

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Relazione di calcolo

INTERAZIONE STATICA TRENO – BINARIO – STRUTTURA

SCALA:

-

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


I A 5 F 0 1 D 0 9 C L V I 0 8 0 0 0 0 6 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	L. Genca <i>L. Genca</i>	Luglio 2019	F. Bonifacio <i>F. Bonifacio</i>	Luglio 2019	F. Gernone <i>F. Gernone</i>	Luglio 2019	A. Vicozzi <i>A. Vicozzi</i>	Luglio 2019

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vicozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: IA5F01D09CLVI0800006A.docx

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3	VIADOTTO GRAVINA	3
4	CRITERI DI MODELLAZIONE	5
4.1	ARMAMENTO.....	7
4.2	IMPALCATO IN C.A.P.	8
4.3	IMPALCATO METALLICO	9
4.4	SCHEMA APPOGGI	9
4.5	SOTTOSTRUTTURE	10
5	ANALISI	11
5.1	AZIONI APPLICATE	11
5.1.1	<i>In assenza di giunto di binario</i>	11
5.1.2	<i>Con giunto di binario</i>	13
5.2	COMBINAZIONE DEI CARICHI	14
5.2.1	<i>In assenza di giunto di binario</i>	14
5.2.2	<i>Con giunto di binario</i>	15
5.3	RISULTATI	16
5.3.1	<i>In assenza di giunto di binario</i>	16
5.3.2	<i>Con giunto di binario</i>	20
6	CONCLUSIONI.....	23

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

1 PREMESSA

La presente relazione descrive gli effetti dovuti all'interazione statica treno-binario-struttura sul viadotto Gravina della linea Ferrandina – Matera.

Tale valutazione si inquadra nell'ambito della progettazione degli interventi di risanamento/manutenzione straordinaria e miglioramento sismico del viadotto in esame.

Trattandosi di opera esistente, per tali interventi, non è prevista variazione dei carichi di esercizio rispetto a quelli del progetto originario, il cui quadro di riferimento normativo, però, non forniva una metodologia di calcolo in merito agli effetti dell'interazione treno – binario – struttura.

Per la sicurezza della circolazione, data la complessità del viadotto in oggetto, le analisi sono state comunque condotte, ma con riferimento al quadro normativo attuale. Pertanto, sono da ritenersi valide esclusivamente per la valutazione delle tensioni di rotaia e degli spostamenti relativi binario – impalcato.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture

3 VIADOTTO GRAVINA

Il viadotto ferroviario in esame è a singolo binario ed è costituito da 21 campate in c.a.p. di luce pari a 30m, una travata reticolare metallica di luce L=80 m, e ancora 6 campate in c.a.p. di luce pari a 30m.

