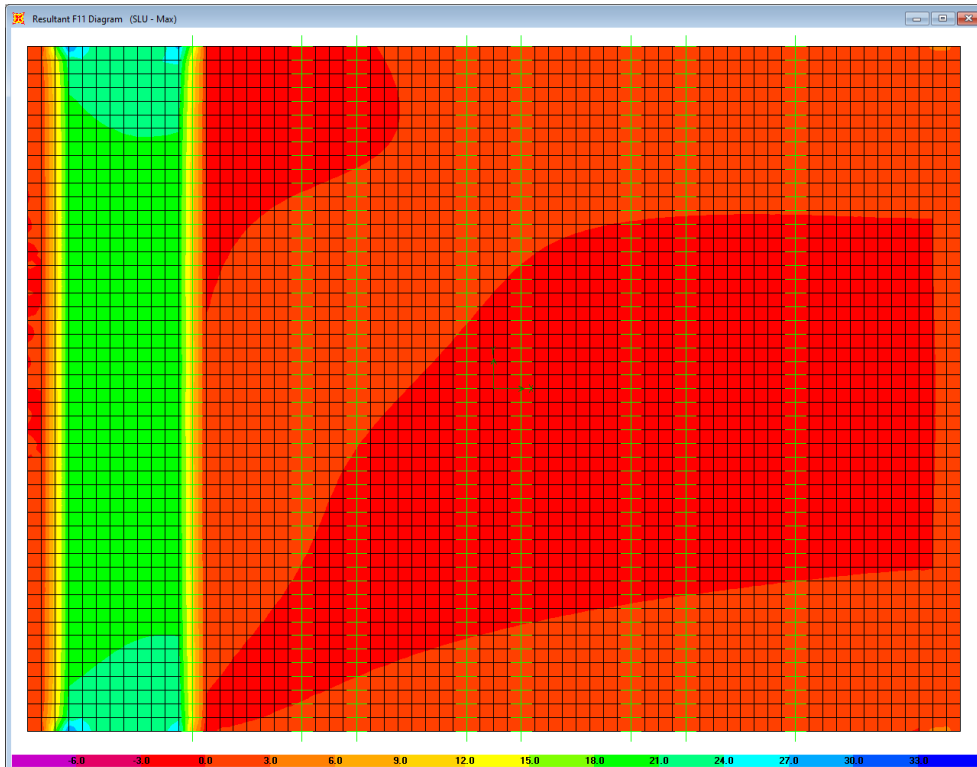


Figura 13.17. Combinazione di involucro SLU – F11

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	185

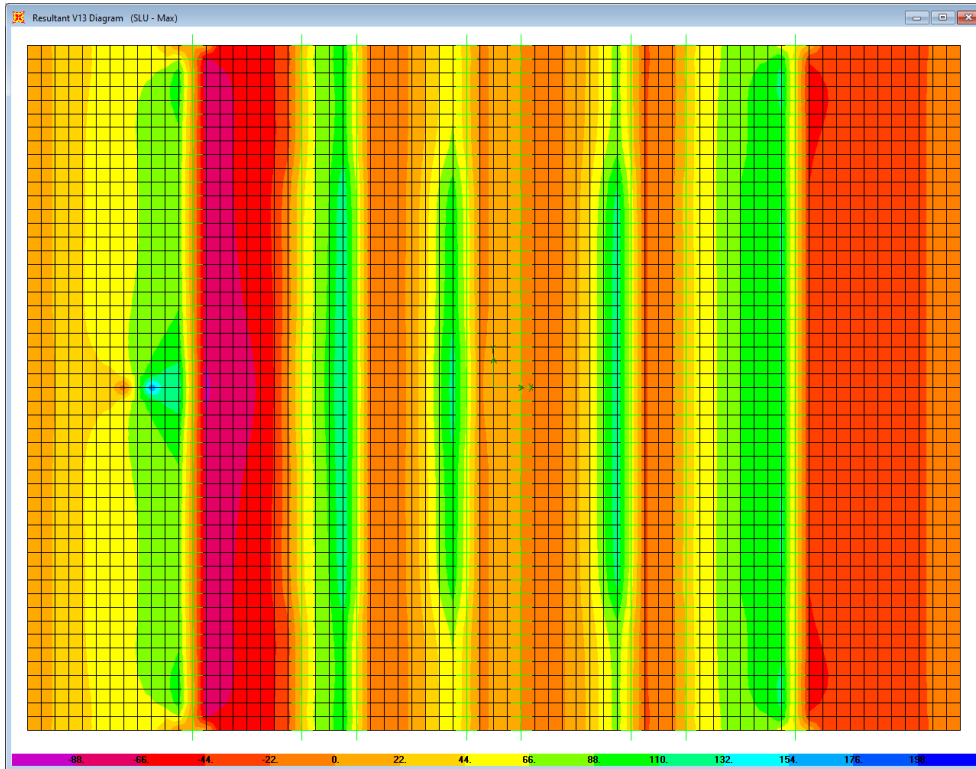


Figura 13.18. Combinazione di involucro SLU – V13

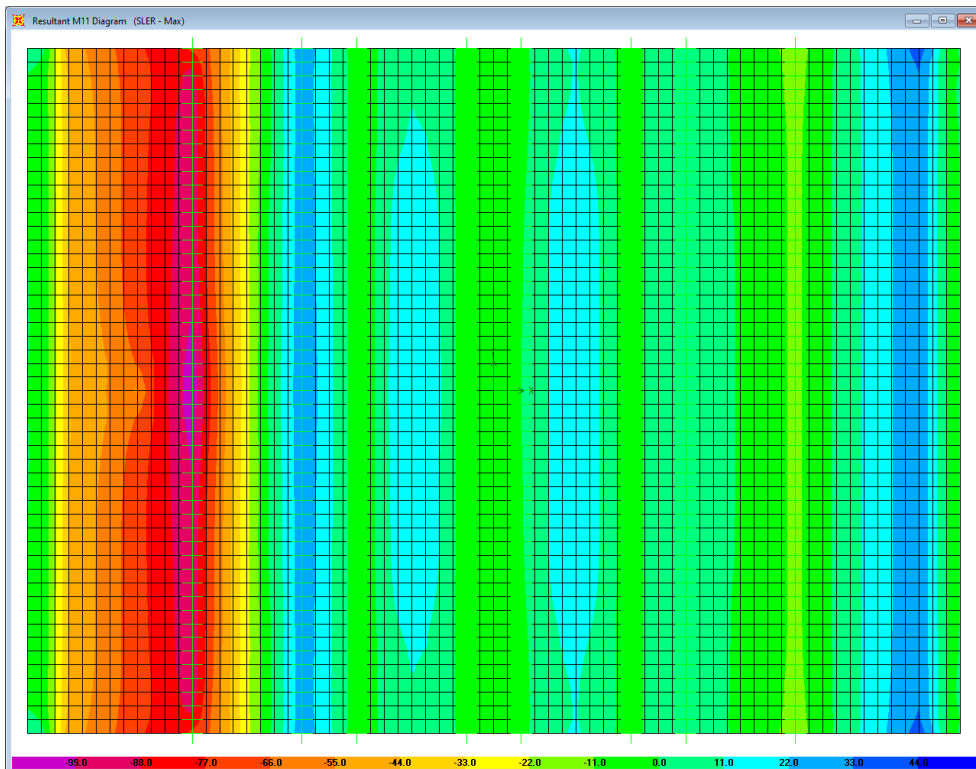


Figura 13.19. Combinazione di involucro SLE-R – M11 max

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	186

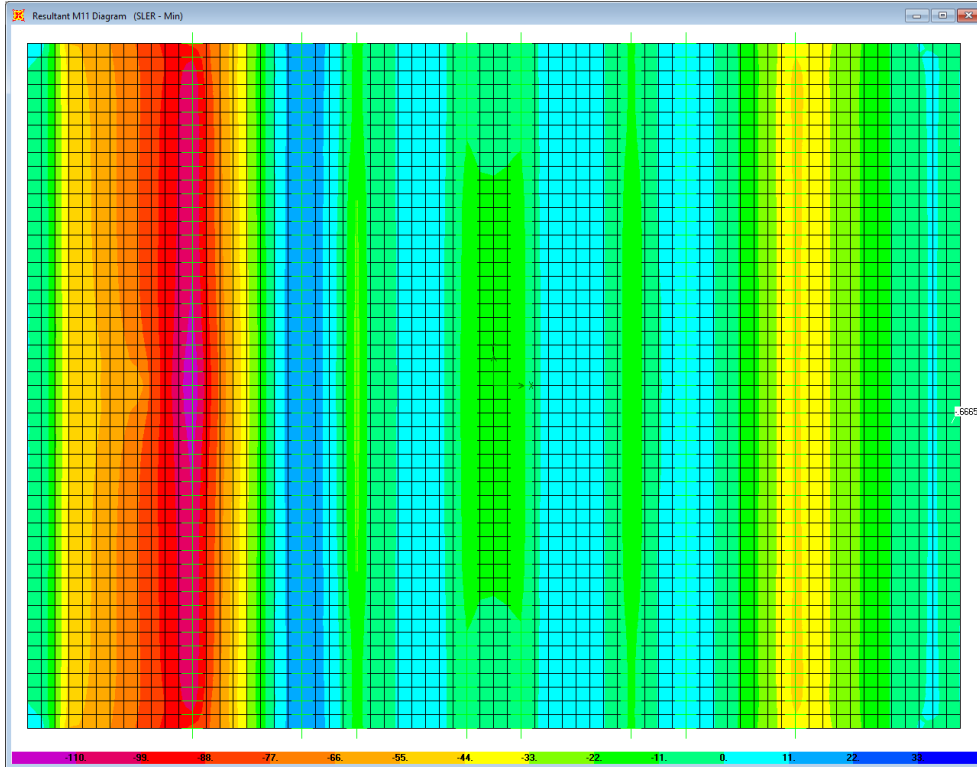


Figura 13.20. Combinazione di involucro SLE-R – M11 min

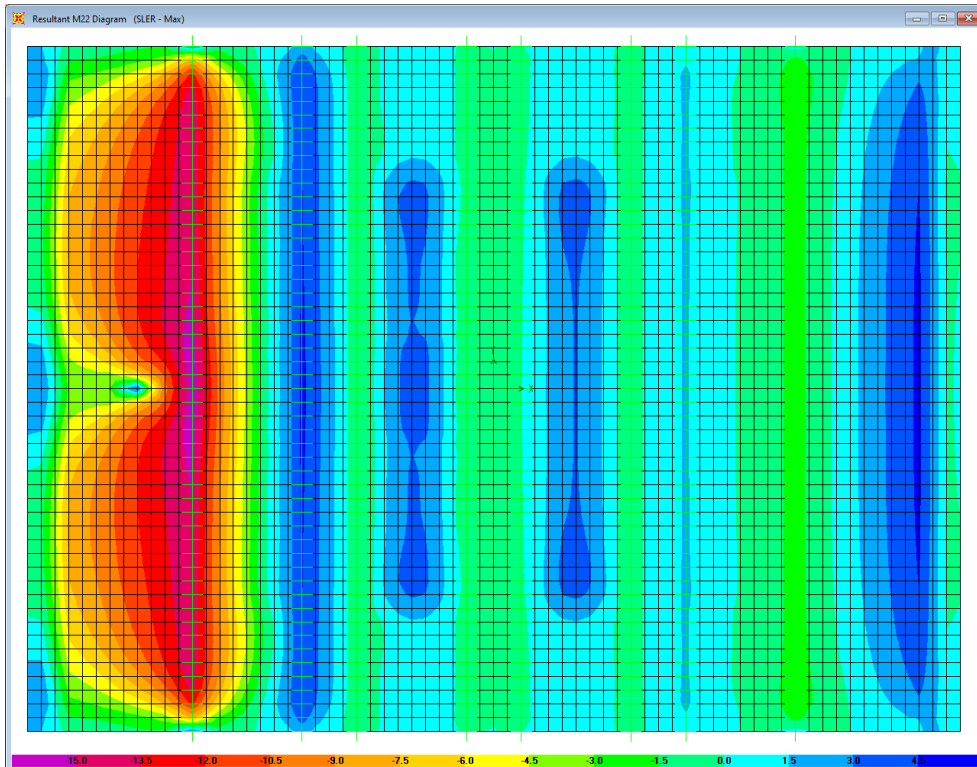


Figura 13.21. Combinazione di involucro SLE-R – M22 max

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	187

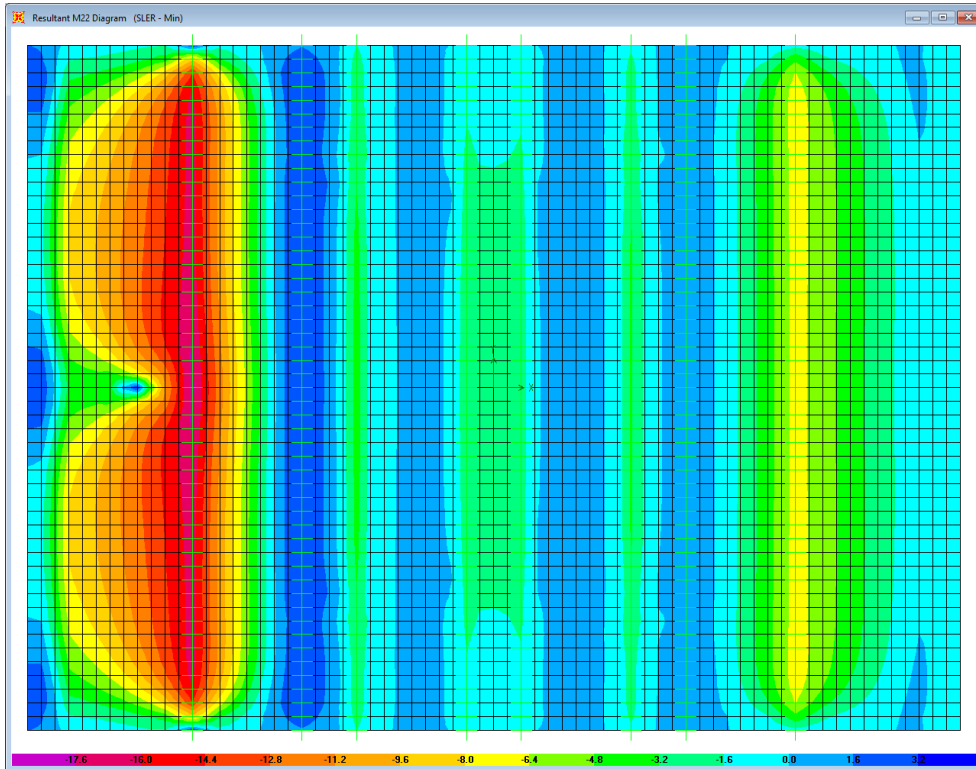


Figura 13.22. Combinazione di involucro SLE-R – M22 min

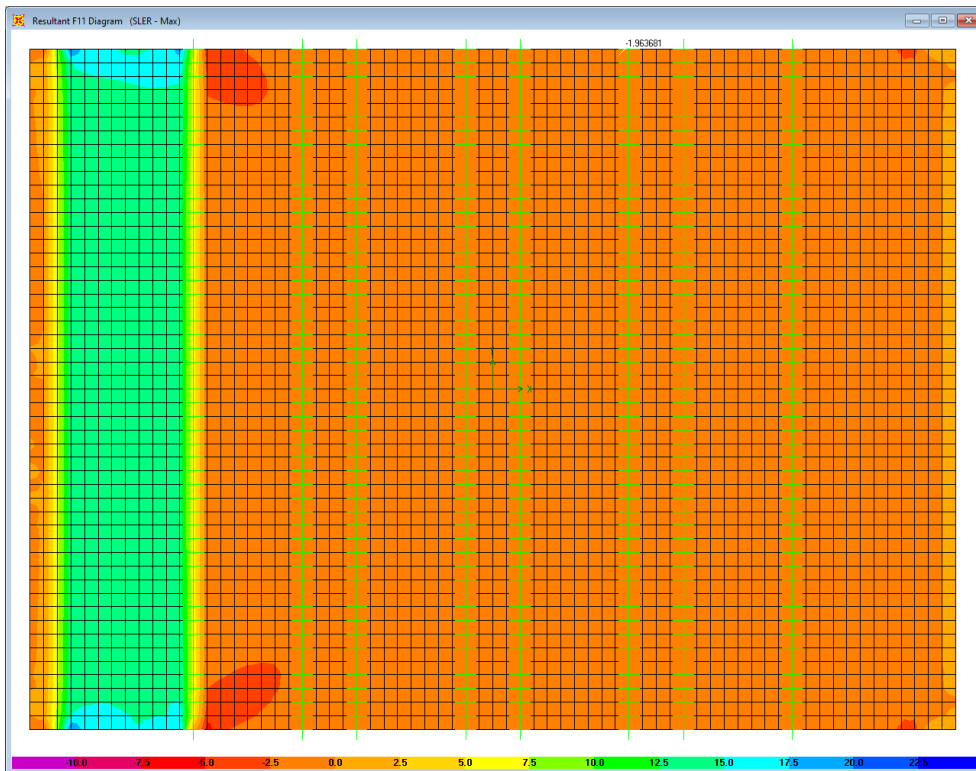


Figura 13.23. Combinazione di involucro SLE-R – F11

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	188

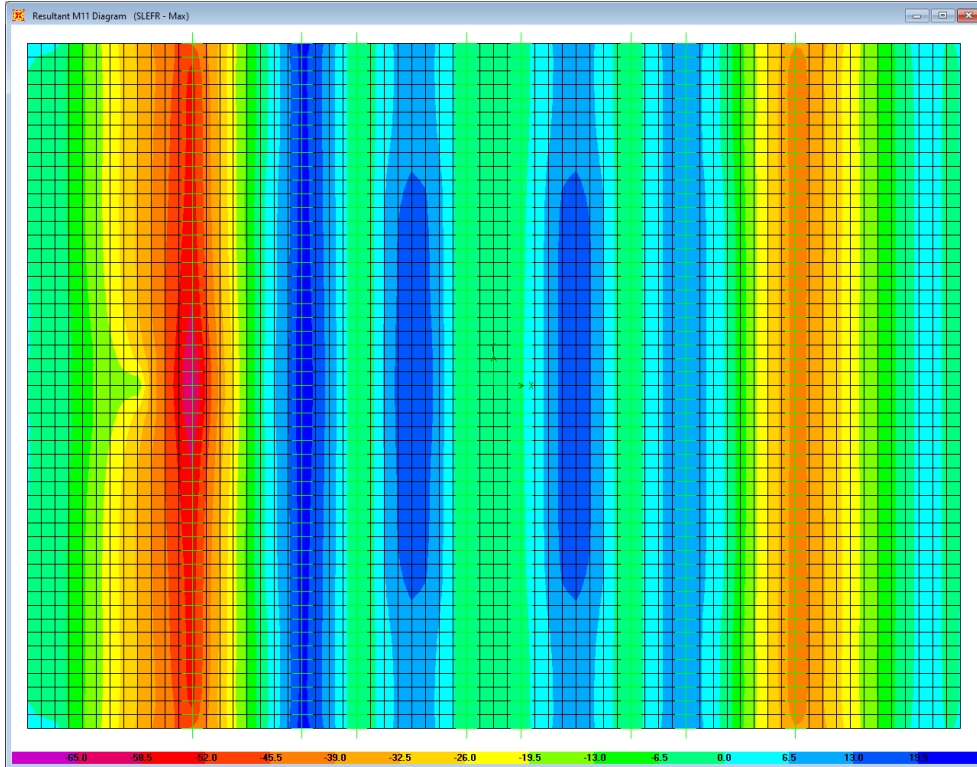


Figura 13.24. Combinazione di involucro SLE-FR – M11 max

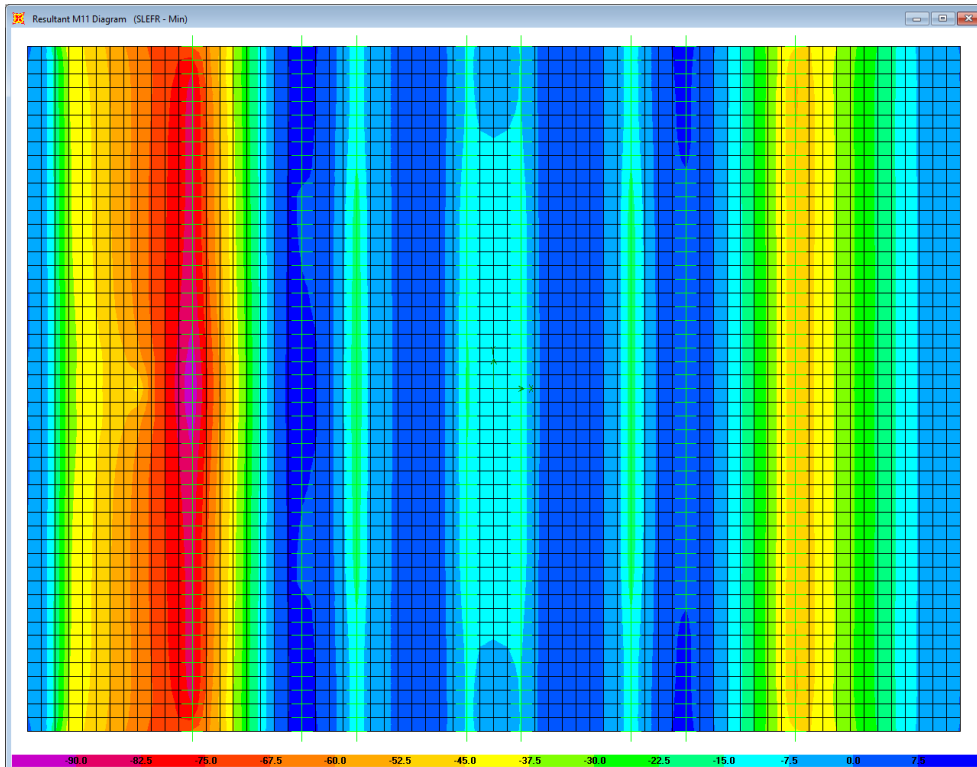


Figura 13.25. Combinazione di involucro SLE-FR – M11 min

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	189

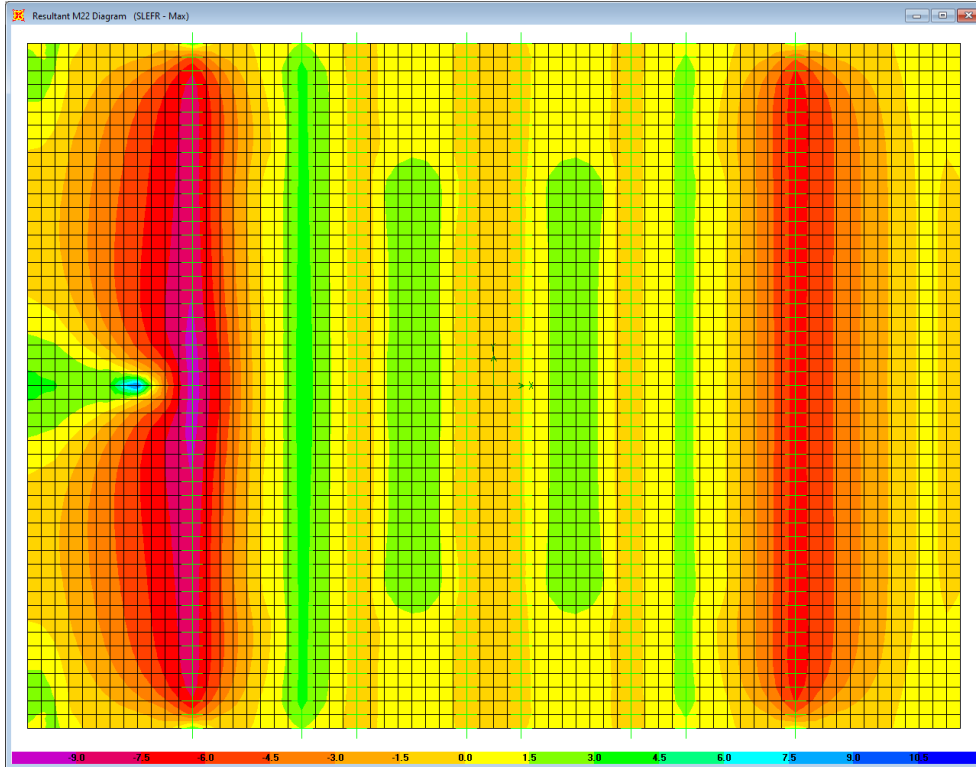


Figura 13.26. Combinazione di involucro SLE-FR – M22 max

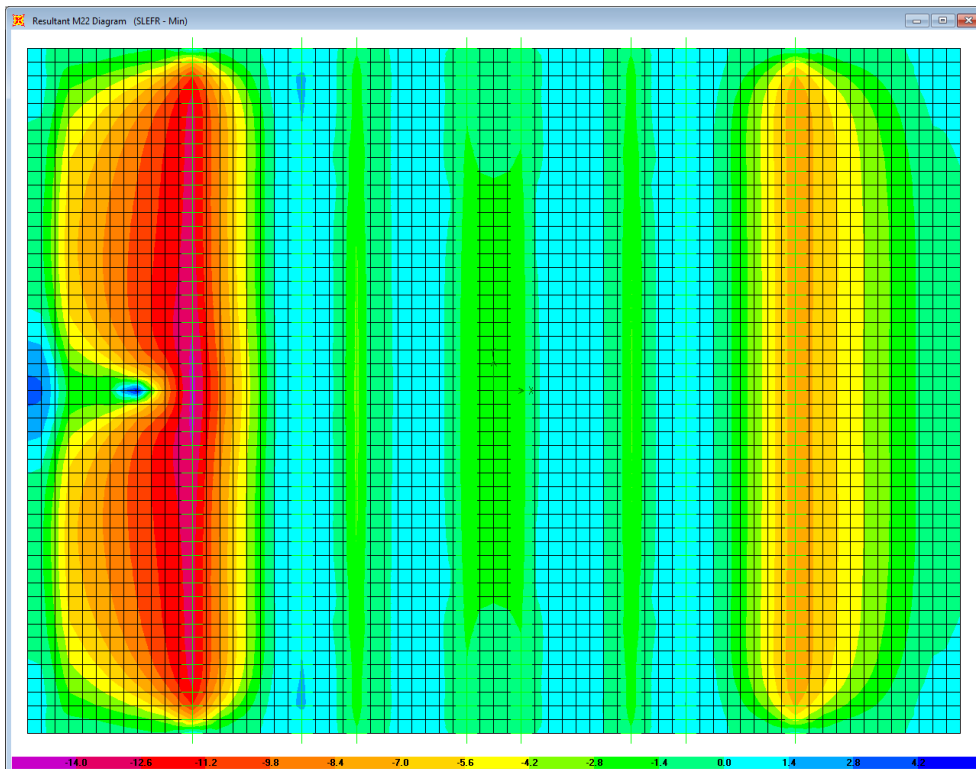


Figura 13.27. Combinazione di involucro SLE-FR – M22 min

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	190

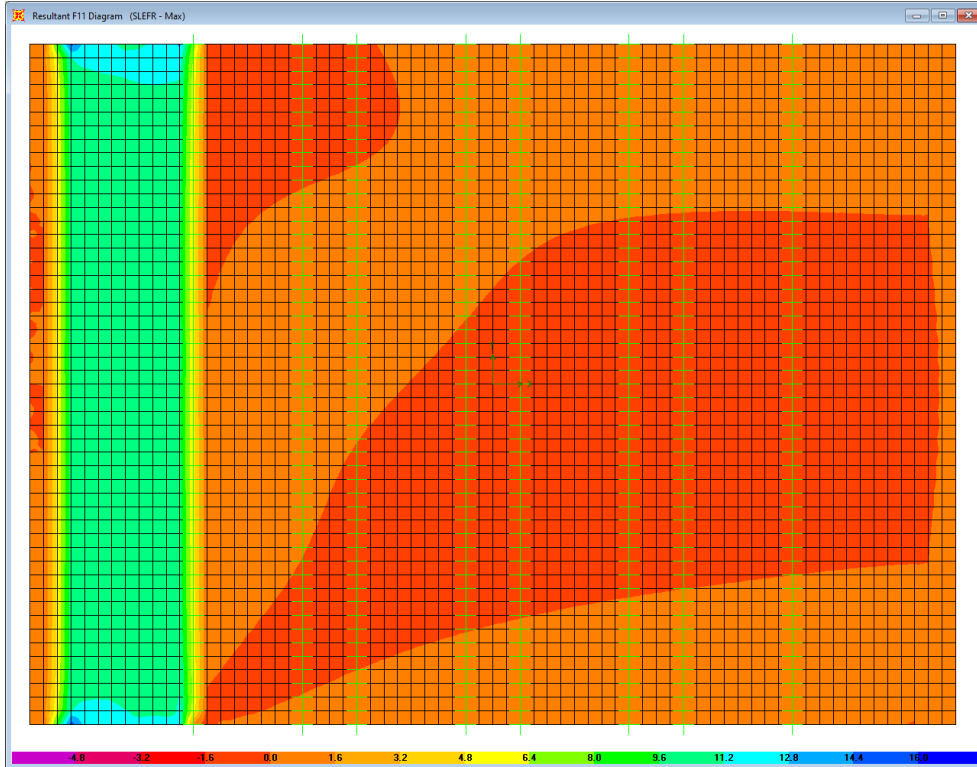


Figura 13.28. Combinazione di involucro SLE-FR – F11

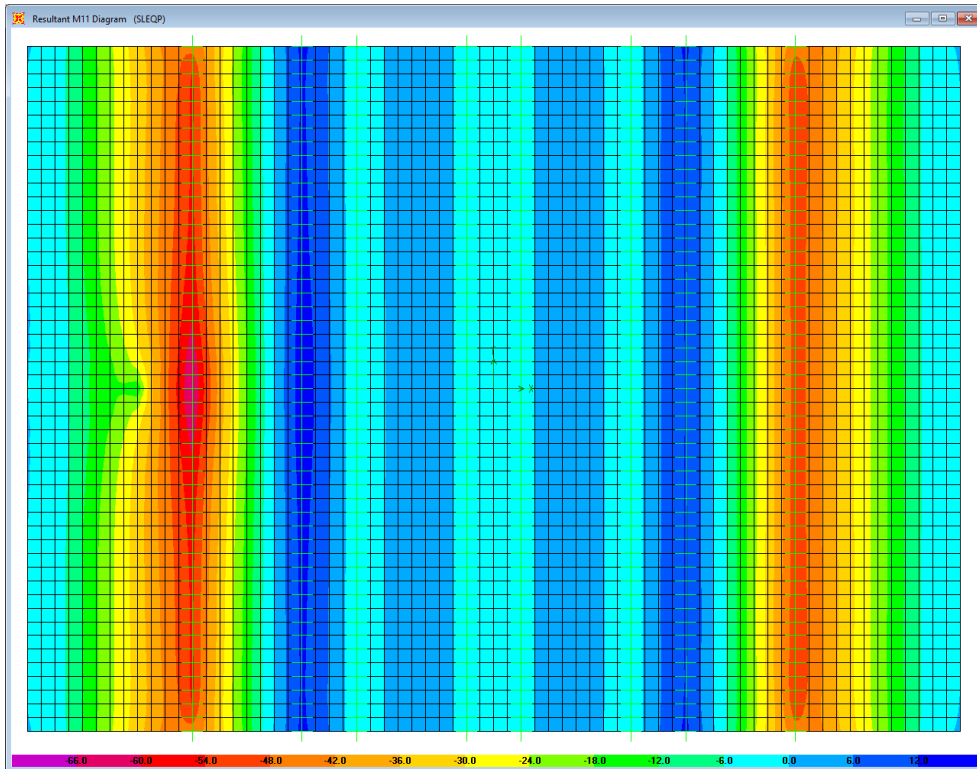


Figura 13.29. Combinazione SLE-QP – M11

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	191

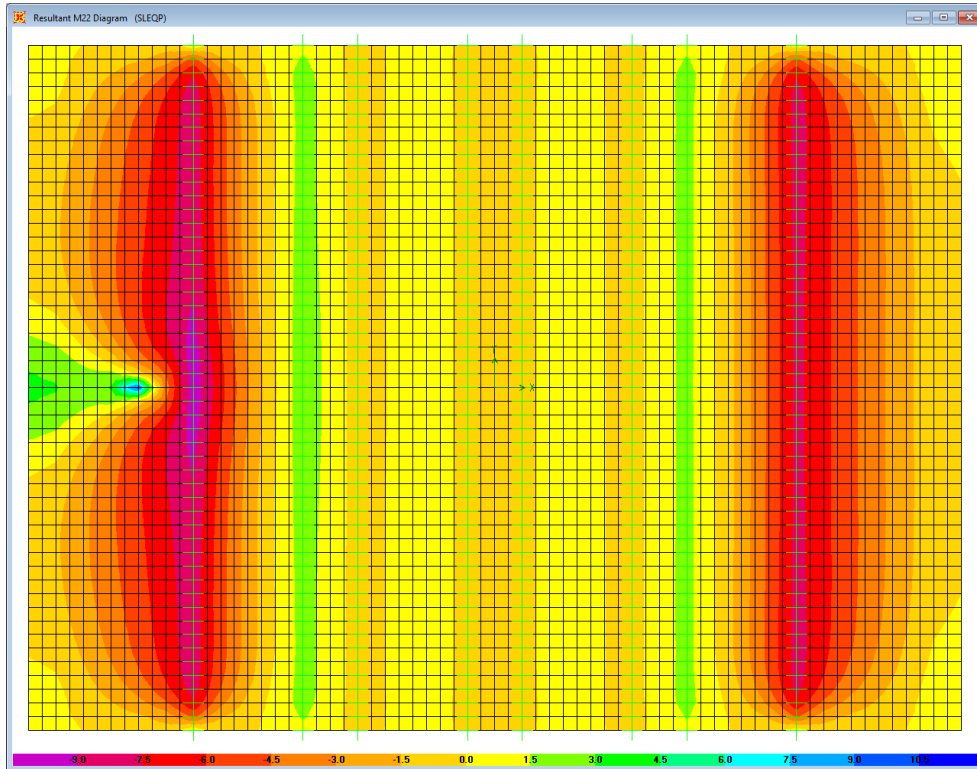


Figura 13.30. Combinazione SLE-QP – M22

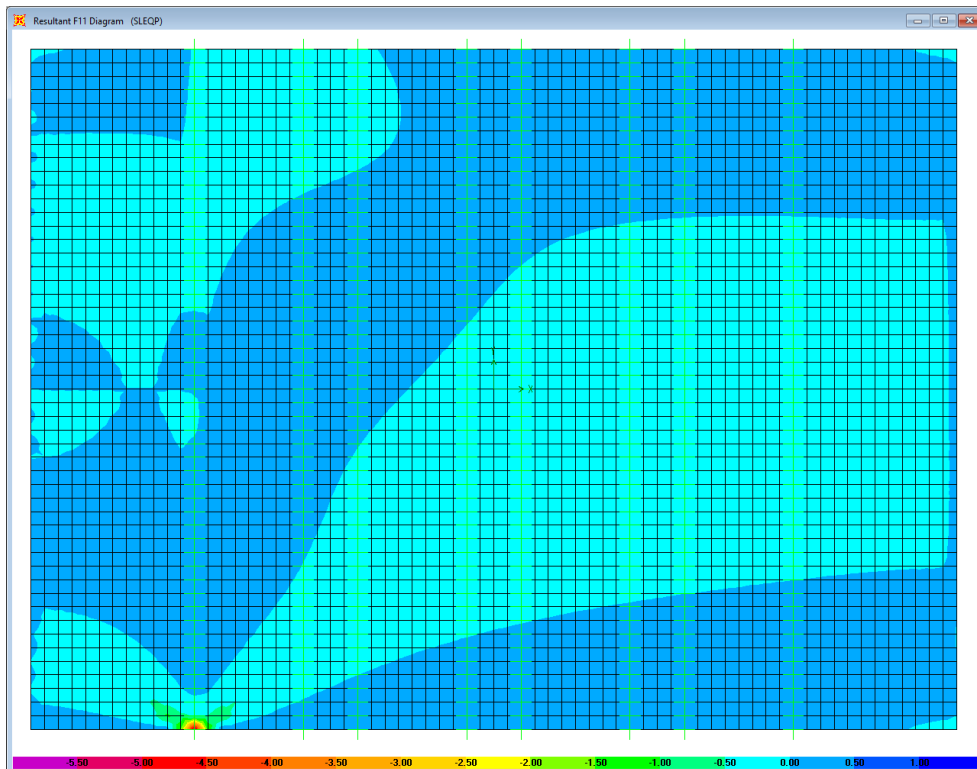


Figura 13.31. Combinazione SLE-QP – F11

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR.	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	192

Di seguito si riporta il riepilogo delle sollecitazioni:

Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza unitaria

	Sezione corrente						Sezione palo T.E.
	F11 [kN]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	V13 [kN]	M11- [kNm]
Verifiche SLU	-20	50	-180	12	-30	152	-196
Verifiche SLE-RARA	-13	30	-106	10	-18		-120
Verifiche SLE-FR	-10	24	-84	10	-15		-97
Verifiche SLE-QP	-	15	-55	10	-15		-67

13.5 Verifiche di resistenza e a fessurazione

Trasversalmente la soletta sarà armata a flessione con $\phi 18/10$ superiori e $\phi 16/20$ inferiori. Nelle sole zone di ancoraggio dei pali della T.E., per una fascia di 3 m a cavallo del palo, l'armatura superiore sarà infittita con $\phi 18/20$ accoppiati all'armatura corrente.