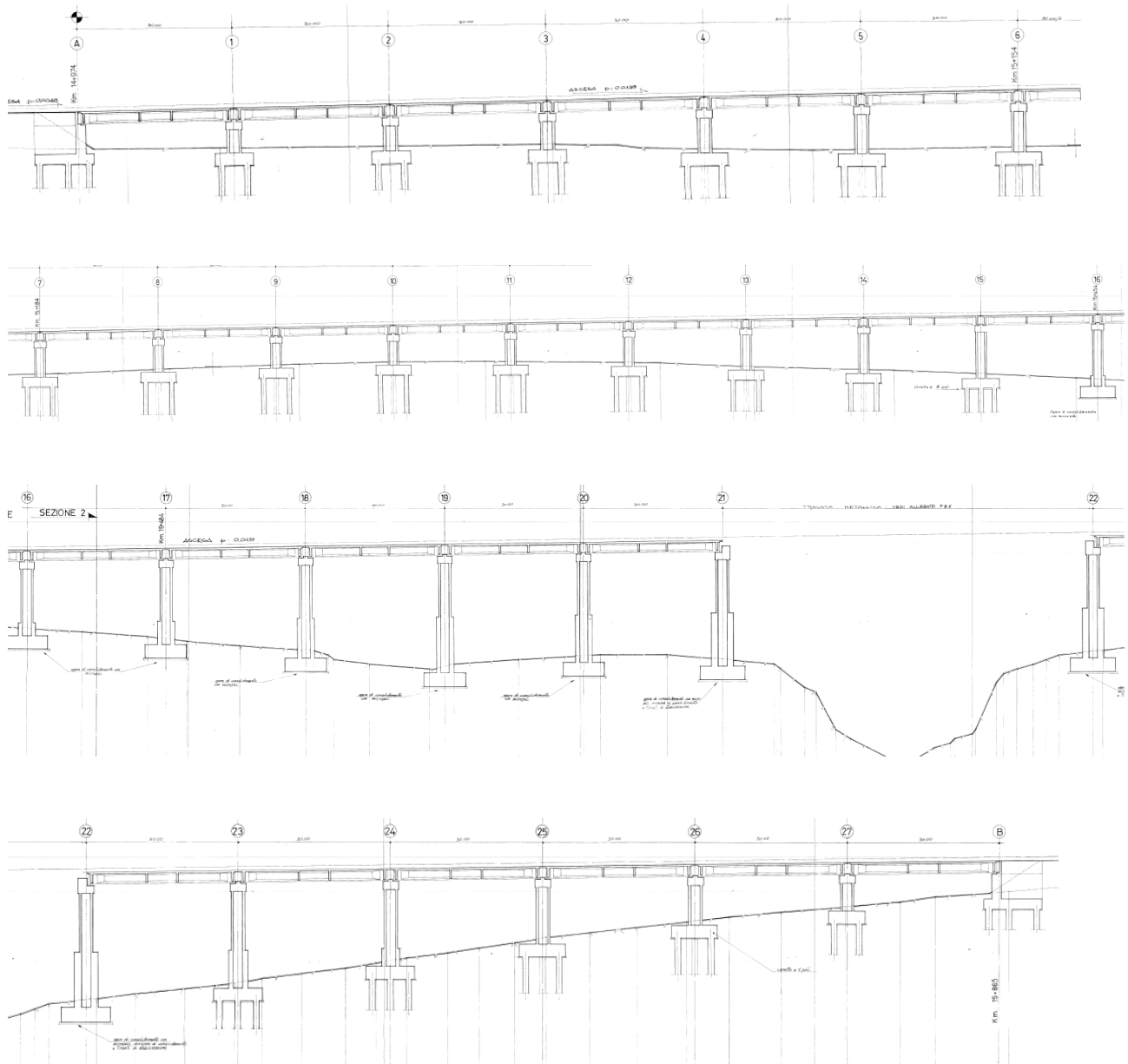


Figura 1_Prospetto VI Gravina

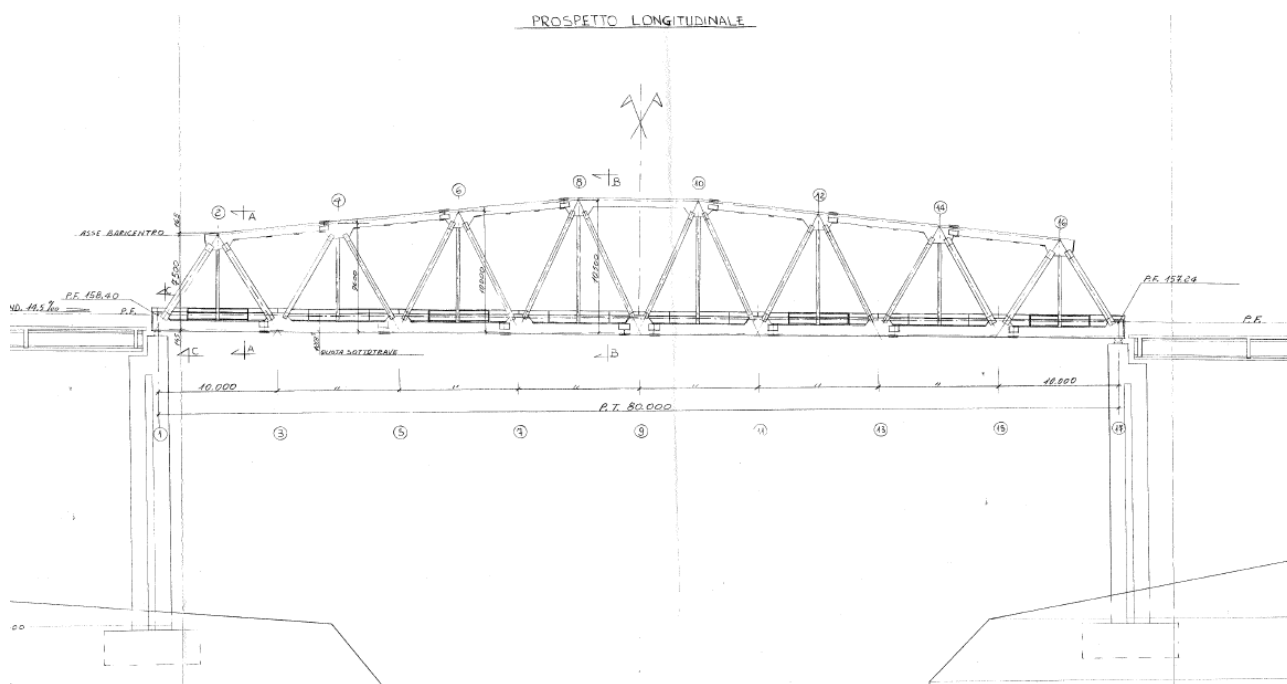


Figura 2_ Travata reticolare

La scansione delle campate, riprodotta nel modello di calcolo, è ridotta alla zona di interesse per l'interazione treno - binario – struttura, ovvero la transizione da impalcato di luce 30m in c.a.p e altezza delle pile poco variabile a una travata reticolare di luce 80m su pile alte circa 26m.

Si modellano, dunque, 100m di linea con armamento tipo ballast su impalcato, 8 campate in c.a.p., 1 travata reticolare, 6 campate in c.a.p. (spalla B), 100m di rilevato

Indicata con “x” la direzione longitudinale del viadotto, da sinistra verso destra, la scansione risulta la seguente:

	xi	xf	x app sx	x app dx	Lt	TIPOLOGIA	ARMAMENTO	SCHEMA APP
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]			
Impalcato	0	100			100	Impalcato	BALLAST - imp	
P13 - P14	100	130	101	129	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P14 - P15	130	160	131	159	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P15 - P16	160	190	161	189	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P16 - P17	190	220	191	219	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P17 - P18	220	250	221	249	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P18 - P19	250	280	251	279	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P19 - P20	280	310	281	309	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P20 - P21	310	340	311	339	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	F-M
P21 - P22	340	421	340,5	420,5	80	RETICOLARE	ATTACCO DIRETTO - imp	F-M
P22 - P23	421	451	422	450	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	M-F
P23 - P24	451	481	452	480	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	M-F
P24 - P25	481	511	482	510	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	M-F
P25 - P26	511	541	512	540	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	M-F
P26 - P27	541	571	542	570	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	M-F
P27 - SP B	571	601	572	600	28	IMP. CAP	BALLAST - imp	M-F
RILEVATO	601	701			100	Rilevato	BALLAST - ril	

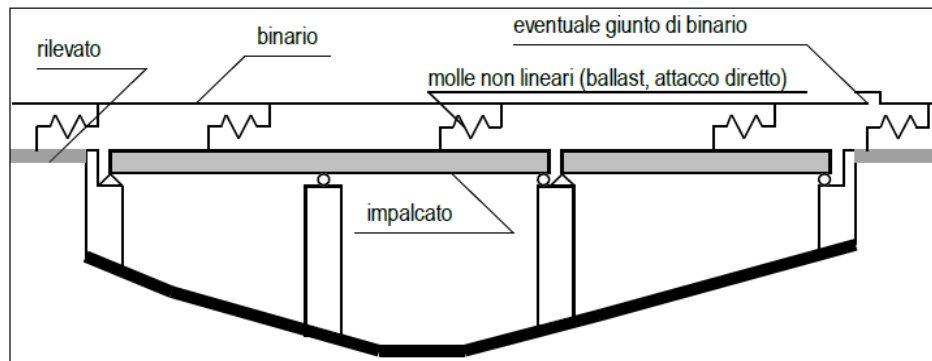
	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

X app sx/dx= posizione dei dispositivi di vincolo a inizio e fine della campata;

Sono modellati, in accordo alle prescrizioni normative [1], 100m di rilevato/impalcato prima e dopo il viadotto.

4 CRITERI DI MODELLAZIONE

Per la determinazione delle grandezze in esame, relative all'interazione statica treno-binario-struttura, viene sviluppato un modello agli elementi finiti nel rispetto dello schema seguente:



Per la sottostruttura, per l'impalcato e per le rotaie si assume un comportamento di tipo elastico mentre per l'interfaccia binario-struttura (ballast o attacco diretto) si assume una legge di tipo elasto-plastico a rigidezza e soglia, v. figura seguente, variabile in funzione del carico verticale applicato, in accordo a quanto riportato nel [1].

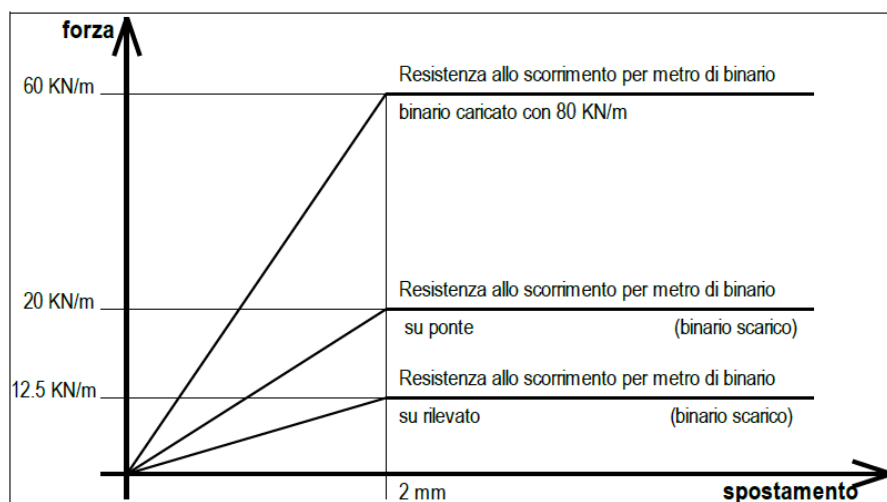



Fig. 2.5.1.4.5.3-5 - Legame forza-spostamento del ballast in direzione longitudinale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