Longitudinalmente la soletta sarà armata con $\phi 12/20$.

Il copriferro nominale superiore è pari a 3.5 cm, mentre le armature inferiori saranno disposte al di sopra delle predelle garantendo un copriferro minimo di 2 cm.

Di seguito i risultati delle verifiche effettuate col programma di calcolo RCSEC prodotto da GeoStru:

SEZIONE CORRENTE – direzione trasversale

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.0
3	50.0	26.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	21.6	18
2	45.0	21.6	18
3	-40.0	2.8	16
4	40.0	2.8	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	193

N°Barre Ø Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	18
2	3	4	3	16

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-20.00	-180.00	0.00	0.00	0.00
2	-20.00	50.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-13.00	-106.00	0.00
2	-13.00	30.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-10.00	-84.00 (-43.92)	0.00 (0.00)
2	-10.00	24.00 (39.69)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-55.00 (-44.15)	0.00 (0.00)

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	195

Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre										
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure										
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.		
1	S	10.34	-50.0	0.0	-225.6	35.0	21.6	550	25.4		
2	S	3.49	-50.0	26.0	-151.4	20.0	2.8	650	10.1		

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.		
1	S	8.19	-50.0	0.0	-178.7	35.0	21.6	550	25.4		
2	S	2.79	50.0	26.0	-120.9	20.0	2.8	650	10.1		

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm											
e1	Esito della verifica											
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k3	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00114	0	0.500	18.0	35	0.00062 (0.00051)	185	0.115 (0.30)	-43.92	0.00
2	S	-0.00067	0	0.500	16.0	20	0.00035 (0.00035)	244	0.084 (0.30)	39.69	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.		
1	S	5.38	-50.0	0.0	-115.8	35.0	21.6	550	25.4		
2	S	1.75	-50.0	26.0	-72.7	20.0	2.8	650	10.1		

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00074	0	0.500	18.0	35	0.00040 (0.00033)	185	0.073 (0.20)	-44.15	0.00
2	S	-0.00040	0	0.500	16.0	20	0.00021 (0.00021)	244	0.051 (0.20)	40.52	0.00

SEZIONE DI ANCORAGGIO PALO T.E. – direzione trasversale

I due ferri ø18 accoppiati sono stati modellati considerando un diametro equivalente così calcolato:
 $\phi_{eq} = 18 \cdot (2)^{0.5} = 25.5 \text{ mm}$

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	196

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.0
3	50.0	26.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	21.6	18
2	35.0	21.6	18
3	-40.0	2.8	16
4	40.0	2.8	16
5	-35.0	21.6	25.5
6	45.0	21.6	25.5

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	18
2	3	4	3	16
3	5	6	3	25.5

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-20.00	-196.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	198

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.384	50.0	0.0	0.00233	40.0	2.8	-0.00562	-45.0	21.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000006342	-0.000394241	0.003182890	0.384	0.920

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.83	50.0	0.0	-178.7	-45.0	21.6	500	38.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.75	50.0	0.0	-144.4	-45.0	21.6	500	38.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00095	0	0.500	22.4	35	0.00053 (0.00041)	169	0.089 (0.30)	-47.96	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.07	50.0	0.0	-98.8	-45.0	21.6	497	38.3

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	199

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00065	0	0.500	22.4	35	0.00036 (0.00028)	168	0.061 (0.20)	-48.16	0.00

SEZIONE CORRENTE – direzione longitudinale

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.0
3	50.0	26.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	21.9	12
2	40.0	21.9	12
3	-40.0	2.6	12
4	40.0	2.6	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-30.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	200

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-18.00	0.00
2	0.00	10.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-15.00 (-36.09)	0.00 (0.00)
2	0.00	10.00 (36.35)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-15.00 (-36.09)	0.00 (0.00)
2	0.00	10.00 (36.35)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.1 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	201

1	S	0.00	-30.00	0.00	0.00	-47.80	0.00	1.59	11.3(3.7)
2	S	0.00	12.00	0.00	0.00	54.22	0.00	4.52	11.3(3.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.100	-50.0	0.0	-0.00065	-40.0	2.6	-0.03148	40.0	21.9
2	0.00350	0.123	-50.0	26.0	-0.00148	-40.0	21.9	-0.02493	-40.0	2.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001597275	0.003500000	0.100	0.700
2	0.000000000	0.001214876	-0.028086778	0.123	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.10	-50.0	0.0	-158.3	20.0	21.9	570	5.7
2	S	1.62	-50.0	26.0	-82.4	20.0	2.6	533	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.58	-50.0	0.0	-131.9	20.0	21.9	570	5.7
2	S	1.62	-50.0	26.0	-82.4	20.0	2.6	533	5.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	202

k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	12.0	35	0.00038 (0.00038)	325	0.122 (0.30)	-36.09	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	12.0	20	0.00024 (0.00024)	260	0.061 (0.30)	36.35	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.58	-50.0	0.0	-131.9	20.0	21.9	570	5.7
2	S	1.62	-50.0	26.0	-82.4	20.0	2.6	533	5.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	12.0	35	0.00038 (0.00038)	325	0.122 (0.20)	-36.09	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	12.0	20	0.00024 (0.00024)	260	0.061 (0.20)	36.35	0.00

Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte. I tassi di lavoro massimi agli SLE-R e SLE-QP soddisfano i limiti più restrittivi imposti dal Manuale della Progettazione RFI (§[D_10]).

Le aperture caratteristiche delle fessure agli SLE-R si mantengono inferiori a 0.20 mm.

Di seguito si riporta la verifica a taglio in direzione trasversale:

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	203

VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Dati	Var	unità	Copertura
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	37
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	30.71
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	17.4
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3

Caratteristiche geometriche sezione

Altezza	H	m	0.26
Larghezza	B	m	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m ²	0.26
Larghezza anima	bw	m	1.00
copriferro	c	m	0.044
altezza utile della sezione	d	m	0.22

Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio

Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	2540
Coefficiente k	k	m	1.96
vmin	vmin		0.5
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.01176
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	Mpa	0.00

Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	168.1
----------------------------	----------------------------	-----------	--------------

La verifica è soddisfatta essendo $V_{Rdu} > V_{Edu} = 152$ kN.

13.6 Predalles con funzione di cassero a perdere a contenimento del getto della soletta

Si prevede che il getto della soletta avvenga su predalle di altezza pari a 5 cm tessute in direzione trasversale all'asse dell'impalcato ed appoggiate sulle ali superiori delle travi a cassone.

In direzione trasversale il getto della soletta avverrà in due fasi:

1. getto della soletta relativamente all'intera larghezza dell'impalcato, a meno dei 50 cm di estremità degli sbalzi laterali.
2. completamento della soletta con il getto delle estremità degli sbalzi dopo aver effettuato la posa delle velette laterali con funione di ferma-getto. Il getto di seconda fase potrà avvenire solo dopo che il getto di prima fase avrà raggiunto la resistenza minima di 25 Mpa.

Le predalle, di larghezza massima pari a 1.20 m, saranno armate con tralicci di tipo HD Baustrada 12/16/10 h=205 mm posti ad interasse corrente di 40 cm (n.3 tralicci).

La larghezza dell'impalcato sarà coperta con 4 predalle:

- predalle laterali: ubicate sulle travi di bordo e di estensione che comprende gli sbalzi laterali;

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	204

- predelle centrali: ubicate sulle travi interne;

Le sezioni di controllo sono quella di mezzera delle predalli centrali (verifica in campata), e quella al filo del ringrosso superiore esterno delle travi di bordo, che costituisce l'incastro delle predelle laterali (verifica dello sbalzo).

Nel primo caso lo schema è quello di trave semplicemente poggiata alle estremità.

Nel secondo caso lo schema è quello di trave a mensola incastrata ad una estremità.

In questo secondo caso, in accordo alle fasi di getto, si considerano 2 schemi di carico:

1. Peso proprio predalla + getto dello sbalzo per 1.60 m dall'incastro + peso dei mezzi d'opera su tutta la lunghezza dello sbalzo. Si verifica in traliccio in corrispondenza dell'estremità incastrata.
2. Peso proprio predalla e della veletta di bordo + peso completamento del getto dello sbalzo + peso dei mezzi d'opera. In questa fase si verifica il traliccio in corrispondenza della sezione a 0.5 m dall'estremità laterale.

In fase di calcolo è stato considerato un sovraccarico accidentale dovuto ai mezzi d'opera pari a 1.00 kN/m².

Di seguito si illustrano i criteri di calcolo e verifica e successivamente i risultati delle verifiche effettuate per il caso in esame.

13.6.1 Criteri di calcolo e verifica

Gli sforzi normali massimi di trazione/compressione N_{Ed} , agenti sui correnti dei tralicci per verifiche SLU di resistenza a trazione e instabilità a compressione, sono determinati dividendo il momento flettente di calcolo agli SLU per il braccio delle forze interne h_u , pari alla distanza verticale tra il corrente superiore e inferiore. Gli sforzi normali massimi di compressione agenti sulle diagonali dei tralicci si ottengono dividendo il massimo taglio di calcolo V_{max} nella sezione considerata, per il seno dell'angolo α , formato dalla diagonale con l'asse dei correnti nel piano longitudinale, e per il coseno dell'angolo β , formato dalla diagonale con l'asse verticale nel piano trasversale.

Verifica di resistenza dei correnti tesi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$c.m. = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$$

La resistenza a trazione $N_{t,Rd}$ dei correnti tesi è pari a:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_M}$$

essendo:

- A_s l'area totale dei correnti tesi;
- f_{yk} la tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio dei correnti;
- γ_M è il coefficiente di sicurezza pari a 1.15 per acciaio B450C.

Verifica all'instabilità dei correnti compressi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$c.m. = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

La resistenza all'instabilità $N_{b,Rd}$ delle aste compresse dei tralicci è stata valutata in accordo al paragrafo §4.2.4.1.3.1 delle NTC08:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	205

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_s f_{yk}}{\gamma_M}$$

Essendo:

A_s l'area totale dei correnti compressi;

f_{yk} la tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio dei correnti;

γ_M è il coefficiente di sicurezza pari a 1.15 per acciaio B450C.

χ il coefficiente di riduzione dello sforzo normale a compressione fornito dalla seguente espressione:

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

dove:

$$\Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} + 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

α è il fattore di imperfezione assunto pari a 0.49 in accordo alla tab. Tab 4.2.VI;

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_{yk}}{N_{cr}}}$$

è la snellezza adimensionale;

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L_0^2}$$

è il carico critico euleriano, dipendente dalle proprietà della sezione lorda e dalla lunghezza

libera di inflessione dell'asta $L_0 = \beta L$;

$\beta = 1.0$ nel caso dei correnti e $\beta = 0.9$ nel caso delle diagonali dei tralicci.

L è la lunghezza dell'asta; nel caso dei correnti è pari alla distanza che intercorre tra due successivi nodi dei tralicci in direzione longitudinale, mentre nel caso delle diagonali è pari alla lunghezza effettiva della diagonale.

13.6.2 Verifica della sezione di mezzeria delle predelle centrali

La resistenza delle predelle è interamente affidata ai tralicci di armatura.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	206

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.

	Var	unità	
Lunghezza predalla	Lp	mm	1580
Distanza tra estremità sx e asse appoggio predalla	Dap_sx	mm	20
Distanza tra estremità dx e asse appoggio predalla	Dap_dx	mm	20
Altezza complessiva soletta in campata - per carichi	hs1c	mm	400
Altezza complessiva soletta in campata - per verifiche	hs2	mm	310
Luce di calcolo della predalla in campata	ls	mm	1540

DATI PERMANENTI PORTATI

Var unità

DATI GEOMETRICI PREDALLE

	Var	unità	
n. tralicci per dalla	nt		3
altezza traliccio	ht	mm	205
Sezione corrente	n	ϕ	A
		mm	mmq
Armatura superiore tralicci	1	12	113
Armatura inferiore tralicci	2	8	101
			At
			mmq
			di
			mm
			I
			mm4
spessore predalla in campata per carichi		mm	50
spessore predalla in campata per verifiche		mm	50
larghezza predalla		mm	1200

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	207

ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio predalla agli sbalzi	g1a	1.20	0.00	25.0		0.00
peso proprio predalla in campata	g1b	1.20	0.050	25.0		1.50
peso proprio getto di completamento	g1c	1.20	0.350	25.0		10.50
peso mezzi d'opera	q	1.20			1.00	1.20

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE	Var	unità	
Reazione all'appoggio sx - permanenti	RA-p	kN	9.24
ascissa taglio nullo	x_V(0)	m	0.77
Momento massimo in campata - permanenti	Mmax_p	kNm	3.56
Momento massimo in campata - accidentali	Mmax_q	kNm	0.36
Taglio massimo all'appoggio - permanenti	Vmax_p	kN	9.24
Taglio massimo all'appoggio - accidentali	Vmax_q	kN	0.92
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γ_g		1.30
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γ_q		1.50
Verifiche SLU - Momento flettente in mezzeria	Mmax	kNm	5.2
Verifiche SLU - Taglio massimo all'appoggio	Vmax	kNm	13.4

VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI	Var	unità	
altezza del traliccio	ht	m	0.195
Momento flettente	Mmax	kNm	5.16
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.9
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	13.3
Sforzo massimo nei correnti	Nmax1	kN	26.5

Verifica dei correnti compressi	Var	unità	cor traliccio	
n. correnti	nc		3	
Diametro corrente compresso	ϕ	mm	12	
Area corrente compresso	A	mmq	113	
Momento d'inerzia corrente compresso	Ix	mm4	1018	
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0030	
Lunghezza libera d'inflexione	L0	m	0.20	
coefficiente beta	β		1.00	
snellezza	λ		66.7	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	52742	
snellezza adimensionale	λ_{-}		0.98	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.17	
coefficiente χ	χ		0.55	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	73	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.36	< 1.0

Verifica dei correnti tesi	Var	unità	inferiori	
A correnti	A	mmq	302	
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	118	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.22	< 1.0

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	208

VERIFICA DIAGONALI

altezza del traliccio	ht	m	0.195	
n. diagonali	nd		6	
Taglio massimo	Vmax	kN	13.40	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.9	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	13.3	
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	15.5	
Diametro diagonale	ϕ	mm	7.2	
Area diagonale	A	mmq	41	
Momento d'inerzia diagonale	Ix	mm4	132	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0018	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.23	
coefficiente beta	β		0.90	
snellezza	λ		112.6	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	6658	
snellezza adimensionale	λ_{-}		1.66	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		2.23	
coefficiente χ	χ		0.27	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	26	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.60	< 1.0

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei tralici sono soddisfatte.

13.6.3 Verifica della sezione di incastro dello sbalzo della predalla laterale

Il calcolo viene svolto in due fasi, la prima corrisponde al getto della prima parte dello sbalzo, la seconda al getto di completamento. Ai fini dell'autoportanza si considerano le sole armature dei tralici:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	209

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.

	Var	unità	
Altezza complessiva soletta alla estremità inc. sbalzo	hss1	mm	330
Altezza complessiva soletta alla estremità libera sbalzo	hss2	mm	310
Luce dello sbalzo	ls	mm	2100
Inclinazione del getto in opera - intradosso	incl		0.010
Larghezza asola sulla piattabanda superiore	Lasol	mm	360
Estensione del getto di prima fase dall'asse della trave	Lg1	mm	1600

DATI GEOMETRICI PREDALLE

	Var	unità	
n. tralicci per dalla	nt		3
altezza traliccio all'incastro	ht	mm	205

Sezione corrente

	n	φ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralicci	1	16	201	603	232	9651
Armatura inferiore tralicci	2	12	226	679	41	6107
Altezza complessiva predalla alla estremità libera		mm	50			
Altezza complessiva predalla alla estremità inc. sbalzo		mm	50			
larghezza lastra		mm	1200			
coefficiente di omogeneizzazione			10			
Area lastra		mm2	6000			

Caratteristiche geometrico-inerziali

	Var	unità	
Area totale	At	mm2	7282
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	317761
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	44
Momento d'inerzia dalla tralicciata	It	mm4	24755909

Sezione asolata d'estremità

	n	φ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralicci	1	16	201	603	232	9651
Armatura inferiore tralicci	2	12	226	679	41	6107

Caratteristiche geometrico-inerziali

	Var	unità	
Area totale	At	mm2	1282
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	167761
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	131
Momento d'inerzia	It	mm4	11665369

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	210

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI PRIMA FASE

ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	g1a	1.20	0.05	25.0		1.50
peso proprio predalla (variabile)	g1b	1.20	0.00	25.0		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	g1c	1.20	0.26	25.0		7.80
peso proprio getto di completamento (variabile)	g1d	1.20	0.02	25.0		0.60
peso mezzi d'opera	p3	1.20			1.00	1.20
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/m)	P (kN)
peso della veletta	P4	1.20			0.00	0.00

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

	Var	unità	
Momento massimo all'incastro - permanenti	Mmax-p	kNm	13.55
Momento massimo all'incastro - accidentali	Mmax-q	kNm	2.65
Taglio massimo - permanenti	Vmax-p	kN	16.11
Taglio massimo - accidentali	Vmax-q	kN	2.52
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γ_g		1.30
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γ_q		1.50
Verifiche SLU - Momento flettente all'incastro	Mmax	kNm	21.6
Verifiche SLU - Taglio massimo all'incastro	Vmax	kNm	24.7

VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI

	Var	unità	
altezza del traliccio all'incastro	ht	m	0.187
Momento flettente	Mmax	kNm	21.58
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.9
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.1
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	115.4

Verifica dei correnti compressi in corrispondenza asol:

	Var	unità	cor traliccio	in
Sforzo normale nei correnti inferiori	Nmax_i	kN	115	
n. correnti	nc		6	
Diametro corrente compresso	ϕ	mm	12	
Area corrente compresso	A	mmq	113	
Momento d'inerzia corrente compresso	I	mm4	1018	
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0030	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.20	
coefficiente beta	β		1.00	
snellezza	λ		67	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	52742	
snellezza adimensionale	λ_*		0.98	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.17	
coefficiente χ	χ		0.55	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	146	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.79	< 1.0

Verifica dei correnti compressi (sezione corrente)

	Var	unità	inferiori
A correnti	A	mmq	679
Resistenza a compressione dell'armatura compressa	Nc,Rd	kN	266
coefficiente di utilizzo	c.u		0.43

Verifica dei correnti tesi

	Var	unità	superiori
A correnti	A	mmq	603
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	236
coefficiente di utilizzo	c.u		0.49

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	211

VERIFICA DIAGONALI

altezza del traliccio	ht	m	0.191	
n. diagonali	nd		6	
Taglio massimo	V _{max}	kN	24.72	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.9	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.1	
Sforzo massimo nelle diagonali	N _{max}	kN	28.4	
Diametro diagonale	φ	mm	10	
Area diagonale	A	mm ²	79	
Momento d'inerzia diagonale	I	mm ⁴	491	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.22	
coefficiente beta	β		0.90	
snellezza	λ		79	
Carico critico elastico dell'armatura	N _{cr}	N	26102	
snellezza adimensionale	λ ₋		1.16	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.41	
coefficiente χ	χ		0.45	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	N _{b,Rd}	kN	83	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.34	< 1.0

FASE 1 - GETTO DI SECONDA FASE

ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	p1a	1.20	0.05	25.0		1.50
peso proprio predalla (variabile)	p1b	1.20	0.0	25.0		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	p2a	1.20	0.26	25.0		7.80
peso proprio getto di completamento (variabile)	p2b	1.20	0.00	25.0		0.14
peso mezzi d'opera	p3	1.20			1.00	1.20
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	P4	1.20			4.75	5.70

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

	Var	unità	
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	M _{max-p}	kNm	4.02
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	M _{max-q}	kNm	0.15
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	V _{max-p}	kN	10.39
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	V _{max-q}	kN	0.60
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γ _p		1.30
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γ _q		1.50
Verifiche SLU - Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase	M _{max1}	kNm	5.45
Verifiche SLU - Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase	V _{max1}	kN	14.40

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	212

VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI ALL'ESTREMITA' DEL GETTO	Var	unità		
altezza del traliccio	ht	m	0.176	
Momento flettente	Mmax	kNm	5.45	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.4	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.7	
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	31.0	
Verifica dei correnti tesi	Var	unità	superiori	
A correnti	A	mmq	603	
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	236	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.13	< 1.0
VERIFICA DIAGONALI				
altezza del traliccio	ht	m	0.176	
n. diagonali	nd		6	
Taglio massimo	Vmax	kN	14.40	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.4	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.7	
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	16.8	
Diametro diagonale	φ	mm	10	
Area diagonale	A	mmq	79	
Momento d'inerzia diagonale	I	mm4	491	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.21	
coefficiente beta	β		0.90	
snellezza	λ		73.9	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	29846	
snellezza adimensionale	λ ₋		1.09	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.31	
coefficiente χ	χ		0.49	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	90	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.19	< 1.0

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	213

14. VERIFICHE SLE DI DEFORMAZIONE E VIBRAZIONE DELL'IMPALCATO

Per questioni di sicurezza del traffico ferroviario le NTC08 al paragrafo 5.2.3.3.2.1 impongono di verificare che non siano superati i limiti sulle seguenti grandezze:

- Accelerazione verticale dell'impalcato;
- Torsione dell'impalcato (sghembo del binario);
- Inflessione dell'impalcato nel piano orizzontale;
- Inflessione dell'impalcato nel piano verticale.

Per il comfort del passeggero si deve verificare che non siano superati i limiti di freccia verticale dell'impalcato.

Le valutazioni dei parametri di deformazione vanno eseguite utilizzando la combinazione SLE-RARA.

14.1 Stati Limite di Esercizio per la sicurezza del traffico ferroviario

14.1.1 Accelerazioni verticali dell'impalcato

Non richiesta nel caso in esame essendo la velocità di esercizio non superiore a 200 km/h, e la frequenza propria della struttura compresa nei limiti indicati nella Fig. 5.2.7 delle NTC08.

14.1.2 Deformazioni torsionali dell'impalcato

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM7 , SW/0 o SW/2 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

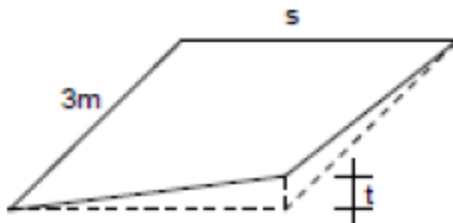


Figura 14.1 – Sghembo ammissibile

Il massimo sghembo, misurato su una lunghezza di 3 m e considerando le rotaie solidali all'impalcato, non deve eccedere i seguenti valori:

- $t \leq 4.5 \text{ mm}/3 \text{ m}$ per $V \leq 120 \text{ km/h}$;
- $t \leq 3.0 \text{ mm}/3 \text{ m}$ per $120 < V \leq 200 \text{ km/h}$;
- $t \leq 1.5 \text{ mm}/3 \text{ m}$ Per $V > 200 \text{ km/h}$.

Per velocità $V > 200 \text{ km/h}$ si deve inoltre verificare che per convogli reali, moltiplicati per il relativo incremento dinamico, risulti $t \leq 1,2 \text{ mm}/3 \text{ m}$.

In mancanza di ulteriori specifiche, lo sghembo complessivo dovuto alla geometria del binario (curve di transizione) e quello dovuto alla deformazione dell'impalcato, non deve comunque eccedere i 6 mm/3 m.

Il numero di binari da caricare per tale controllo (per impalcato con un numero di binari maggiore o uguale a due) deve essere quello corrispondente al caso più critico.

I bassi livelli di deformazione verticale dell'impalcato per transito dei treni di carico ferroviari, evidenziati al paragrafo 14.1.4 e l'elevata rigidità torsionale, rendono superflua questa verifica perchè certamente soddisfatta.

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	214

14.1.3 Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato

Considerando la presenza del treno di carico LM71 e SW/0, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, la forza laterale (serpeggio), la forza centrifuga e gli effetti della variazione di temperatura lineare fra i due lati dell'impalcato stabilita al paragrafo 5.2.2.5.2 delle NTC08, pari a 10°C, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- Una variazione angolare maggiore di quella fornita nella Tab. 5.2.VIII delle NTC08;
- Un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Tabella 5.2.VIII - Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
$V \leq 120$	0,0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	0,0020 rd	6000 m	9500 m
$200 < V$	0,0015 rd	14000 m	17500 m

Il raggio di curvatura, nel caso di impalcato a semplice appoggio, è dato dalla seguente espressione:

$$R = L^2 / (8 \cdot \delta_h)$$

Dove δ_h rappresenta la freccia orizzontale.

La freccia orizzontale deve includere anche l'effetto della deformazione della sottostruttura del ponte pile, spalle e fondazioni, qualora esso sia sfavorevole alla verifica."

Il numero di binari da caricare sarà secondo quanto riportato in tabella di paragrafo 9.2.

Nel caso in esame, il valore dello spostamento orizzontale corrispondente al valore minimo del raggio di curvatura è pari a:

$$R = 6000 \text{ m} \quad \text{per } 120 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$$

$$\delta_h = L^2 / (8 \cdot R) = 0.011 \text{ m}$$

L'elevata rigidità dell'impalcato nel piano orizzontale, caratterizzata da un rapporto tra luce di calcolo e larghezza dell'impalcato pari a: $L / B = 22.8 / 13.7 = 1.66$ rendono superflua questa verifica perchè certamente soddisfatta.

14.1.4 Inflessione nel piano verticale dell'impalcato

Il massimo valore di inflessione per effetto dei treni di carico LM71 e SW/2, incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente di adattamento α , non deve superare il valore:

$$\delta_{v_max} = L / 600$$

Il numero dei binari da caricare deve essere in accordo alla tabella illustrata al paragrafo 9.1.

La figura seguente illustra la deformata delle travi di impalcato per effetto dei treni di carico SW/2 e LM71 dinamizzati e comprensivi del coefficiente di adattamento:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	215

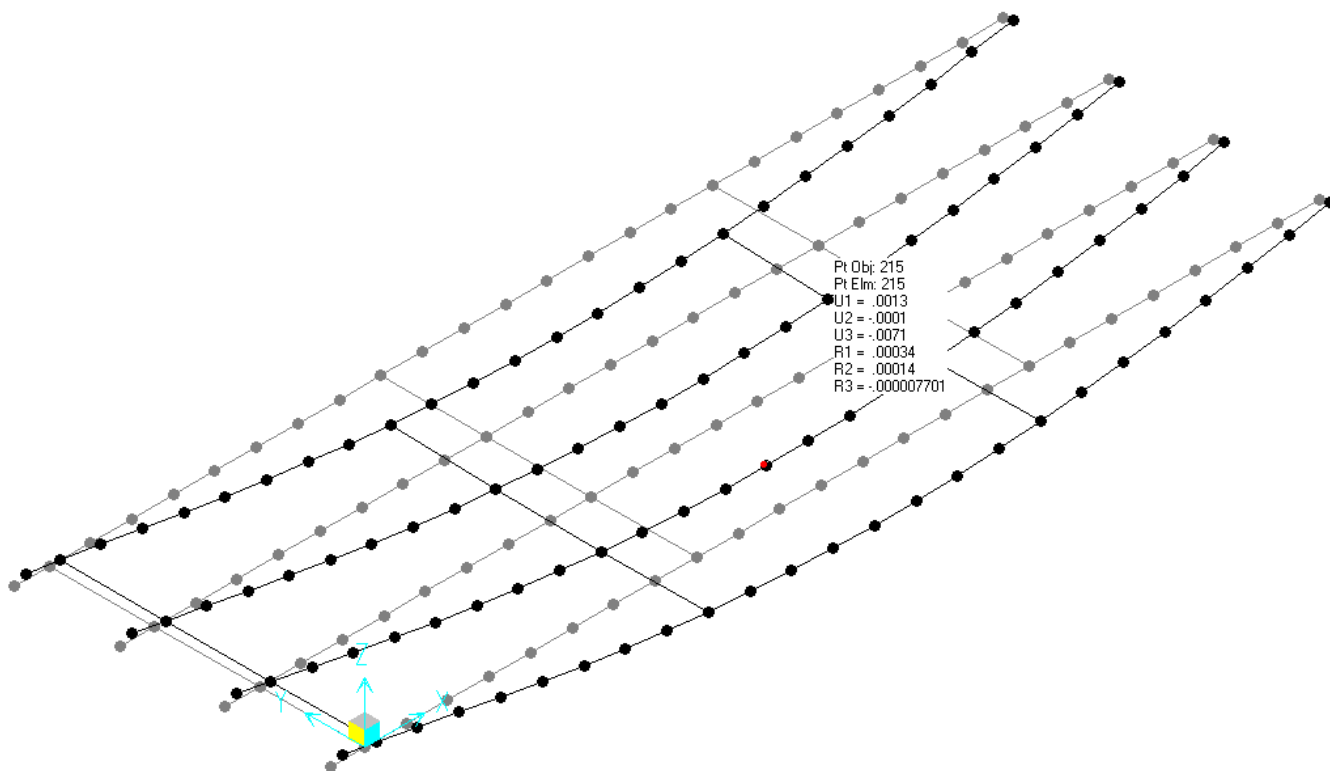


Figura 14.2 – Inflessione massima per effetto dei treni di carico ferroviari

L'inflessione massima è pari a:

$$\delta_v = 7.1 \text{ mm} \ll L / 600 = 22800 / 600 = 38 \text{ mm}$$

Lo spostamento orizzontale, conseguente all'inflessione per carichi verticali, del piano di regolamento o di posa del ballast, deve risultare non superiore a 8 mm.

Per i ponti a via superiore, tale prescrizione si traduce nella seguente limitazione della rotazione di estremità:
 $\theta \leq 8 / H$ [rad]

ove H in mm rappresenta la distanza del piano di regolamento del ballast dal centro di rotazione dell'apparecchio di appoggio dell'impalcato.

Ipotizzando una distanza del centro di rotazione dell'apparecchio di appoggio dall'intradosso delle travi pari a 0.10 m si ha:

$$H = 0.10 + 2.10 + 0.40 = 2.60 \text{ m}$$

$$\theta_{\max} = 8 / 2600 = 0.0031 \text{ rad}$$

La figura seguente illustra la rotazione massima degli appoggi per effetto dei treni di carico SW/2 e LM71 dinamizzati e comprensivi del coefficiente di adattamento:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	216

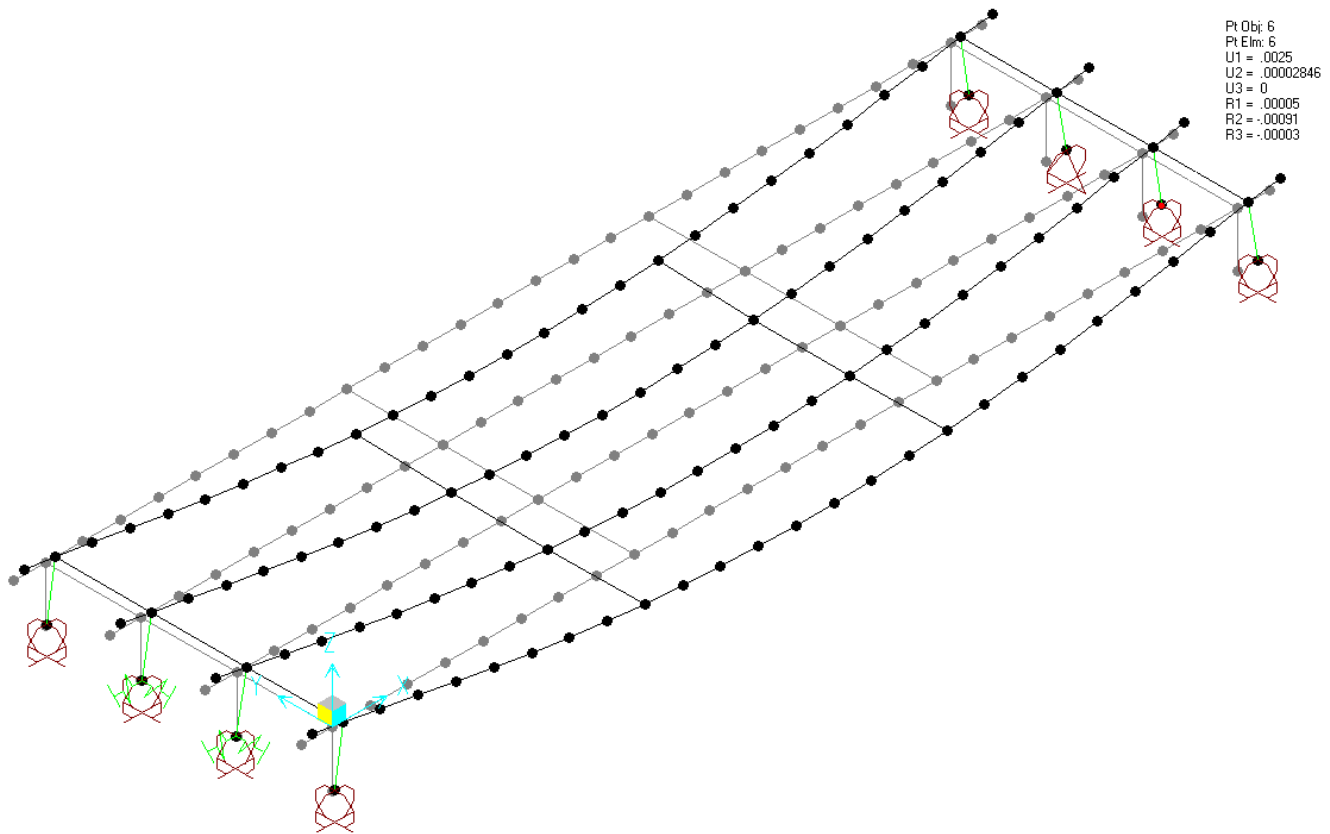


Figura 14.3 – Inflessione massima per effetto dei treni di carico ferroviari

La rotazione massima degli apparecchi di appoggio è pari a:

$$\theta = 0.00091 \text{ rad} \ll \theta_{\max} = 0.0031 \text{ rad}$$

14.2 Stati Limite per il comfort dei passeggeri

Il comfort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale dei ponti ferroviari in funzione della luce e del numero delle campate consecutive, dello schema statico del ponte e della velocità V di percorrenza del convoglio.