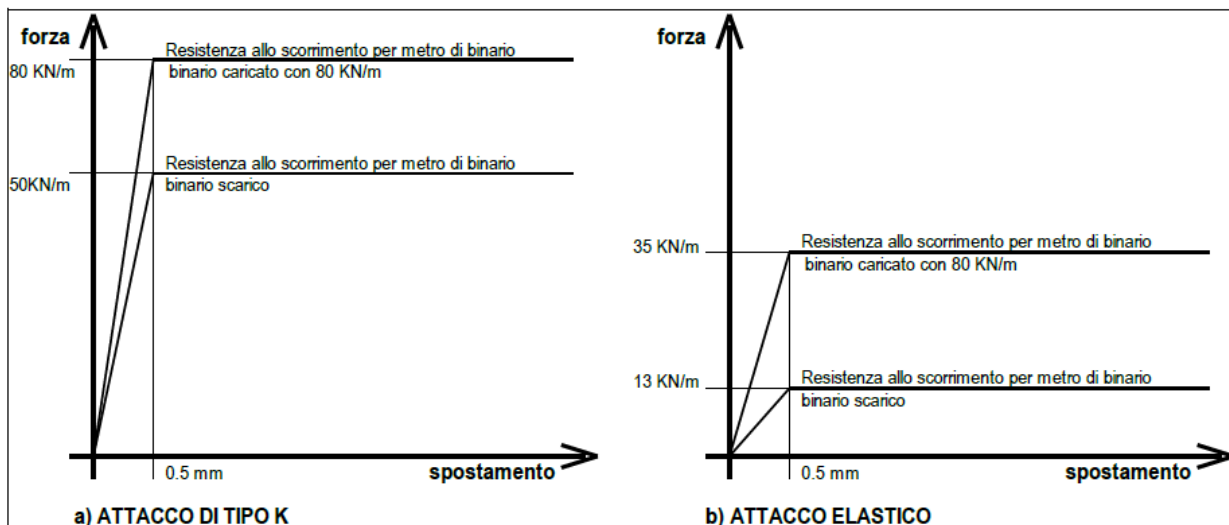
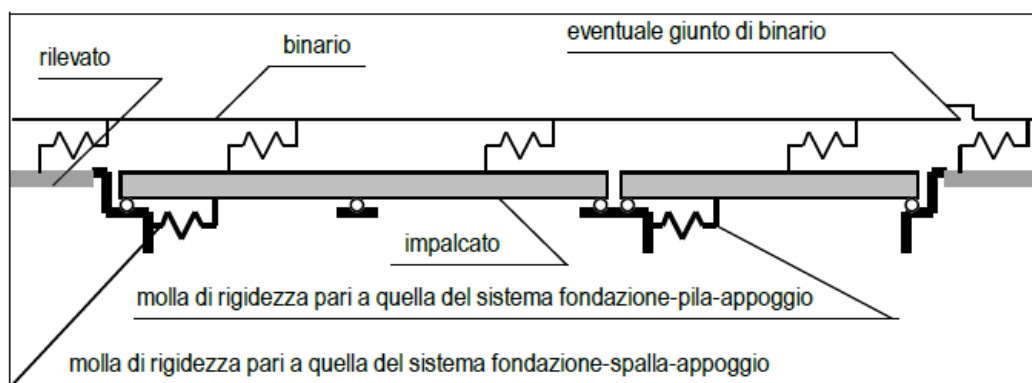


Fig. 2.5.1.4.5.3-6 - Resistenza allo scorrimento nel caso di posa diretta con attacco indiretto di tipo tradizionale e con attacco elastico con interasse nominale delle traverse di 0,60 m

Nella modellazione della sottostruttura si dovrà considerare il contributo alla deformabilità fornito da tutti i suoi componenti e precisamente dalla fondazione, dalla struttura della pila o della spalla, dall'apparecchio di appoggio.

Ai fini della semplificazione del modello, la rigidezza e la resistenza globale di ciascun sistema di sottostruttura, fondazione-pila-appoggio o fondazione-spalla-appoggio, alle azioni orizzontali in direzione longitudinale, possono essere rappresentati (vedi fig. 2.5.1.4.5.3-3 da [1], riportata di seguito) con un unico elemento elastico (o elastoplastico, per tener conto dell'attrito nel caso di appoggio scorrevole) le cui caratteristiche sono ricavate sulla base della rigidezza e della resistenza dell'insieme.



In particolare, nel caso di un sistema fondazione - pila - appoggio, denominata con H la forza orizzontale applicata sull'apparecchio di appoggio, la rigidezza complessiva K dovrà valutarsi come:

$$K = H / \sum \delta_i$$

$\sum \delta_i = \delta_p + \delta_\phi + \delta_h + \delta_a$ = spostamento totale prodotto dalla forza H;

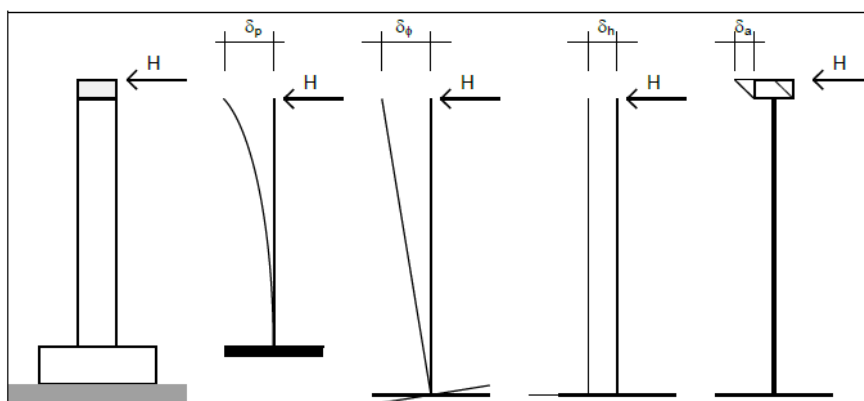
δ_p = spostamento determinato dalla deformabilità elastica della pila;

δ_ϕ = spostamento determinato dalla deformabilità alla rotazione della fondazione;

δ_h = spostamento determinato dalla deformabilità alla traslazione orizzontale della fondazione;

δ_a = spostamento determinato dalla deformabilità dell'apparecchio d'appoggio,

tenuto conto degli eventuali giochi e tolleranze negli apparecchi di appoggio fissi.



Il sistema di viadotti uniti dalla lunga rotaia saldata è modellato con il software di calcolo WPris, che permette di analizzare, in campo non lineare, gli effetti contemporanei dovuti alle azioni orizzontali di avviamento e frenatura, all'inflessione prodotta dai carichi verticali e alle variazioni termiche dell'impalcato.

4.1 ARMAMENTO

Come descritto nel precedente paragrafo il legame costitutivo che contraddistingue il link tra rotaia e impalcato è di tipo elasto – plastico:

Armamenti

	Nome	Tipologia	Fxs [kN/m]	δxs [m]	Fxc [kN/m]	δxc [m]	Fys [kN/m]	δys [m]	Fyc [kN/m]	δyc [m]
▶	Rilevato	Ballast	12.5	0.002	60	0.002	12.5	0.002	60	0.002
	Impalcato	Ballast	20	0.002	60	0.002	20	0.002	60	0.002
	ATTACCO K	Attacco Diretto	50	0.0005	80	0.0005	50	0.0005	80	0.0005
	ATTACCO EL	Attacco Diretto	13	0.0005	35	0.0005	13	0.0005	35	0.0005

L'attacco diretto per travate metalliche è così realizzato:

- A partire dall'appoggio fisso e per 0.15L, sono disposti attacchi indiretti di tipo K.
- Nella parte restante dell'impalcato, dunque 0.85L, sono disposti attacchi elastici.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

4.2 IMPALCATO IN C.A.P.

Si riportano di seguito le sezioni degli impalcanti in c.a.p. con le relative caratteristiche geometriche e inerziali:

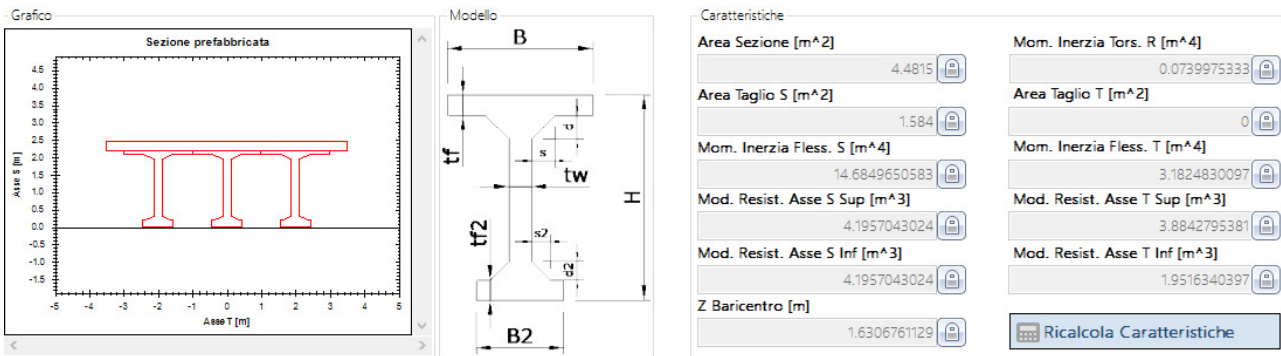
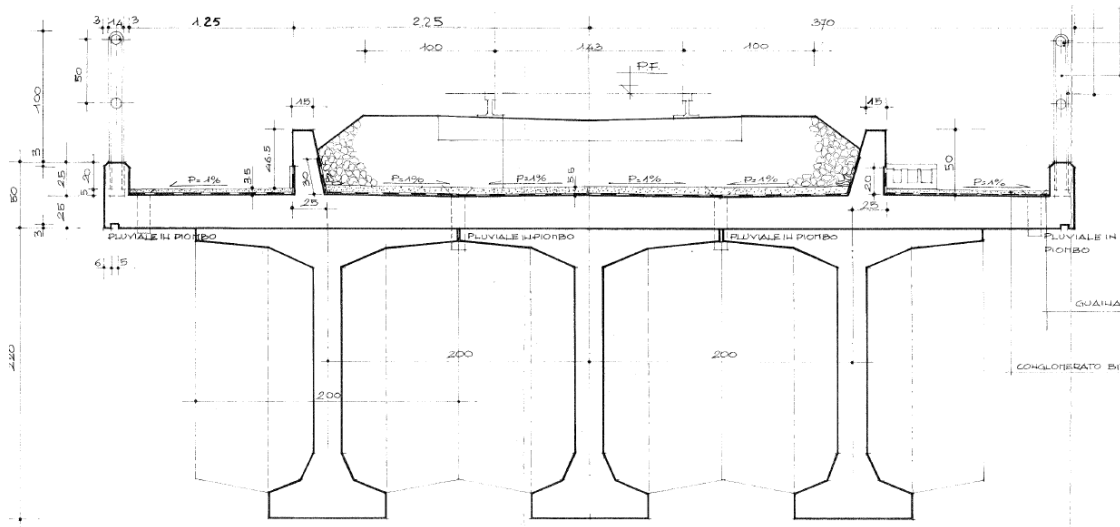


Figura 3_Sezioni trasversali imp. c.a.p.

Tali proprietà sono state assegnate all'elemento frame, monofilare, che modella tale impalcato.

4.3 IMPALCATO METALLICO

La travata reticolare, è stata modellata, invece, in 3D introducendo tutti gli elementi che la costituiscono (briglie, montanti, traversi,...), per la cui geometria si rimanda agli elaborati di progetto.

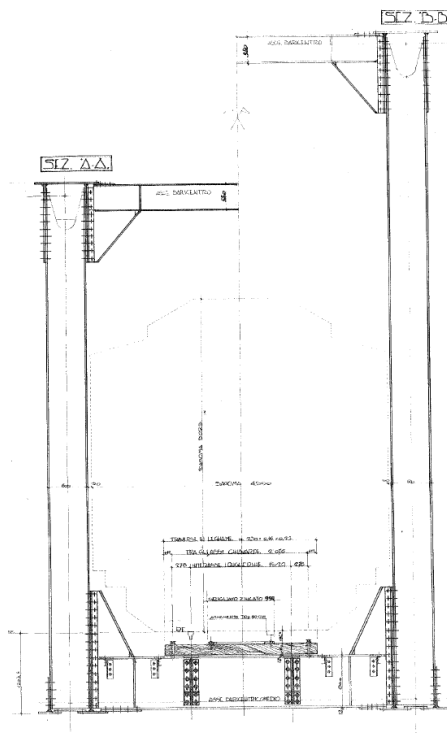
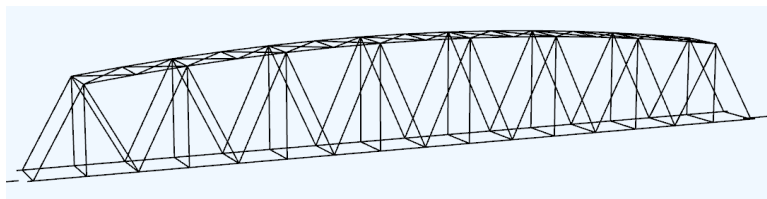


Figura 4_Impalcato metallico

4.4 SCHEMA APPOGGI

Le campate in c.a.p., hanno uno schema statico di semplice appoggio, simmetrico rispetto alla travata reticolare centrale: su entrambe le spalle vengono posizionati i vincoli fissi.

La travata reticolare, anch'essa in semplice appoggio, avrà un appoggio fisso e un uni-trasversale sulla pila lato Ferrandina (pila 21) e un appoggio uni-longitudinale e uno multidirezionale sulla pila lato Matera (pila 22).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

4.5 SOTTOSTRUTTURE

Le pile sono modellate come molle equivalenti la cui rigidezza è definita come descritto al cap.5.

Si riporta di seguito la rigidezza di tali sottostrutture, avendo considerato le stesse incastrate al piede, e nulli i giochi degli apparecchi d'appoggio, in favore di sicurezza:

	K_x	K_y
	kN/m/m	kN/m/m
P13	186881	402414
P14	145455	313578
P15	108425	234028
P16	158705	352734
P17	131579	297089
P18	102690	237304
P19	76634	180083
P20	88968	207383
P21	197511	851789
P22	195198	840336
P23	113314	259740
P24	156568	349284
P25	160411	345662
P26	431965	1434720
P27	832639	2695418

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

5 ANALISI

Le analisi effettuate sono non lineari; il software, registra lo stato tenso-deformativo di ciascun passo di carico per tenerne conto nei passi successivi, mentre il legame costitutivo delle molle non lineari tra binario e struttura varia opportunamente a seconda del caso scarico/carico. Lo stato di sollecitazione negli elementi del modello tiene conto dell'applicazione successiva delle varie azioni e delle interazioni degli effetti da esse prodotti. Sarà pertanto necessario applicare le variazioni termiche e i carichi accidentali, verticali e longitudinali, successivamente nella stessa analisi.

5.1 AZIONI APPLICATE

Si ricorda che l'azione termica per il calcolo degli effetti di interazione statica binario-struttura, si considerano i seguenti effetti termici sul binario:

- nelle analisi in assenza di apparecchi di dilatazione del binario, è stata considerata nulla la variazione termica nel binario, essendo essa ininfluenza ai fini della valutazione delle reazioni nei vincoli fissi e delle tensioni aggiuntive nelle rotaie e non generando scorrimenti relativi binario-impalcato;

- nelle analisi in presenza di apparecchi di dilatazione del binario, sono state assunte variazioni termiche del binario pari a +30 °C e -40 °C rispetto alla temperatura di regolazione del binario stesso.

Nel caso di impalcato in acciaio esse vanno applicate contemporaneamente alle variazioni termiche dell'impalcato e con lo stesso segno, mentre nel caso di impalcato in c.a.p. o misti in acciaio calcestruzzo, vanno applicate tra le due seguenti, la condizione più sfavorevole nella combinazione con le altre azioni: nella prima è nulla la variazione termica nell'impalcato e massima (positiva o negativa) quella nella rotaia, nella seconda è nulla la variazione termica nella rotaia e massima (positiva o negativa) quella nell'impalcato.

5.1.1 In assenza di giunto di binario

Le azioni in gioco saranno, dunque:

- ΔT : Variazione termica (relativa impalcato-binario) = $\pm 15^\circ\text{C}$ (c.a.p.) e $\pm 25^\circ\text{C}$ (travata metallica).
- T/B: Avviamento/frenatura per il modello di carico treno LM71 o SW/2.

Vengono definite nel software di calcolo come di seguito:

Simulazione	Descrizione
Tb_-15_Tr_0	Variatione termica negativa sul ponte (-15°C sul c.a.p. e -25 sul ponte in acciaio)
Tb_15_Tr_0	Variatione termica positiva sul ponte (-15°C sul c.a.p. e -25 sul ponte in acciaio)
M_T1_LM71_P_T	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
M_T1_LM71_P_B	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
M_T1_LM71_N_T	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
M_T1_LM71_N_B	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
3D_T1_LM71_P_T	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
3D_T1_LM71_P_B	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
3D_T1_LM71_N_T	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
3D_T1_LM71_N_B	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
3D_T1_SW2_P_T	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
3D_T1_SW2_P_B	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
3D_T1_SW2_N_T	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
3D_T1_SW2_N_B	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura

Legenda:

Tb = variazione termica del ponte; Tr= variazione termica della rotaia;

M = Analisi monodimensionali; 3D = Analisi tridimensionali con avv./fren.