L'inflessione verticale deve calcolarsi in asse al binario, considerando il modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α ; in caso di ponte a doppio binario dovrà considerarsi carico un solo binario e calcolarsi la freccia in asse a tale binario carico, applicando un solo modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α .

Nella successiva figura sono riportati i valori del limite di deformabilità, validi per viadotti con impalcato semplicemente appoggiati aventi tre o più campate, corrispondenti all'accelerazione ammissibile verticale pari a $b_v=1 \text{ m/s}$ in carrozza.

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	217

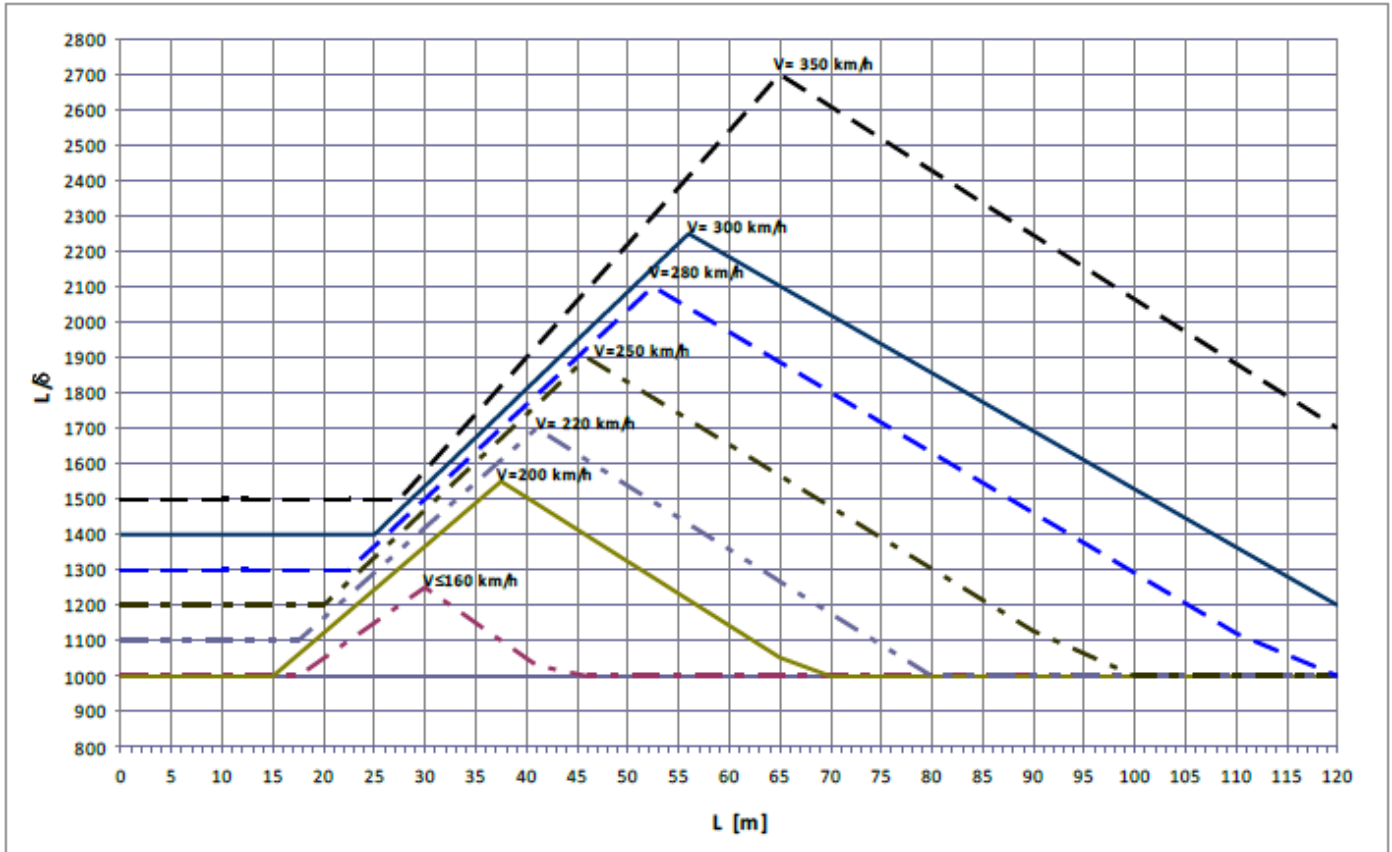


Figura 14.4 – Valori del limite di deformabilità L/δ per il comfort dei passeggeri

In ogni caso, L/δ non può essere inferiore a 1000.

Nel caso in esame, per $L = 22.8$ m e $V \leq 160$ km/h si ha:

$$L/\delta_{\max} = 1100$$

La figura seguente illustra l'inflessione dell'impalcato per effetto del carico LM71 dinamizzato e comprensivo di coefficiente di adattamento:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	218

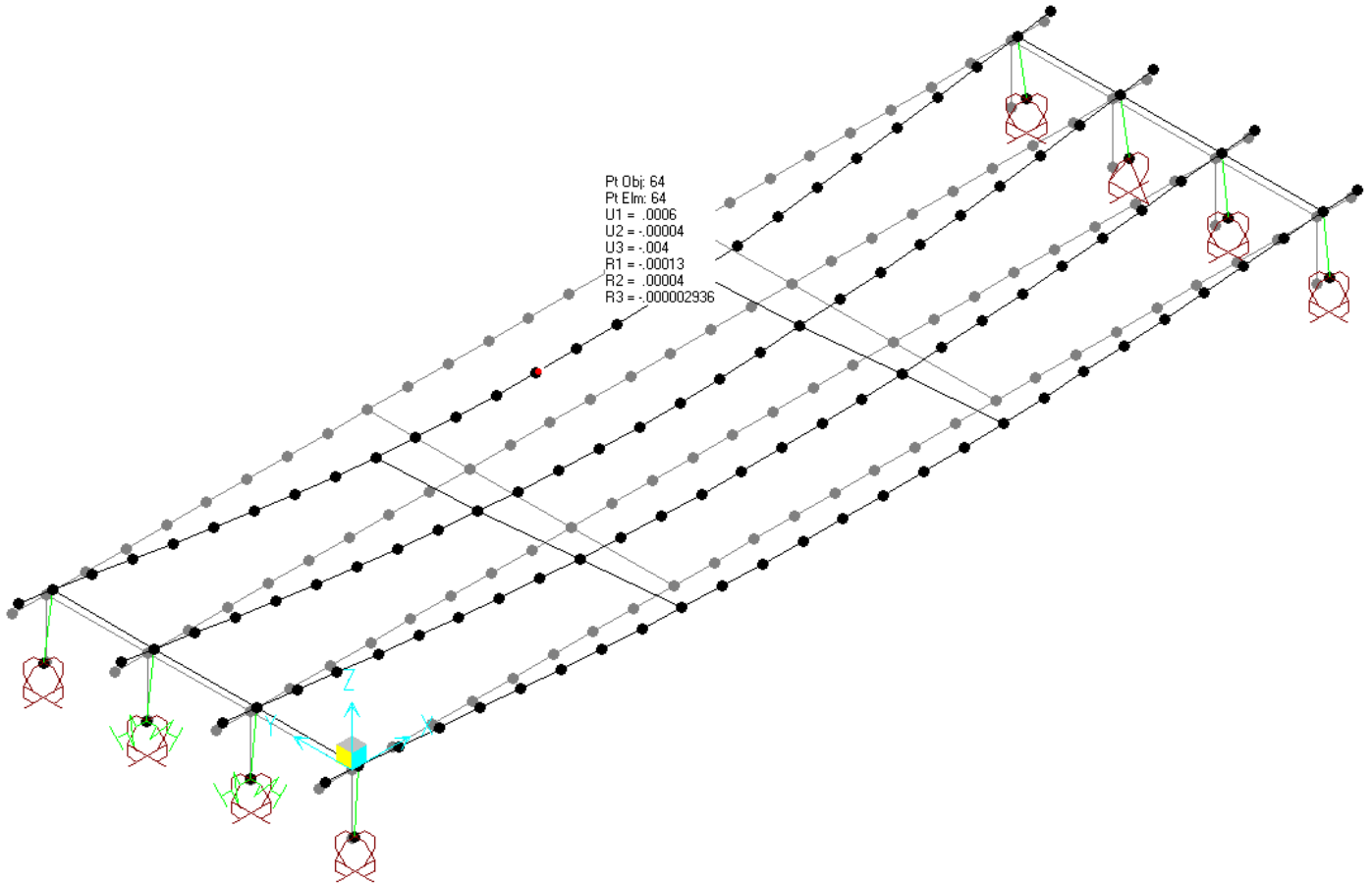


Figura 14.5 – Inflessione massima per effetto dei treni di carico ferroviari

Considerando per semplicità quale parametro di confronto l'inflessione massima delle travi di impalcato, si ottiene:

$$\delta_v = 4.0 \text{ mm}$$

E pertanto:

$$L/\delta_v = 22800 / 4 = 5700 \gg 1100.$$

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	219

15. AZIONI SUGLI APPOGGI

La numerazione degli apparecchi di appoggio è quella illustrata nella figura seguente:

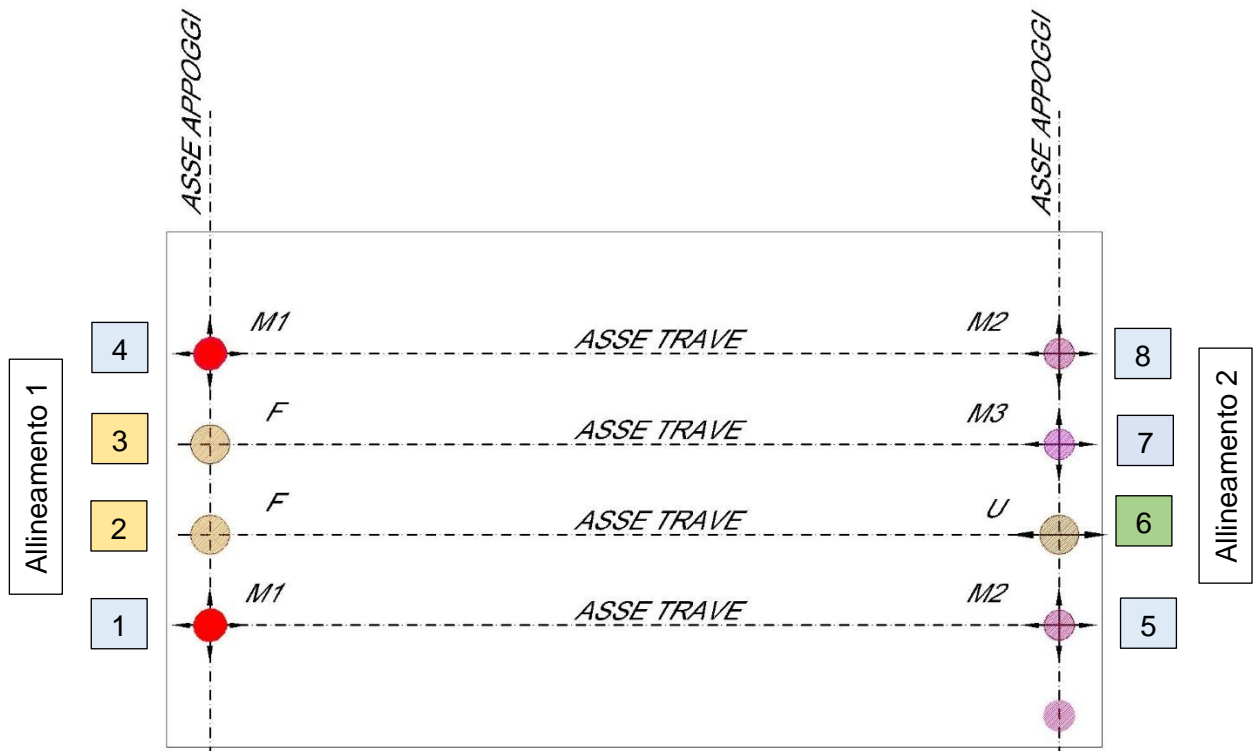


Figura 15.1 – Schema di vincolo singola campata

Nel seguito si riepilogano i valori dei carichi trasmessi agli appoggi per effetto delle azioni elementari descritte al capitolo 8.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	220

ALLINEAMENTO 1	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI			
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]
Condizione di carico																
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	475.7	475.7	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	475.7	475.7
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	498.1	268.5	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	498.1	268.5
gb - ballast	0.0	0.0	363.3	327.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	363.3	327.0
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	933.4	-84.9	0.0	0.0	1467.0	-20.9	0.0	0.0	1467.0	-20.9	0.0	0.0	933.4	-84.9
Forza centrifuga	0.0	0.0	128.7	-197.4	0.0	101.5	66.9	1.5	0.0	101.5	66.9	1.5	0.0	0.0	128.7	-197.4
Serpeggio	0.0	0.0	68.9	-73.1	0.0	52.4	29.7	-25.5	0.0	52.4	29.7	-25.5	0.0	0.0	68.9	-73.1
Vento	0.0	0.0	253.1	-300.1	0.0	202.9	55.7	-8.9	0.0	202.9	55.7	-8.9	0.0	0.0	253.1	-300.1
Frenatura	0.0	0.0	64.7	-64.7	891.3	0.0	64.7	-64.7	891.3	0.0	64.7	-64.7	0.0	0.0	64.7	-64.7
Resistenze parassite - G	0.0	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Resistenze parassite - Q	0.0	0.0	0.0	0.0	66.3	0.0	0.0	0.0	66.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma longitudinale SLV	0.0	0.0	155.8	-155.8	5155.5	0.0	155.8	-155.8	5155.5	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8
Sisma trasversale SLV	0.0	0.0	1193.3	-1193.3	0.0	4298.0	397.8	-397.8	0.0	4298.0	397.8	-397.8	0.0	0.0	1193.3	-1193.3
Sisma verticale SLV	0.0	0.0	658.6	-658.6	0.0	0.0	658.6	-658.6	0.0	0.0	658.6	-658.6	0.0	0.0	658.6	-658.6

ALLINEAMENTO 2	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI			
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]
Condizione di carico																
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	475.7	475.7	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	475.7	475.7
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	498.1	268.5	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	498.1	268.5
gb - ballast	0.0	0.0	363.3	327.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	363.3	327.0
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	933.4	-84.9	0.0	0.0	1467.0	-20.9	0.0	0.0	1467.0	-20.9	0.0	0.0	933.4	-84.9
Forza centrifuga	0.0	0.0	128.7	-197.4	0.0	202.5	66.9	1.5	0.0	0.0	66.9	1.5	0.0	0.0	128.7	-197.4
Serpeggio	0.0	0.0	68.9	-73.1	0.0	105.2	29.7	-25.5	0.0	0.0	29.7	-25.5	0.0	0.0	68.9	-73.1
Vento	0.0	0.0	253.1	-300.1	0.0	405.5	55.7	-8.9	0.0	0.0	55.7	-8.9	0.0	0.0	253.1	-300.1
Frenatura	0.0	0.0	64.7	-64.7	0.0	0.0	64.7	-64.7	0.0	0.0	64.7	-64.7	0.0	0.0	64.7	-64.7
Resistenze parassite - G	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	0.0	0.0	0.0
Resistenze parassite - Q	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	0.0	0.0	0.0
Sisma longitudinale SLV	0.0	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8
Sisma trasversale SLV	0.0	0.0	1193.3	-1193.3	0.0	4298.0	397.8	-397.8	0.0	0.0	397.8	-397.8	0.0	0.0	1193.3	-1193.3
Sisma verticale SLV	0.0	0.0	658.6	-658.6	0.0	0.0	658.6	-658.6	0.0	0.0	658.6	-658.6	0.0	0.0	658.6	-658.6

- Dove:
Vmax: carico verticale massimo;
Vmin: carico verticale minimo;
Hlong: carico orizzontale agente in dir. Longitudinale;
Htrasv: carico orizzontale agente in dir. Trasversale;

Relativamente alle azioni trasmesse agli apparecchi di appoggio in caso sismico, i valori delle azioni sono quelli massimi desunti dalle analisi delle pile, assumendo $q=1.0$ (vedi Relazione di Calcolo Pile, doc. LI0700EZZCLVI0100003).