P = verso di percorrenza positivo (prog. crescenti); N = verso di percorrenza negativo (prog. decrescenti);

B = Frenatura (Braking); T = Avviamento (Traction)

T1=binario1 (in questo caso unico binario)

La variazione di temperatura applicata sul binario è nulla (in assenza di giunto di rotaia), così che essa non contribuisca agli effetti di interazione; vanno, invece, considerati i valori massimi e minimi che interessano l'impalcato.

Va considerata l'alternanza del segno (\pm) per la variazione di temperatura e transito dei treni, in avviamento o frenatura, in entrambe le direzioni di marcia.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

5.1.2 Con giunto di binario

Le azioni in gioco saranno, dunque:

- ΔT : Variazione termica (relativa impalcato-binario) = $\pm 15^{\circ}\text{C}$ (c.a.p.) e $\pm 25^{\circ}\text{C}$ (travata metallica).
- $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ e $\Delta T = -40^{\circ}\text{C}$ (sul binario) rispetto alla temperatura di regolazione del binario;
- T/B: Avviamento/frenatura per il modello di carico treno LM71 o SW/2.

Vengono definite nel software di calcolo come di seguito:

Simulazione	Descrizione
Tb_-15_Tr_0	Variazione termica negativa sul ponte (-15°C sul c.a.p. e -25 sul ponte in acciaio)
Tb_15_Tr_0	Variazione termica positiva sul ponte (-15°C sul c.a.p. e -25 sul ponte in acciaio)
M_T1_LM71_P_T	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
M_T1_LM71_P_B	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
M_T1_LM71_N_T	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
M_T1_LM71_N_B	Analisi monodim. con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
3D_T1_LM71_P_T	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
3D_T1_LM71_P_B	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
3D_T1_LM71_N_T	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
3D_T1_LM71_N_B	Analisi con LM71 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
3D_T1_SW2_P_T	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in avviamento
3D_T1_SW2_P_B	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive crescenti in frenatura
3D_T1_SW2_N_T	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in avviamento
3D_T1_SW2_N_B	Analisi con SW2 viaggiante sul binario 1 verso le progressive decrescenti in frenatura
Tb_-15_Tr_-40	Variazione termica negativa sul ponte (-15°C sul c.a.p. e -25 sul ponte in acciaio) e negativa sulla rotaia (-40°C)
Tb_15_Tr_30	Variazione termica positiva sul ponte (15°C sul c.a.p. e 25 sul ponte in acciaio) e positiva sulla rotaia (30°C)
Tb_0_Tr_-40	Variazione termica nulla sul ponte e negativa sulla rotaia (-40°C)
Tb_0_Tr_30	Variazione termica nulla sul ponte e positiva sulla rotaia (30°C)

Legenda:


Tb = variazione termica del ponte; Tr= variazione termica della rotaia;

M = Analisi monodimensionali; 3D = Analisi tridimensionali con avv./fren.

P = verso di percorrenza positivo (prog. crescenti); N = verso di percorrenza negativo (prog. decrescenti);

B = Frenatura (Braking); T = Avviamento (Traction)

T1=binario1 (in questo caso unico binario)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

5.2 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Delle analisi sopra elencate si effettuano le combinazioni lineari degli effetti, alla ricerca delle condizioni più gravose, per le caratteristiche di tensione e deformazione richieste. Individuate le condizioni più penalizzanti si ripetono le analisi non lineari che ripropongono le combinazioni lineari più gravose, in cui per ciascun tipo di treno è individuata la posizione che rende massime contemporaneamente le sollecitazioni di interesse sulla struttura. Nelle analisi finali la posizione più gravosa del treno, unitamente alla variazione termica più sfavorevole è tale da massimizzare l'effetto in esame.

5.2.1 In assenza di giunto di binario

Combinazioni						
ID	Tipologia analisi	Binario 1		Termica		
1	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_P_T				
2	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_P_B				
3	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_N_T				
4	Mono-dimensionale	M_T1_LM71_N_B				
5	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_-15_Tr_0		
6	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_-15_Tr_0		
7	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_-15_Tr_0		
8	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_-15_Tr_0		
9	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_-15_Tr_0		
10	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_-15_Tr_0		
11	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_-15_Tr_0		
12	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_-15_Tr_0		
13	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_15_Tr_0		
14	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_15_Tr_0		
15	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_15_Tr_0		
16	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_15_Tr_0		
17	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_15_Tr_0		
18	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_15_Tr_0		
19	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_15_Tr_0		
20	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_15_Tr_0		

Figura 5_Combinazioni dei carichi senza giunto di binario

5.2.2 Con giunto di binario

Combinazioni				
ID	Tipologia analisi	Binario 1		Termica
1	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_-15_Tr_0
2	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_-15_Tr_0
3	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_-15_Tr_0
4	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_-15_Tr_0
5	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_-15_Tr_0
6	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_-15_Tr_0
7	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_-15_Tr_0
8	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_-15_Tr_0
9	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_15_Tr_0
10	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_15_Tr_0
11	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_15_Tr_0
12	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_15_Tr_0
13	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_15_Tr_0
14	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_15_Tr_0
15	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_15_Tr_0
16	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_15_Tr_0
17	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_-15_Tr_-40
18	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_-15_Tr_-40
19	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_-15_Tr_-40
20	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_-15_Tr_-40
21	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_-15_Tr_-40
22	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_-15_Tr_-40
23	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_-15_Tr_-40
24	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_-15_Tr_-40
25	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_15_Tr_30
26	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_15_Tr_30
27	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_15_Tr_30
28	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_15_Tr_30
29	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_15_Tr_30
30	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_15_Tr_30
31	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_15_Tr_30
32	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_15_Tr_30
33	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_0_Tr_30
34	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_0_Tr_30
35	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_0_Tr_30
36	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_0_Tr_30
37	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_0_Tr_30
38	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_0_Tr_30
39	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_0_Tr_30
40	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_0_Tr_30
41	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_T		Tb_0_Tr_-40
42	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_P_B		Tb_0_Tr_-40
43	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_T		Tb_0_Tr_-40
44	Tri-dimensionale	3D_T1_LM71_N_B		Tb_0_Tr_-40
45	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_T		Tb_0_Tr_-40
46	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_P_B		Tb_0_Tr_-40
47	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_T		Tb_0_Tr_-40
48	Tri-dimensionale	3D_T1_SW2_N_B		Tb_0_Tr_-40

Figura 6_ Combinazioni dei carichi con giunto di binario

5.3 RISULTATI

5.3.1 In assenza di giunto di binario

Dai risultati di inviluppo di tutte le combinazioni di carico lineari si determinano le configurazioni più gravose.