Le tabelle seguenti riepilogano i valori delle azioni sugli apparecchi di appoggio per combinazioni SLU ed SLE:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	221

COMBINAZIONI SLU-STR

GRUPPO 1

CONDIZIONE DI CARICO	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	1.35	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	642.1	475.7	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	642.1	475.7	1.35	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	672.4	268.5	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	672.4	268.5	1.35	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	545.0	327.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	545.0	327.0	1.50	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	1353.4	-123.1	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	1353.4	-123.1	1.45	1.45
Forza centrifuga	0.0	0.0	186.6	-286.2	0.0	147.1	97.0	2.2	0.0	147.1	97.0	2.2	0.0	0.0	186.6	-286.2	1.45	1.45
Serpeggio	0.0	0.0	99.9	-106.0	0.0	76.0	43.1	-37.0	0.0	76.0	43.1	-37.0	0.0	0.0	99.9	-106.0	1.45	1.45
Vento	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.0	182.6	50.1	-8.0	0.0	182.6	50.1	-8.0	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.90	0.90
Frenatura	0.0	0.0	48.5	-48.5	668.4	0.0	48.5	-48.5	668.4	0.0	48.5	-48.5	0.0	0.0	48.5	-48.5	0.75	0.75
Resistenze parassite - G	0.0	0.0	0.0	0.0	117.3	0.0	0.0	0.0	117.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.00
Resistenze parassite - Q	0.0	0.0	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.45	1.45
Sisma longitudinale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Sisma trasversale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Sisma verticale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Massimi	0.0	0.0	4364.6	673.4	881.8	405.7	4008.2	956.4	881.8	405.7	4008.2	956.4	0.0	0.0	4364.6	673.4		

CONDIZIONE DI CARICO	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	1.35	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	642.1	475.7	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	642.1	475.7	1.35	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	672.4	268.5	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	672.4	268.5	1.35	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	545.0	327.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	545.0	327.0	1.50	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	1353.4	-123.1	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	1353.4	-123.1	1.45	1.45
Forza centrifuga	0.0	0.0	186.6	-286.2	0.0	293.6	97.0	2.2	0.0	0.0	97.0	2.2	0.0	0.0	186.6	-286.2	1.45	1.45
Serpeggio	0.0	0.0	99.9	-106.0	0.0	152.6	43.1	-37.0	0.0	0.0	43.1	-37.0	0.0	0.0	99.9	-106.0	1.45	1.45
Vento	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.0	365.0	50.1	-8.0	0.0	0.0	50.1	-8.0	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.90	0.90
Frenatura	0.0	0.0	48.5	-48.5	0.0	0.0	48.5	-48.5	0.0	0.0	48.5	-48.5	0.0	0.0	48.5	-48.5	0.75	0.75
Resistenze parassite - G	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	0.0	0.0	0.0	1.35	1.00
Resistenze parassite - Q	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	0.0	0.0	0.0	1.45	1.45
Sisma longitudinale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Sisma trasversale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Sisma verticale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Massimi	0.0	0.0	4364.6	673.4	0.0	811.1	4008.2	956.4	0.0	0.0	4008.2	956.4	0.0	0.0	4364.6	673.4		

GRUPPO 3

CONDIZIONE DI CARICO	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI				max	min	
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]			
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	1.35	1.00	
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	642.1	475.7	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	642.1	475.7	1.35	1.00	
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	672.4	268.5	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	672.4	268.5	1.35	1.00	
gb - ballast	0.0	0.0	545.0	327.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	545.0	327.0	1.50	1.00	
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	1353.4	-123.1	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	1353.4	-123.1	1.45	1.45	
Forza centrifuga	0.0	0.0	93.3	-143.1	0.0	73.6	48.5	1.1	0.0	73.6	48.5	1.1	0.0	0.0	93.3	-143.1	0.73	0.73	
Serpeggio	0.0	0.0	49.9	-53.0	0.0	38.0	21.6	-18.5	0.0	38.0	21.6	-18.5	0.0	0.0	49.9	-53.0	0.73	0.73	
Vento	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.0	182.6	50.1	-8.0	0.0	0.0	182.6	50.1	-8.0	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.90	0.90
Frenatura	0.0	0.0	93.8	-93.8	1292.3	0.0	93.8	-93.8	1292.3	0.0	93.8	-93.8	0.0	0.0	93.8	-93.8	1.45	1.45	
Resistenze parassite - G	0.0	0.0	0.0	0.0	117.3	0.0	0.0	0.0	117.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.00	
Resistenze parassite - Q	0.0	0.0	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.45	1.45	
Sisma longitudinale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	
Sisma trasversale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	
Sisma verticale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	
Massimi	0.0	0.0	4266.6	824.3	1505.7	294.2	3983.4	928.5	1505.7	294.2	3983.4	928.5	0.0	0.0	4266.6	824.3			

CONDIZIONE DI CARICO	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	0.0	0.0	588.8	436.2	1.35	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	642.1	475.7	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	343.2	254.3	0.0	0.0	642.1	475.7	1.35	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	672.4	268.5	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	25.2	-23.4	0.0	0.0	672.4	268.5	1.35	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	545.0	327.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	685.0	411.0	0.0	0.0	545.0	327.0	1.50	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	1353.4	-123.1	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	2127.2	-30.3	0.0	0.0	1353.4	-123.1	1.45	1.45
Forza centrifuga	0.0	0.0	93.3	-143.1	0.0	146.8	48.5	1.1	0.0	0.0	48.5	1.1	0.0	0.0	93.3	-143.1	0.73	0.73
Serpeggio	0.0	0.0	49.9	-53.0	0.0	76.3	21.6	-18.5	0.0	0.0	21.6	-18.5	0.0	0.0	49.9	-53.0	0.73	0.73
Vento	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.0	365.0	50.1	-8.0	0.0	0.0	50.1	-8.0	0.0	0.0	227.7	-270.1	0.90	0.90
Frenatura	0.0	0.0	93.8	-93.8	0.0	0.0	93.8	-93.8	0.0	0.0	93.8	-93.8	0.0	0.0	93.8	-93.8	1.45	1.45
Resistenze parassite - G	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	0.0	0.0	0.0	1.35	1.00
Resistenze parassite - Q	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	0.0	0.0	0.0	1.45	1.45
Sisma longitudinale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Sisma trasversale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Sisma verticale SLV	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Massimi	0.0	0.0	4266.6	824.3	0													

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	222

COMBINAZIONI SLU-SLV

SISMA LONGITUDINALE

CONDIZIONE DI CARICO	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	1.00	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	475.7	475.7	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	475.7	475.7	1.00	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	498.1	268.5	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	498.1	268.5	1.00	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	363.3	327.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	363.3	327.0	1.00	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.20	0.20
Forza centrifuga	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Serpeggio	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Vento	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Frenatura	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Resistenze parassite - G	0.0	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
Resistenze parassite - Q	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20
Sisma longitudinale SLV	0.0	0.0	155.8	-155.8	5155.5	0.0	155.8	-155.8	5155.5	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8	1.00	1.00
Sisma trasversale SLV	0.0	0.0	358.0	-358.0	0.0	1289.4	119.3	-119.3	0.0	1289.4	119.3	-119.3	0.0	0.0	358.0	-358.0	0.30	0.30
Sisma verticale SLV	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.30	0.30
Massimi	0.0	0.0	2671.3	779.0	5255.6	1289.4	1931.9	601.1	5255.6	1289.4	1931.9	601.1	0.0	0.0	2671.3	779.0		

CONDIZIONE DI CARICO	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	1.00	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	475.7	475.7	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	475.7	475.7	1.00	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	498.1	268.5	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	498.1	268.5	1.00	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	363.3	327.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	363.3	327.0	1.00	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.20	0.20
Forza centrifuga	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Serpeggio	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Vento	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Frenatura	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Resistenze parassite - G	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	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
Resistenze parassite - Q	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	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20
Sisma longitudinale SLV	0.0	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8	0.0	0.0	155.8	-155.8	1.00	1.00
Sisma trasversale SLV	0.0	0.0	358.0	-358.0	0.0	1289.4	119.3	-119.3	0.0	0.0	119.3	-119.3	0.0	0.0	358.0	-358.0	0.30	0.30
Sisma verticale SLV	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.30	0.30
Massimi	0.0	0.0	2671.3	779.0	0.0	1289.4	1931.9	601.1	0.0	0.0	1931.9	601.1	0.0	0.0	2671.3	779.0		

SISMA TRASVERSALE SLV

CONDIZIONE DI CARICO	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	1.00	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	475.7	475.7	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	475.7	475.7	1.00	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	498.1	268.5	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	498.1	268.5	1.00	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	363.3	327.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	363.3	327.0	1.00	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.20	0.20
Forza centrifuga	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Serpeggio	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Vento	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Frenatura	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Resistenze parassite - G	0.0	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0	0.0	0.0	86.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
Resistenze parassite - Q	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20
Sisma longitudinale SLV	0.0	0.0	46.7	-46.7	1546.7	0.0	46.7	-46.7	1546.7	0.0	46.7	-46.7	0.0	0.0	46.7	-46.7	0.30	0.30
Sisma trasversale SLV	0.0	0.0	1193.3	-1193.3	0.0	4298.0	397.8	-397.8	0.0	4298.0	397.8	-397.8	0.0	0.0	1193.3	-1193.3	1.00	1.00
Sisma verticale SLV	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.30	0.30
Massimi	0.0	0.0	3397.5	52.8	1646.8	4298.0	2101.3	431.8	1646.8	4298.0	2101.3	431.8	0.0	0.0	3397.5	52.8		

CONDIZIONE DI CARICO	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI				max	min
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]		
g1a - peso proprio travi	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	0.0	0.0	436.2	436.2	1.00	1.00
g1b - peso proprio soletta	0.0	0.0	475.7	475.7	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	254.3	254.3	0.0	0.0	475.7	475.7	1.00	1.00
g2 - permanenti portati	0.0	0.0	498.1	268.5	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	18.7	-23.4	0.0	0.0	498.1	268.5	1.00	1.00
gb - ballast	0.0	0.0	363.3	327.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	456.7	411.0	0.0	0.0	363.3	327.0	1.00	1.00
q1 - traffico ferroviario	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	293.4	-4.2	0.0	0.0	186.7	-17.0	0.20	0.20
Forza centrifuga	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Serpeggio	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Vento	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Frenatura	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	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Resistenze parassite - G	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	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
Resistenze parassite - Q	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	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20
Sisma longitudinale SLV	0.0	0.0	46.7	-46.7	0.0	0.0	46.7	-46.7	0.0	0.0	46.7	-46.7	0.0	0.0	46.7	-46.7	0.30	0.30
Sisma trasversale SLV	0.0	0.0	1193.3	-1193.3	0.0	4298.0	397.8	-397.8	0.0	0.0	397.8	-397.8	0.0	0.0	1193.3	-1193.3	1.00	1.00
Sisma verticale SLV	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.0	0.0	197.6	-197.6	0.30	0.30
Massimi	0.0	0.0	3397.5	52.8	0.0	4298.0	2101.3	431.8	0.0	0.0	2101.3	431.8	0.0	0.0	3397.5	52.8		

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	224

RIEPILOGO AZIONI PER COMBINAZIONI

ALLINEAMENTO 1	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI			
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]
Condizione di carico																
SLU-STR	0	0	4365	673	1506	406	4008	929	1506	406	4008	929	0	0	4365	673
SLU-SLV	0	0	3398	53	5256	4298	2101	432	5256	4298	2101	432	0	0	3398	53
SLE-RARA	0	0	3088	940	1044	276	2795	975	1044	276	2795	975	0	0	3088	940

ALLINEAMENTO 2	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI			
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]
Condizione di carico																
SLU-STR	0	0	4365	673	0	811	4008	929	0	0	4008	929	0	0	4365	673
SLU-SLV	0	0	3398	53	0	4298	2101	432	0	0	2101	432	0	0	3398	53
SLE-RARA	0	0	3088	940	0	551	2795	975	0	0	2795	975	0	0	3088	940

Pertanto, sono state adottate le seguenti capacità di progetto:

CAPACITA' DI PROGETTO

ALLINEAMENTO 1	1 MULTI				2 FISSO				3 FISSO				4 MULTI			
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]
Condizione di carico																
SLU-STR	0	0	4400	600	1600	500	4100	600	1600	500	4100	900	0	0	4400	900
SLU-SLV	0	0	3600	0	5500	5500	2200	350	5500	5500	2200	350	0	0	3600	0
SLE-RARA	0	0	3200	900	1100	300	2900	900	1100	300	2900	900	0	0	3200	900

ALLINEAMENTO 2	5 MULTI				6 UNI-L				7 MULTI				8 MULTI			
	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]	Vmax [kN]	Vmin [kN]
Condizione di carico																
SLU-STR	0	0	4400	600	117	1000	4100	600	117	0	4100	900	4	0	4400	900
SLU-SLV	0	0	3600	50	446	5500	2200	350	446	0	2200	350	0	0	3600	50
SLE-RARA	0	0	3200	900	87	600	2900	900	87	0	2900	900	0	0	3200	900

LINEA PESCARA – BARI											
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA											
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	225

16. ESCURSIONI DEI GIUNTI E DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO E AMPIEZZE DEI VARCHI

La valutazione dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio è stata effettuata in accordo al paragrafo 2.5.2.1.5 del Manuale di progettazione RFI (§[D_10]), valida per viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce:

In direzione longitudinale:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{Eg})$$

Dove:

E_1	spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
E_2	spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
E_3	spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
$k_1 = 0.45$	coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
$k_2 = 0.55$	coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;
$d_{Ed} = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$	spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 delle NTC08;

dove:

$\mu_d = q$	se $T_1 \geq T_C$
$\mu_d = 1 + (q - 1) \times T_C / T_1$	se $T_1 < T_C$
in ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$	
$d_{Eg} = 1.25 \cdot \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2}$	spostamento relativo tra le parti i e j dovuto agli spostamenti relativi del terreno, valutato secondo il paragrafo 3.2.3.3 delle NTC08, nell'ipotesi di moto indipendente.

Il valore dello spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo (d_g) può ottenersi utilizzando l'espressione seguente:

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

Per zone caratterizzate da $a_g(\text{SLV}) \geq 0.25 \text{ g}$, quali quelle in esame, per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del suolo, il valore di E_L dovrà essere assunto non minore di:

$$E_L \geq 3.30 \cdot \frac{L}{1000} + 0.10 \quad \text{e} \quad E_L \geq 0.15 \text{ m}$$

Dove L è la lunghezza del ponte.

Tali limiti sono riportati nella figura seguente (fig. 5.2.2.1.5.1 (§[D_10])):

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	226

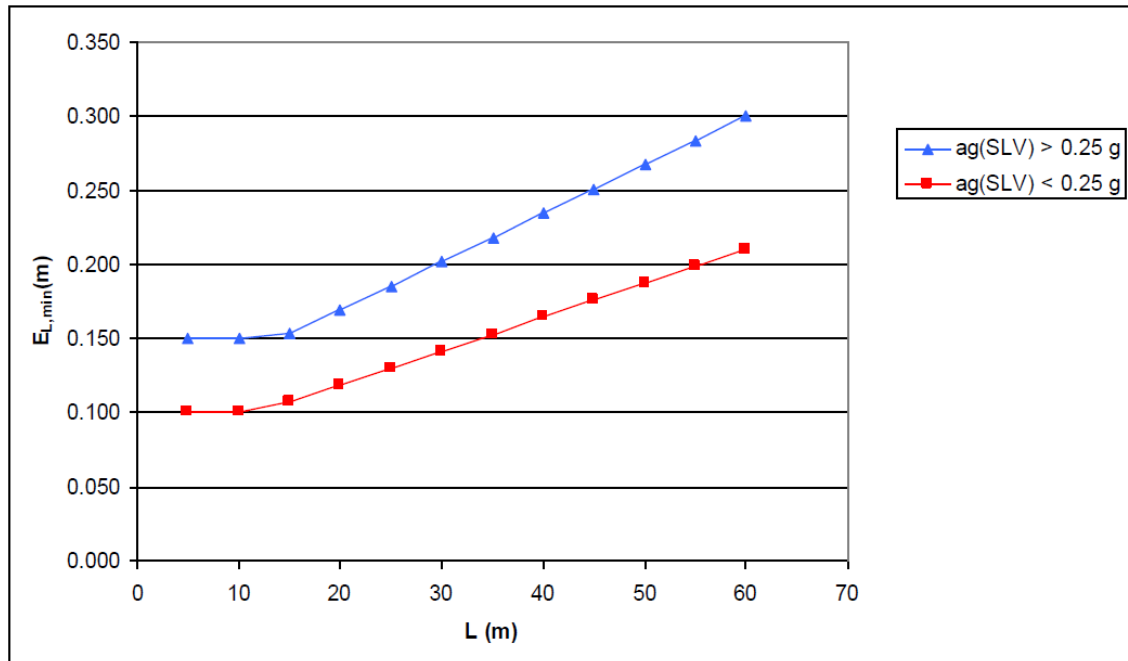


Figura 16.1 – Valori minimi E_L

La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a:

$$S_{app_min} = \pm (E_L / 2 + E_L / 8)$$

con un minimo di:

$$S_{app_min} = \pm (E_L / 2 + 15 \text{ mm})$$

il giunto tra le testate di due impalcati adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a:

$$d_{giunti_min} = \pm (E_L / 2 + 10 \text{ mm})$$

il varco da prevedere tra le testate di due impalcati adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:

$$V \geq E_L / 2 + 20 \text{ mm}$$

I ritegni sismici longitudinali devono essere disposti ad una distanza dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile, pari a:

$$d_{rit_min} = V - 10 \text{ mm} = E_L / 2 + 10 \text{ mm}$$

La superficie di potenziale contatto tra la trave ed il ritegno sarà rivestita con un cuscinetto di neoprene armato e di spessore opportuno; la distanza fra il cuscinetto di neoprene e la superficie della trave dovrà essere limitata a $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ per i ritegni trasversali e quelli longitudinali lato appoggio fisso, mentre per i ritegni longitudinali lato appoggio mobile a d_{rit_min} con tolleranza $\pm 2 \text{ mm}$.

Nel caso in esame si ha:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	227

Dati	Var	unità	
Lunghezza complessiva campata	Lcamp	m	25.00
Variatione termica di progetto	Dt	°	22.50
coefficiente di variazione termica	a		0.000010
accelerazione al suolo	a _g	m/sec ²	2.47
Categoria di Sottosuolo	Cat_S		D
velocità di propagazione delle onde di taglio	vs	m/sec	200.0
Parametro S	S		1.48
Periodo T _C	T _C	sec	0.732
Periodo T _D	T _D	sec	2.607
Periodo proprio dell'oscillatore semplice	T ₁	sec	0.115
Fattore di comportamento	q		1.50
fattore di duttilità in spostamento	μd		3.50
spostamento sismico di progetto fornito dall'analisi	dEd	mm	1.6
spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo: 0.025 · a _g · S · T _C · T _D	dg	mm	174.1
spostamento relativo massimo: 1.25 · 2 ^{0.5} · dg	dij,max	mm	307.8
spostamento relativo tra fondazioni adiacenti: dij,max · Lcamp · 2.3 / vs	deg	mm	88.5

Escursione totale giunti ed apparecchi di appoggio in dir. Longitudinale	Var	unità	
spostamento dovuto alla variazione termica uniforme: 2 · (a · Dt · Lcamp)	E1	mm	11.3
spostamento dovuto alla risposta all'azione sismica: 4 · dEd · 0.55	E2	mm	3.5
spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni	E3	mm	177.0
escursione totale dei giunti ed apparecchi di appoggio: 0.45 · (E1 + E2 + E3)	EL	mm	86.3
valore minimo dell'escursione longitudinale: max(3.3 Lcamp/1000 + 0.10; 0.15)	Elmin	mm	182.5
escursione totale di progetto:	EL	mm	182.5

Corsa degli apparecchi di appoggio mobili	Var	unità	
Corsa minima degli apparecchi di appoggio mobili: ± max (EL/2 + EL/8; EL/2 + 1)	sapp_min	mm	± 114.1
Corsa di progetto degli apparecchi di appoggio mobili:	sapp_prog	mm	± 120

Escursione dei giunti	Var	unità	
escursione minima totale giunti tra campate adiacenti: ± (EL/2 + 10 mm)	sgianti_min	mm	± 101.3
escursione di progetto giunti tra campate adiacenti:	sgianti_prog	mm	± 110

Ampiezza dei varchi	Var	unità	
ampiezza minima del varco tra testate impalcato adiacenti: ± (EL/2 + 20 mm)	dvarco_min	mm	111.3
ampiezza di progetto del varco tra testate impalcato adiacenti:	dvarco_prog	mm	120

distanza tra ritegni longitudinali - travi	Var	unità	
distanza minima ritegni longitudinali - travi	drit_min	mm	± 101.3
distanza di progetto ritegni longitudinali - travi	drit_prog	mm	± 110

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	228

17. VALIDAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE CON CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO

Il controllo dei risultati delle analisi numeriche effettuate con l'ausilio del programma di calcolo SAP2000P è stato effettuato attraverso:

- Confronto delle reazioni vincolari fornite dal modello per azioni elementari, con il calcolo manuale dei carichi applicati;
- Confronto delle caratteristiche della sollecitazione in mezzera ed agli appoggi, per effetto delle azioni elementari, con quelle calcolate manualmente.

Il confronto è stato limitato alle condizioni di carico maggiormente significative.

17.1 Confronto delle reazioni vincolari

Peso proprio delle travi prefabbricate:

Il peso complessivo della trave di bordo è pari a:

Pg1a = 871.14 kN vedi paragrafo 8.1.1

Il modello 1a fornisce le seguenti reazioni vincolari:

TABLE: Joint Reactions							
Joint	Output	Cas	Case	Type	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	G1a			LinStatic	0.0	0.0	436.2
2	G1a			LinStatic	0.0	0.0	436.2
					0.0	0.0	872.3

Peso proprio della soletta:

Il peso al metro lineare della soletta è pari a:

pg1b = 119.68 kN/m vedi paragrafo 8.1.2

Considerando una lunghezza complessiva pari a 24.375 m, pari a quella delle travi modellate, si ha:

Pg1b = 119.68 x 24.375 = 2917.2 kN

Il modello 1b fornisce le seguenti reazioni vincolari:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	229

peso proprio soletta

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	g1b	LinStatic	0.0	0.0	475.7
2	g1b	LinStatic	0.0	0.4	254.3
3	g1b	LinStatic	0.0	-0.4	254.3
4	g1b	LinStatic	0.0	0.0	475.7
5	g1b	LinStatic	0.0	0.0	475.6
6	g1b	LinStatic	0.0	0.0	254.3
7	g1b	LinStatic	0.0	0.0	254.3
8	g1b	LinStatic	0.0	0.0	475.6
			0.0	0.0	2919.6

Permanenti portati:

Il peso al metro lineare relativo ai carichi permanenti portati è pari a:

$pg_2 = 75.98 \text{ kN/m}$ vedi paragrafo 8.1.3

La soletta è schematizzata attraverso 25 travate, trasversali all'asse delle travi, di larghezza pari a 0.95 m e due travate di larghezza 0.625 m alle estremità, corrispondenti ad una lunghezza complessiva pari a 25.0 m, pertanto, si ha:

$Pg_2 = 75.98 \times 25.0 = 1899.5 \text{ kN}$

Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

permanenti portati

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	g2	LinStatic	0.0	0.0	495.7
2	g2	LinStatic	-0.4	-8.4	-21.2
3	g2	LinStatic	0.4	8.3	-21.0
4	g2	LinStatic	0.0	0.0	495.8
5	g2	LinStatic	0.0	0.0	498.0
6	g2	LinStatic	0.0	0.0	-23.4
7	g2	LinStatic	0.0	0.0	-23.4
8	g2	LinStatic	0.0	0.0	498.1
			0.0	0.0	1898.7

Ballast:

Il peso al metro lineare relativo ai carichi permanenti portati è pari a:

$pg_b = 131.20 \text{ kN/m}$ vedi paragrafo 8.1.4

Pertanto, si ha:

$Pg_b = 131.2 \times 25.0 = 3280 \text{ kN}$

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	230

Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

ballast

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCas	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	gb	LinStatic	0.0	0.0	363.7
2	gb	LinStatic	0.1	1.1	456.4
3	gb	LinStatic	-0.1	-1.1	456.3
4	gb	LinStatic	0.0	0.0	363.7
5	gb	LinStatic	0.0	0.0	363.3
6	gb	LinStatic	0.0	0.0	456.7
7	gb	LinStatic	0.0	0.0	456.7
8	gb	LinStatic	0.0	0.0	363.3
			0.0	0.0	3280.0

Azioni variabili verticali – LM71:

Gli effetti generati dai carichi dei treni sono stati determinati attraverso apposito modulo del programma di carico che analizza gli effetti di carichi viaggianti lungo lo sviluppo dell'impalcato.

Le reazioni fornite dal modello sono l'involuppo di tutte le possibili posizioni del treno di carico.

Il confronto viene effettuato relativamente alla somma delle reazioni vincolari in ciascun allineamento di appoggio.

Le reazioni vincolari generate dall'applicazione del carico LM71 comprensivo del coefficiente di adattamento e dinamizzato sono pari a:

$$RLM71a = 1.202 \times 1.1 \times [250 \times (23.9 + 22.3 + 20.7 + 19.1) + 80 \times 18.3^2 / 2] / 22.80 = 2023.6 \text{ kN}$$

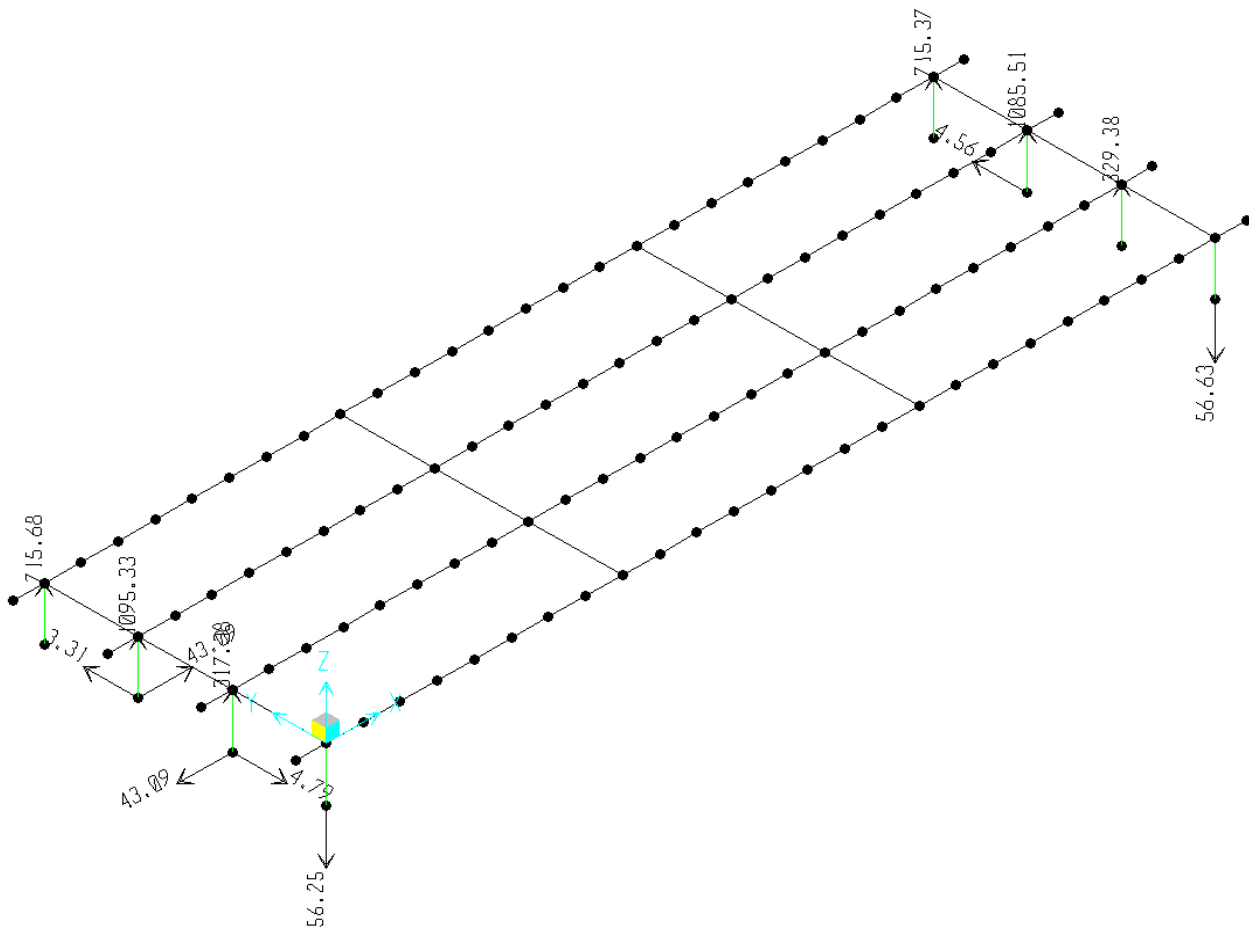
Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
 LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	231



La somma delle reazioni vincolari dell'allineamento 1 è pari a:
 $RLM71_1 = 715.68 + 1095.33 + 317.38 - 56.25 = 2072.1 \text{ kN}$

La somma delle reazioni vincolari dell'allineamento 2 è pari a:
 $RLM71_2 = 715.37 + 1085.51 + 329.38 - 56.63 = 2073.6 \text{ kN}$

Azioni variabili verticali – SW/2:

Le reazioni vincolari generate dall'applicazione del carico SW/2 dinamizzato sono pari a:

$$RLM71a = 1.202 \times 150 \times 23.9^2 / 2 / 22.80 = 2258.5 \text{ kN}$$

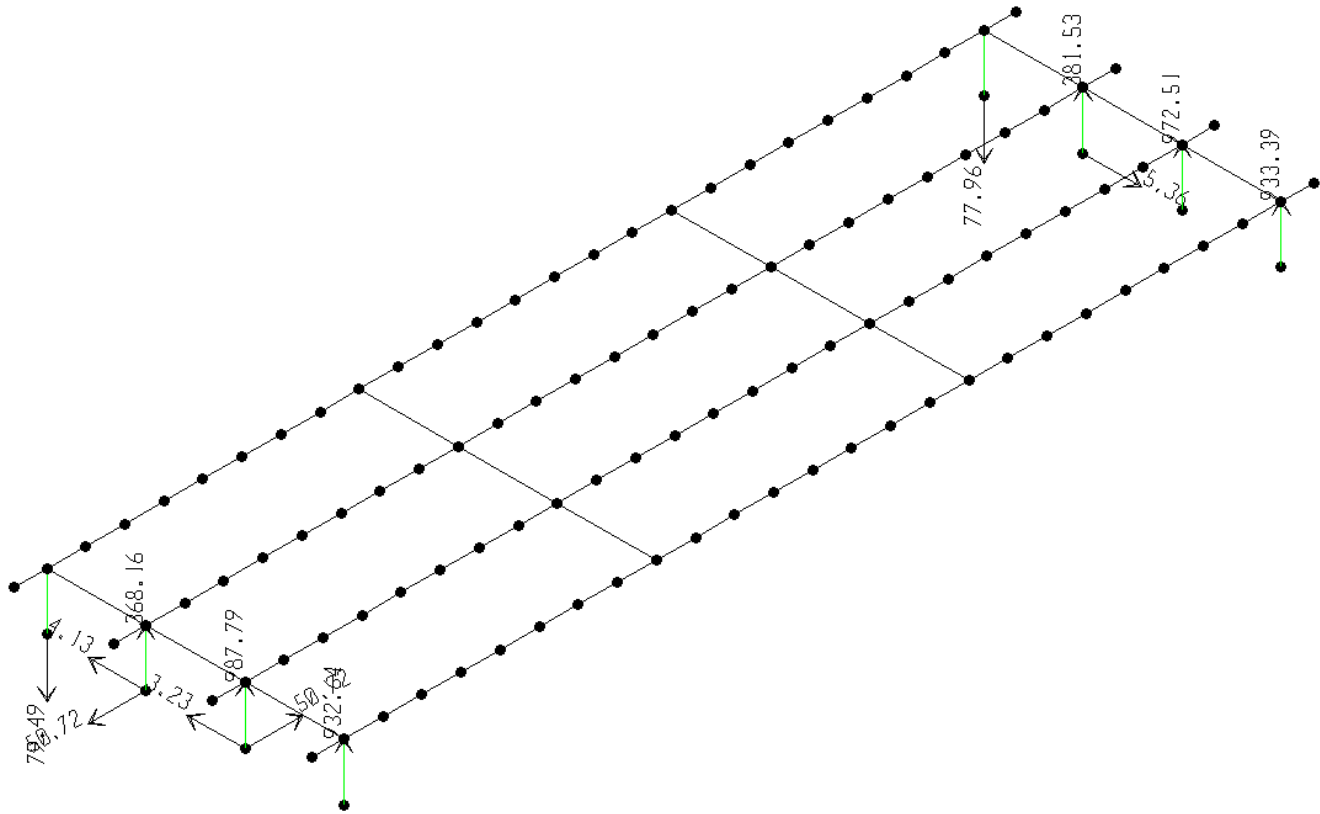
Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	232



La somma delle reazioni vincolari dell'allineamento 1 è pari a:
 $RSW/2_1 = 932.64 + 987.79 + 368.16 - 79.49 = 2209.1 \text{ kN}$

La somma delle reazioni vincolari dell'allineamento 2 è pari a:
 $RSW/2_2 = 933.39 + 972.51 + 381.53 - 77.96 = 2279.5 \text{ kN}$

Forza Centrifuga :

I carichi uniformemente distribuiti relativi alla forza centrifuga per passaggio di treni LM71 e SW/2 sono i seguenti:

Carico SW/2: $q_{tk} = 5.37 \text{ kN/m}$ vedi paragrafo 8.2.3

Carico LM71: $q_{tk} = 10.82 \text{ kN/m}$

Pertanto, le risultanti delle forze orizzontali trasversali sono pari a:

$Hq_{tk_SW/2} = 5.37 \times 25.0 = 134.3 \text{ kN}$

$Hq_{tk_LM71} = 10.82 \times 25.0 = 270.5 \text{ kN}$

Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	233

Forza centrifuga SW/2

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCas	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	q4_SW2	LinStatic	0.0	0.0	69.1
2	q4_SW2	LinStatic	-0.4	33.2	-25.9
3	q4_SW2	LinStatic	0.4	33.9	-13.5
4	q4_SW2	LinStatic	0.0	0.0	-29.7
5	q4_SW2	LinStatic	0.0	0.0	59.9
6	q4_SW2	LinStatic	0.0	0.0	-16.6
7	q4_SW2	LinStatic	0.0	67.2	-4.4
8	q4_SW2	LinStatic	0.0	0.0	-38.9
			0.0	134.2	0.0

Forza centrifuga LM71

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCas	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	q4_LM71	LinStatic	0.0	0.0	59.6
2	q4_LM71	LinStatic	-0.7	68.2	27.5
3	q4_LM71	LinStatic	0.7	66.9	52.5
4	q4_LM71	LinStatic	0.0	0.0	-139.5
5	q4_LM71	LinStatic	0.0	0.0	40.6
6	q4_LM71	LinStatic	0.0	0.0	46.6
7	q4_LM71	LinStatic	0.0	135.3	71.2
8	q4_LM71	LinStatic	0.0	0.0	-158.5
			0.0	270.5	0.0

La risultante delle forze verticali è correttamente nulla in entrambi i casi.