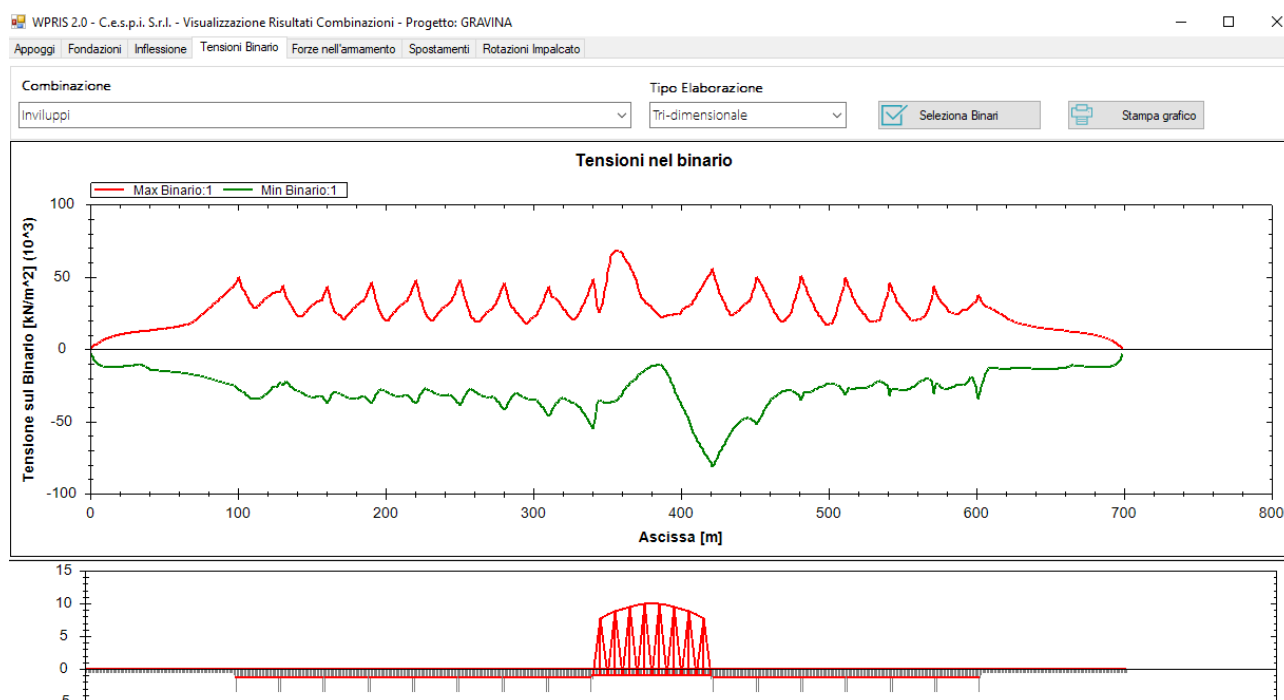


Figura 7_Inviluppo lineare tensioni_senza giunto

Il valore massimo di trazione nella rotaia si manifesta in corrispondenza della Pila 21, lato appoggio fisso della travata metallica ed il valore massimo di compressione nella rotaia si manifesta in corrispondenza della Pila 22, lato appoggio mobile della travata metallica, laddove avviene la transizione tra le due tipologie di impalcato e di armamento, ovvero un significativo salto di rigidità globale.

Il valore massimo di trazione sulla rotaia è pari a 67.5 MPa.

Il valore massimo di compressione sulla rotaia è pari a 81.5 MPa.

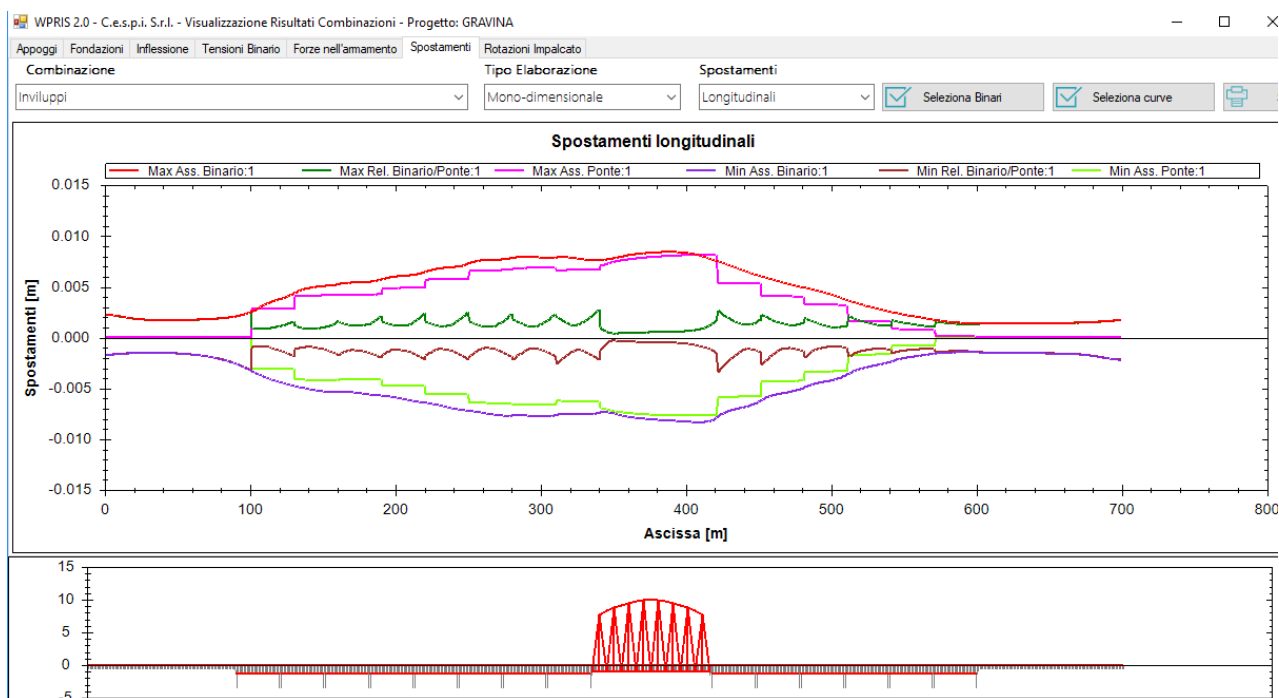


Figura 8_Inviluppo lineare spostamenti_senza giunto

L'inviluppo dello spostamento relativo massimo positivo tra binario ed impalcato per sole azioni di avviamento/frenatura è pari a 2.7 mm.

L'inviluppo dello spostamento relativo massimo negativo tra binario ed impalcato per sole azioni di avviamento/frenatura è pari a 3.4 mm.

Si effettuano a questo punto le analisi non lineari per le combinazioni, più gravose, così individuate.