Azione laterale (Serpeggio):

Le azioni orizzontali relative al Serpeggio sono le seguenti:

Carico SW/2: Qtk = 100 kN vedi paragrafo 8.2.4

Carico LM71: qtk = 100 x 1.1 = 110 kN

Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	234

Serpeggio LM71

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	Case Type	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	q5_LM71b	LinStatic	0.0	0.0	14.9
2	q5_LM71b	LinStatic	-1.1	27.5	7.8
3	q5_LM71b	LinStatic	1.1	27.4	36.8
4	q5_LM71b	LinStatic	0.0	0.0	-59.5
5	q5_LM71b	LinStatic	0.0	0.0	7.4
6	q5_LM71b	LinStatic	0.0	0.0	14.5
7	q5_LM71b	LinStatic	0.0	55.1	2.2
8	q5_LM71b	LinStatic	0.0	0.0	-24.2
			0.0	110.0	0.0

Serpeggio SW/2

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	Case Type	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	q5_SW2b	LinStatic	0.0	0.0	54.0
2	q5_SW2b	LinStatic	-1.0	24.9	-33.3
3	q5_SW2b	LinStatic	1.0	25.0	-7.0
4	q5_SW2b	LinStatic	0.0	0.0	-13.6
5	q5_SW2b	LinStatic	0.0	0.0	8.0
6	q5_SW2b	LinStatic	0.0	0.0	12.0
7	q5_SW2b	LinStatic	0.0	50.1	0.8
8	q5_SW2b	LinStatic	0.0	0.0	-20.8
			0.0	100.0	0.0

La risultante delle forze verticali è correttamente nulla in entrambi i casi.

Azioni del vento:

I carichi uniformemente distribuiti relativi al vento sono i seguenti:

La forza orizzontale agente sul lato direttamente esposto al vento è pari a:

$$F_{wk1} = 19.53 \text{ kN/m} \quad \text{vedi paragrafo 8.3.1}$$

La forza orizzontale agente sulla barriera antirumore sul lato opposto è pari a:

$$F_{wk2} = 12.90 \text{ kN/m}$$

Pertanto, la risultante delle forze orizzontali trasversali è pari a:

$$HF_{wk1} = 19.53 \times 25.0 + 12.90 \times 25.0 = 488.3 + 322.5 = 810.8 \text{ kN}$$

Il modello 2 fornisce le seguenti reazioni vincolari:

LINEA PESCARA – BARI**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	235

Vento**TABLE: Joint Reactions**

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	q6_vento	LinStatic	0.0	0.0	253.1
2	q6_vento	LinStatic	-1.0	202.4	-8.9
3	q6_vento	LinStatic	1.0	202.9	-0.3
4	q6_vento	LinStatic	0.0	0.0	-243.8
5	q6_vento	LinStatic	0.0	0.0	196.8
6	q6_vento	LinStatic	0.0	0.0	47.6
7	q6_vento	LinStatic	0.0	405.5	55.7
8	q6_vento	LinStatic	0.0	0.0	-300.1
			0.0	810.8	0.0

La risultante delle forze verticali è correttamente nulla.

17.2 Confronto delle caratteristiche della sollecitazione

Le sollecitazioni nelle sezioni di verifica fornite dai modelli di calcolo sono riepilogate al paragrafo 11.3.

Peso proprio delle travi prefabbricate:

Il momento flettente in mezzera è pari a:

$$Mg1a = 435.6 \times 11.4 - [56.0 \times 1.0 \times (11.4-0.5) + 27.25 \times 11.152 / 2 + (49.25-27.25) \times 1.55/2 \times (19.2/2+2/3 \times 1.55) + 31.03 \times 11.4 + 27.65 \times 7.6] = 1916.4 \text{ kNm}$$

Il momento flettente in mezzera fornito dal modello 1a è:

$$Mg1a = 1980 \text{ kNm}$$

Il taglio all'appoggio è pari a:

$$Vg1a = 435.6 - (56.0 \times 0.75 + 31.03) = 362.6 \text{ kN}$$

Il taglio all'appoggio fornito dal modello 1a è:

$$Mg1a = 363.4 \text{ kN}$$

Peso proprio soletta:

Il peso della soletta agisce sul graticcio formato dalle travi e dei trasversi.

La ripartizione dei carichi sulle travi viene effettuato con il metodo di Massonet a partire dai valori dei carichi direttamente applicati alle travi (vedi paragrafo 10.4.2).

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	236

Caratteristiche geometriche del graticcio	var	unità	
Luce di calcolo	Lc	m	22.80
Semilarghezza impalcato	b	m	3.62
numero di travi	nt		4
Interasse travi	b0	m	2.41
Interasse trasversi	l0	m	7.60
Momento d'inerzia flessionale travi	Ip	m4	0.5822
Costante di torsione travi	Kp	m4	0.0159
Momento d'inerzia flessionale trasversi	Ie	m4	0.1580
Costante di torsione trasversi	Kp	m4	0.0183
Modulo di Young travi	Ep	Mpa	36283
Modulo di taglio travi	Gp	Mpa	15118
Modulo di Young trasversi	Ee	Mpa	36283
Modulo di taglio trasversi	Ge	Mpa	15118
parametro di rigidezza flessionale travi	$\delta p = E_p I_p / b_0$	kNm	8765175
parametro di rigidezza torsionale travi	$\gamma p = G_p K_p / b_0$	kNm	99741
parametro di rigidezza flessionale trasversi	$\delta e = E_e I_e / l_0$	kNm	754308
parametro di rigidezza torsionale trasversi	$\gamma e = G_e K_e / l_0$	kNm	36403

parametro di torsione alpha	α	0.026
parametro di irrigidimento Teta	θ	0.293

Coefficienti di ripartizione per alpha = 0 (K0)

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-3.62	-1.21	1.21	3.62
Trave	y (m)				
1	-3.62	4.107	1.959	-0.026	-1.920
2	-1.21	1.959	1.351	0.674	-0.026
3	1.21	-0.026	0.674	1.351	1.959
4	3.62	-1.920	-0.026	1.959	4.107

Coefficienti di ripartizione per alpha = 1 (K1)

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-3.62	-1.21	1.21	3.615
Trave	y (m)				
1	-3.62	1.427	1.102	0.858	0.685
2	-1.21	1.102	1.058	0.957	0.858
3	1.21	0.858	0.957	1.058	1.102
4	3.62	0.685	0.858	1.102	1.427

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	237

Coefficienti di ripartizione $K\alpha = K0 + (K1-K0) \alpha^{1/2}$

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-3.62	-1.21	1.21	3.615
Trave	y (m)				
1	-3.62	3.671	1.820	0.118	-1.496
2	-1.21	1.820	1.304	0.720	0.118
3	1.21	0.118	0.720	1.304	1.820
4	3.62	-1.496	0.118	1.820	3.671

Carichi sulle travi

Carico	q applicato (kN/m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		36.87	23.02	23.02	36.87
Trave	y (m)	q travi			
1	-3.62	31.194			
2	-1.21	29.507			
3	1.21	29.507			
4	3.62	31.194			

Il carico verticale sulla trave di bordo è pari a:

$$qg1b = 31.19 \text{ kN/m}$$

Il momento flettente in mezzeria è pari a:

$$Mg1b = 31.19 \times 24.375 / 2 \times 11.40 - 31.19 \times 24.375^2 / 8 = 2017.0 \text{ kNm}$$

Il momento flettente in mezzeria fornito dal modello 1b è:

$$Mg1b = 2026.2 \text{ kNm}$$

Il taglio all'appoggio è pari a:

$$Vg1b = 31.19 \times 11.40 = 355.6 \text{ kN}$$

Il taglio all'appoggio fornito dal modello 1b è:

$$Vg1b = 375.3 \text{ kN}$$

Permanenti portati:

Il permanenti portati agiscono sul graticcio in configurazione finale.

La ripartizione dei carichi concentrati viene effettuato con il metodo di Massonet a partire dai valori dei carichi direttamente applicati alle travi (vedi paragrafo 10.4.3).

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	238

Caratteristiche geometriche del graticcio	var	unità	
Luce di calcolo	Lc	m	22.80
Semilarghezza impalcato	b	m	3.62
numero di travi	nt		4
Interasse travi	b0	m	2.41
Interasse trasversi	l0	m	7.60
Momento d'inerzia flessionale travi	Ip	m4	1.2836
Costante di torsione travi	Kp	m4	1.0320
Momento d'inerzia flessionale trasversi	Ie	m4	0.4259
Costante di torsione trasversi	Kp	m4	0.0050
Modulo di Young travi	Ep	Mpa	36283
Modulo di taglio travi	Gp	Mpa	15118
Modulo di Young trasversi	Ee	Mpa	32837
Modulo di taglio trasversi	Ge	Mpa	13682
parametro di rigidezza flessionale travi	$\delta p = E_p I_p / b_0$	kNm	19324938
parametro di rigidezza torsionale travi	$\gamma p = G_p K_p / b_0$	kNm	6473764
parametro di rigidezza flessionale trasversi	$\delta e = E_e I_e / l_0$	kNm	1840080
parametro di rigidezza torsionale trasversi	$\gamma e = G_e K_e / l_0$	kNm	8939

parametro di torsione alpha	α	0.544
parametro di irrigidimento Teta	θ	0.285

Coefficienti di ripartizione per alpha = 0 (K0)

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-6.53	-4.33	4.33	6.53
Trave	y (m)				
1	-3.62	6.678	4.743	-2.490	-4.194
2	-1.21	2.669	2.142	-0.231	-0.865
3	1.21	-0.865	-0.231	2.142	2.669
4	3.62	-4.194	-2.490	4.743	6.678

Coefficienti di ripartizione per alpha = 1 (K1)

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-6.53	-4.33	4.33	6.53
Trave	y (m)				
1	-3.62	1.856	1.504	0.651	0.471
2	-1.21	1.134	1.109	0.838	0.727
3	1.21	0.727	0.838	1.109	1.134
4	3.62	0.471	0.651	1.504	1.856

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	239

Coefficienti di ripartizione $K\alpha = K0 + (K1-K0) \alpha^{1/2}$

Carico		1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
e(m)		-6.53	-4.33	4.33	6.53
Trave	y (m)				
1	-3.62	3.123	2.355	-0.174	-0.755
2	-1.21	1.537	1.380	0.557	0.309
3	1.21	0.309	0.557	1.380	1.537
4	3.62	-0.755	-0.174	2.355	3.123

Carichi sulle travi

Carico		1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
q applicato (kN/m)		24.06	7.00	7.00	24.06
Trave	y (m)	q travi			
1	-3.62	18.060			
2	-1.21	14.496			
3	1.21	14.496			
4	3.62	18.060			

Il carico verticale sulla trave di bordo è quindi pari a:

$$qg2 = 18.06 + 0.05 \times 24 \times 2.41 = 20.95 \text{ kN/m}$$

Il momento flettente in mezzeria è pari a:

$$Mg2 = 20.95 \times 25.0 / 2 \times 11.40 - 20.95 \times 25.0^2 / 8 = 1348.7 \text{ kNm}$$

Il momento flettente in mezzeria fornito dal modello 2 è:

$$Mg2 = 1344.7 \text{ kNm}$$

Il taglio all'appoggio è pari a:

$$Vg2 = 20.95 \times 11.40 = 238.8 \text{ kN}$$

Il taglio all'appoggio fornito dal modello 2 è:

$$Vg2 = 253.6 \text{ kN}$$

Ballast:

Il peso del ballast agisce sul graticcio in configurazione finale.

La ripartizione dei carichi viene effettuato con il metodo di Massonet a partire dai valori del carico applicato alle travi centrali.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA**

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	240

Caratteristiche geometriche del graticcio	var	unità	
Luce di calcolo	Lc	m	22.80
Semilarghezza impalcato	b	m	3.62
numero di travi	nt		4
Interasse travi	b0	m	2.41
Interasse trasversi	l0	m	7.60
Momento d'inerzia flessionale travi	Ip	m ⁴	1.2836
Costante di torsione travi	Kp	m ⁴	1.0320
Momento d'inerzia flessionale trasversi	Ie	m ⁴	0.4259
Costante di torsione trasversi	Kp	m ⁴	0.0050
Modulo di Young travi	Ep	Mpa	36283
Modulo di taglio travi	Gp	Mpa	15118
Modulo di Young trasversi	Ee	Mpa	32837
Modulo di taglio trasversi	Ge	Mpa	13682
parametro di rigidezza flessionale travi	$\delta p = E_p I_p / b_0$	kNm	19324938
parametro di rigidezza torsionale travi	$\gamma p = G_p K_p / b_0$	kNm	6473764
parametro di rigidezza flessionale trasversi	$\delta e = E_e I_e / l_0$	kNm	1840080
parametro di rigidezza torsionale trasversi	$\gamma e = G_e K_e / l_0$	kNm	8939

parametro di torsione alpha	α	0.544
parametro di irrigidimento Teta	θ	0.285

Coefficienti di ripartizione per alpha = 0 (K0)

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-1.21	1.21		
Trave	y (m)				
1	-3.62	1.963	-0.024	0.953	0.953
2	-1.21	1.350	0.673	1.018	1.018
3	1.21	0.673	1.350	1.018	1.018
4	3.62	-0.024	1.963	0.953	0.953

Coefficienti di ripartizione per alpha = 1 (K1)

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-1.21	1.21	0.00	0
Trave	y (m)				
1	-3.62	1.099	0.864	0.971	0.971
2	-1.21	1.055	0.959	1.011	1.011
3	1.21	0.959	1.055	1.011	1.011
4	3.62	0.864	1.099	0.971	0.971

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	241

Coefficienti di ripartizione $K\alpha = K0 + (K1-K0) \alpha^{1/2}$

Carico	e(m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		-1.21	1.21	0.00	0
Trave	y (m)				
1	-3.62	1.326	0.631	0.966	0.966
2	-1.21	1.132	0.884	1.013	1.013
3	1.21	0.884	1.132	1.013	1.013
4	3.62	0.631	1.326	0.966	0.966

Carichi sulle travi

Carico	q applicato (kN/m)	1°col.	2°col.	3°col.	4°col.
		65.60	65.60		
Trave	y (m)	q travi			
1	-3.62	32.094			
2	-1.21	33.073			
3	1.21	33.073			
4	3.62	32.094			

Il carico verticale sulla trave di bordo è quindi pari a:

$$q_{gb} = 32.09 \text{ kN/m}$$

Il momento flettente in mezzeria è pari a:

$$M_{gb} = 32.09 \times 25.0 / 2 \times 11.40 - 32.09 \times 25.0^2 / 8 = 2065.8 \text{ kNm}$$

Il momento flettente in mezzeria fornito dal modello 2 è:

$$M_{gb} = 2086.3 \text{ kNm}$$

Il taglio all'appoggio è pari a:

$$V_{gb} = 32.09 \times 11.40 = 365.8 \text{ kN}$$

Il taglio all'appoggio fornito dal modello 2 è:

$$V_{gb} = 339.7 \text{ kN}$$

Azioni variabili verticali – Carichi SW/2 e LM71:

I carichi mobili agiscono sul graticcio in configurazione finale.

I coefficienti di ripartizione dei carichi tra le travi sono valutati con il metodo di Massonet.

Per carico unitario con eccentricità di 2.0 m dall'asse dell'impalcato (SW/2), sulla trave di bordo si ottiene:

$$K_{t1} = 0.394$$

Per carico unitario con eccentricità di (-2.0+0.08) m dall'asse dell'impalcato (LM71), sulla trave di bordo si ottiene:

$$K_{t2} = 0.110$$

Il momento flettente in mezzeria della trave di bordo è pari a:

$$M_{SW/2+LM71} = 0.394 \times [150.0 \times 25.0 / 2 \times 11.40 - 150.0 \times 25.0^2 / 8] + 0.110 \times [1271.6 \times 11.40 - [88.0 \times 8.2 \times (12.5 - 8.20/2) + 275.0 \times (2.4 + 0.8)]] = 4722.2 \times 1.202 = 5676.1 \text{ kNm}$$

	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA
--	--

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	242

Il momento flettente in mezzeria fornito dal modello 2 è effetto dei carichi SW/2 ed LM71 comprensivi del coefficiente di adattamento e dinamizzati è:
 $MSW/2+LM71 = 5387.1 \text{ kNm}$

17.3 Conclusioni

I confronti effettuati evidenziano l'ottimo accordo tra i risultati ottenuti e quelli desunti attraverso calcoli manuali e/o valutazioni semplificate.

LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	243

18. DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 NTC08)

18.1 Tipo di analisi svolte

Le analisi strutturali e le verifiche per il dimensionamento delle strutture sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico. Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato ricorrendo a modelli piani e a graticcio in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi monodimensionali di tipo "beam".

I vincoli esterni sono costituiti da semplici appoggi.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui le opere saranno soggette.

18.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

ANALISI STRUTTURALE

Nome del Software: SAP2000 14 Advanced

Produttore: CSI Computer & Structures, Inc 1995 University Avenue Berkley, CA

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l. – Licenza N° S15307

VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Nome del Software: RC-SEC

Produttore: GEOSTRU

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l.

18.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene esaurienti descrizioni delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati con l'individuazione dei campi d'impiego.

18.4 Modalità di presentazione dei risultati

Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

18.5 Informazioni generali sull'elaborazione

Il codice di calcolo SAP2000 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.

18.6 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.

	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA
--	--

Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI07	01	E	ZZ	CL	VI	01	00	001	B	244

In base a quanto sopra, il Progettista delle Strutture asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.