▪ **Tensioni massime di trazione da analisi non lineare:**

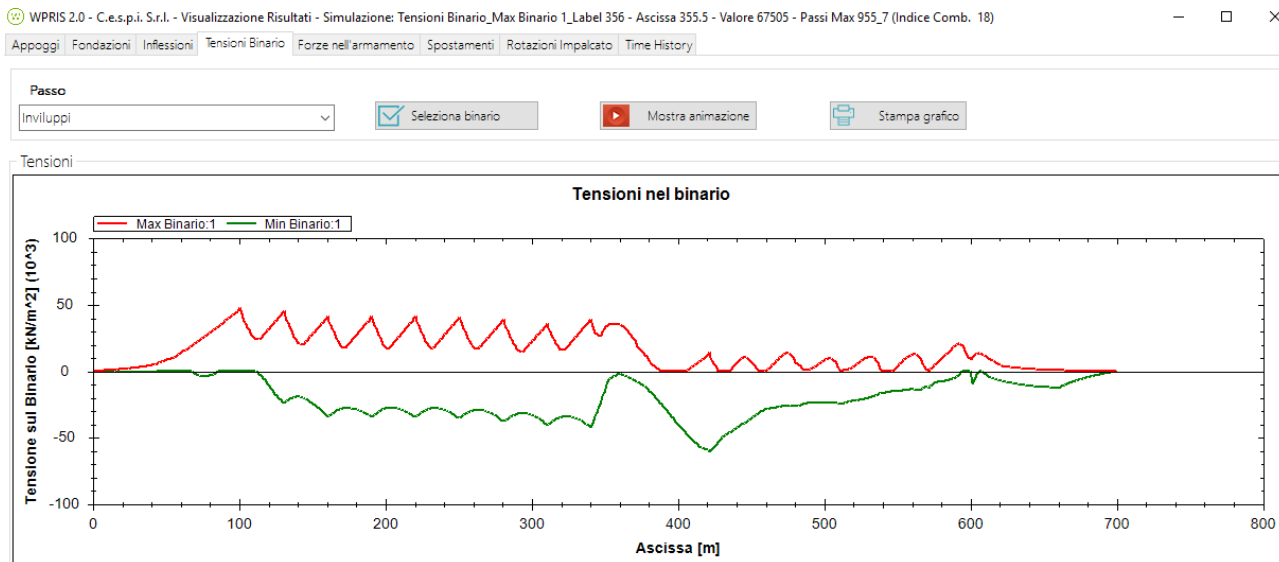


Figura 9_Tensioni massime_analisi non lineare_senza giunto

$$\sigma_{\max,T} = 48 \text{ MPa} < \sigma_{\lim,T} = 70 \text{ MPa}$$

▪ **Tensioni massime di compressione da analisi non lineare:**

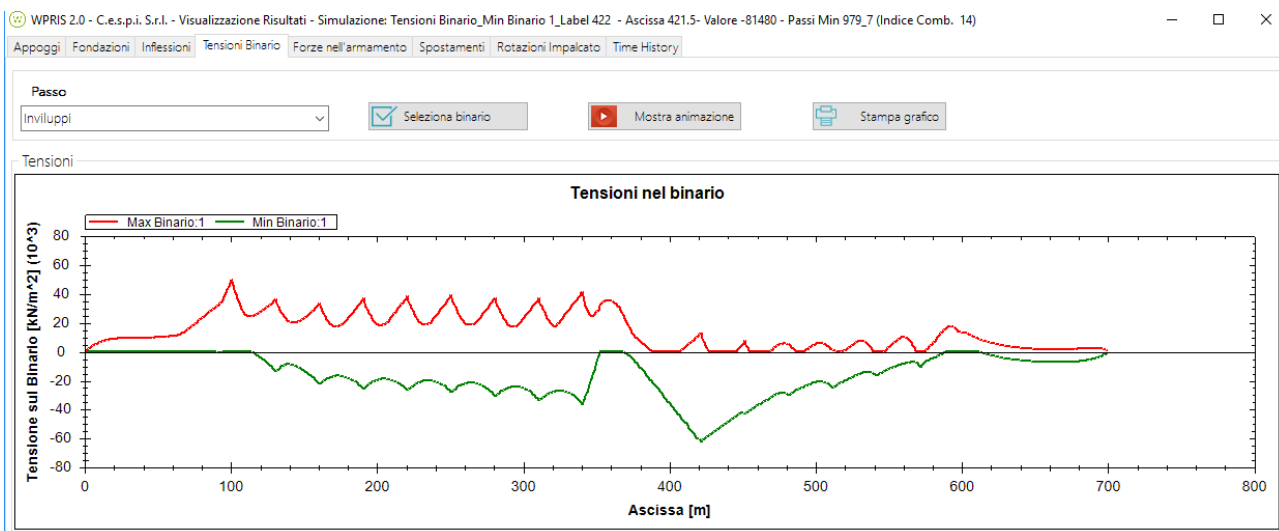


Figura 10_Tensioni minime_analisi non lineare_senza giunto

$$\sigma_{\max,C} = 62 \text{ MPa} > \sigma_{\lim,C} = 60 \text{ MPa}$$

La verifica non risulta soddisfatta.

▪ **Spostamenti relativi massimi e minimi da analisi non lineare:**

Gli spostamenti relativi massimi/minimi tra rotaie e impalcato sottostante vanno invece determinati tenendo conto delle **sole azioni di avviamento e frenatura**.

Di seguito i risultati ottenuti dalle analisi.

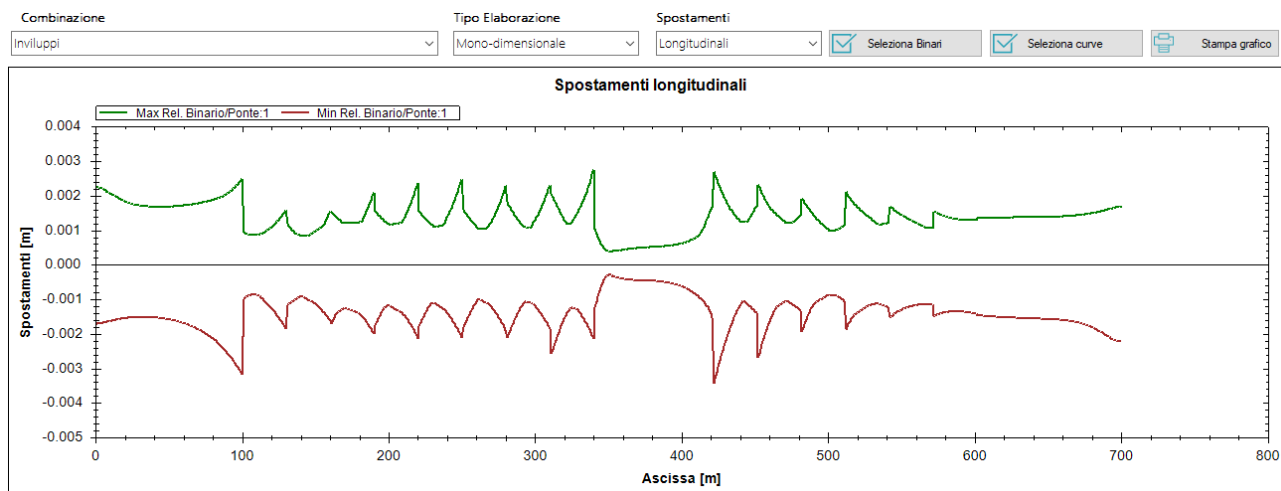


Figura 11_Spostamenti long. max e min_analisi non lineare_senza giunto

$$\Delta\delta_{\text{rel max, long}} = 2.7\text{mm} < \Delta\delta_{\text{rel lim}} = 5\text{mm}$$

$$\Delta\delta_{\text{rel min, long}} = 3.4\text{mm} < \Delta\delta_{\text{rel lim}} = 5\text{mm}$$

5.3.2 Con giunto di binario

Si introduce nel modello un giunto di binario in corrispondenza del valore massimo di compressione che supera il valore limite di normativa, lato appoggio mobile della travata metallica.

Le combinazioni lineari dei carichi portano i seguenti risultati, comprensivi della termica di rotaia:

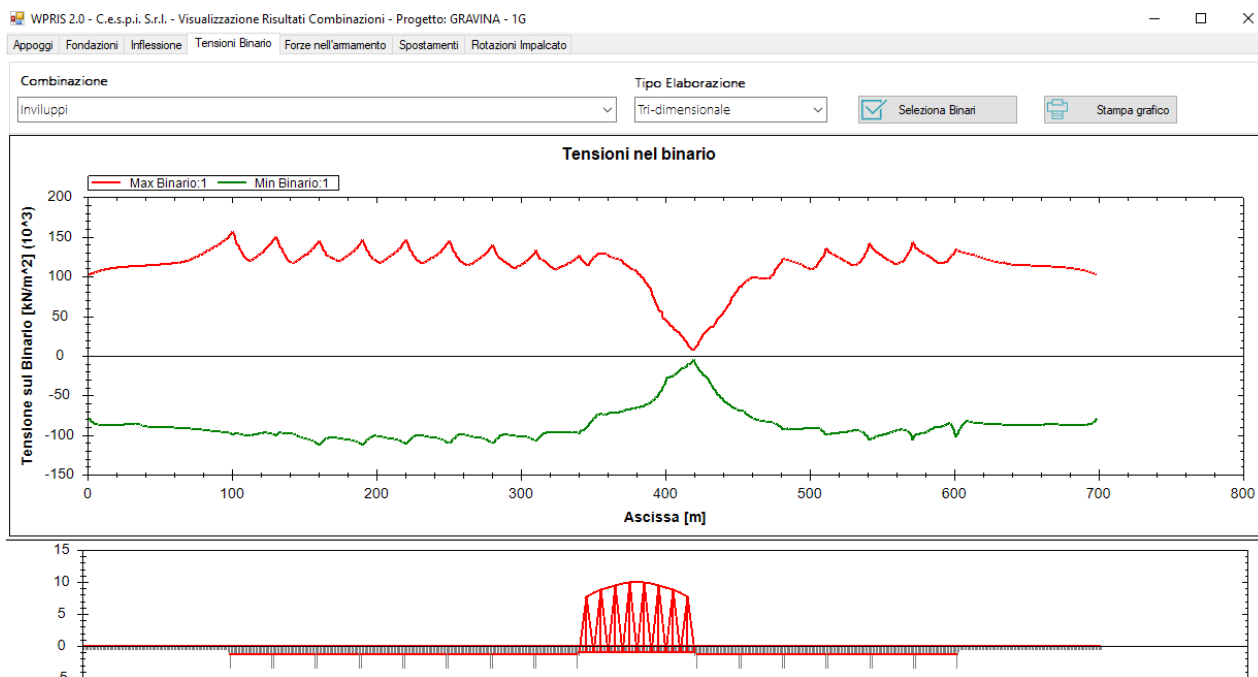


Figura 12_Inviluppo lineare tensioni_ con giunto

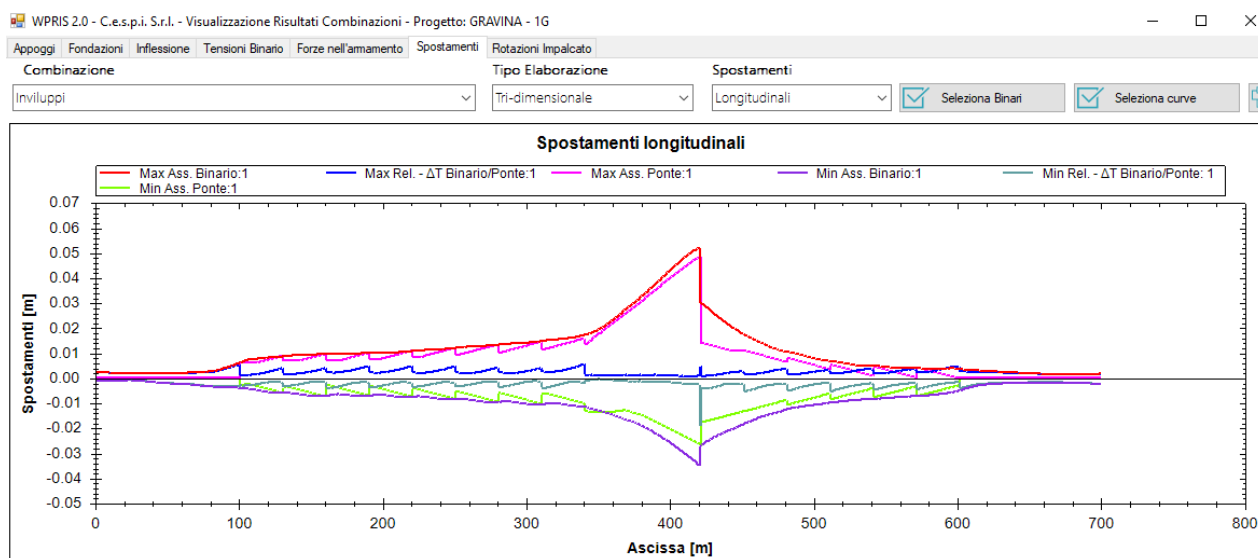


Figura 13_Inviluppo lineare spostamenti long. _con giunto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione di calcolo</i> <i>Interazione statica treno-binario-struttura</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0800006	REV. A

Si effettuano a questo punto le analisi non lineari per le combinazioni, più gravose, così individuate.

Si riportano i risultati di quelle che non comprendono la termica (+30°, -40°) per la verifica dei limiti tensionali, mentre si prende l'involuppo di tutte le combinazioni per la valutazione della massima escursione del giunto.

▪ ***Tensioni massime di trazione da analisi non lineare:***

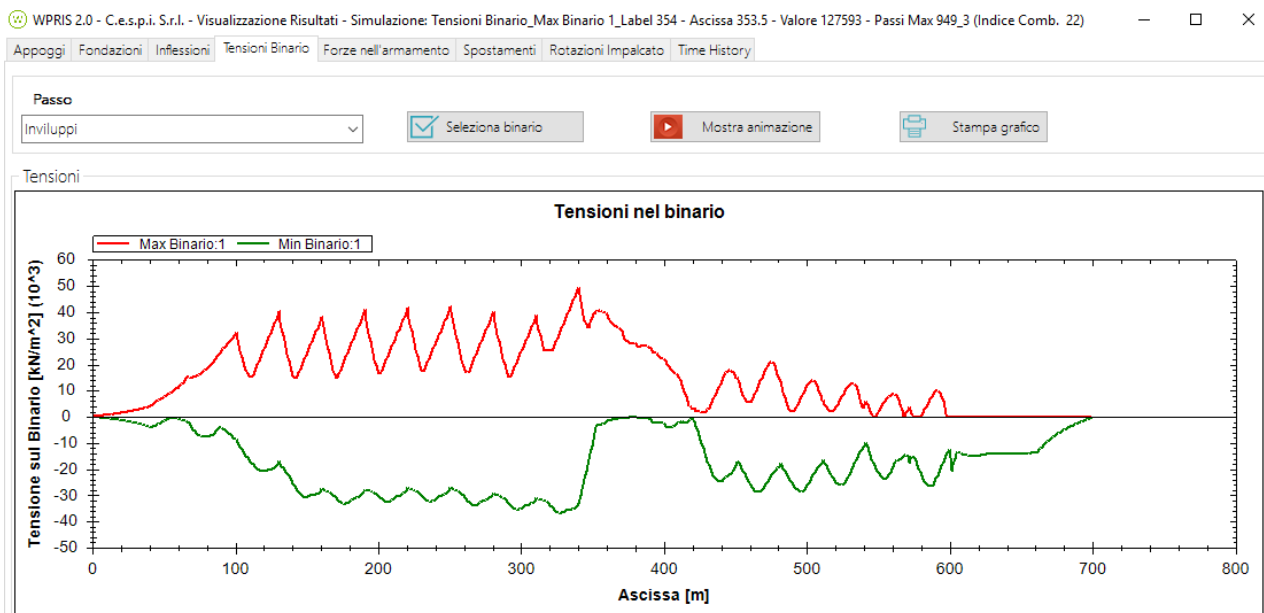


Figura 14_ Tensioni massime_analisi non lineare_con giunto

$$\sigma_{\max,T} = 52 \text{ MPa} < \sigma_{\lim,T} = 70 \text{ MPa}$$

▪ ***Tensioni massime di compressione da analisi non lineare:***

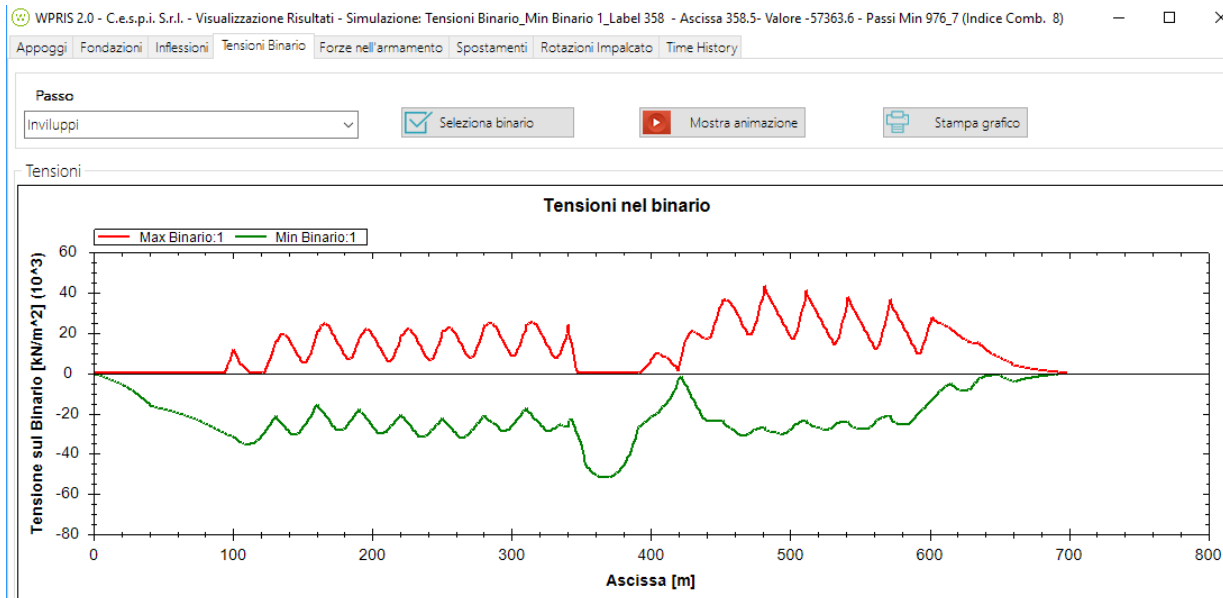


Figura 15_Tensioni minime_analisi non lineare_con giunto

$$\sigma_{\max,C} = 51.9 \text{ MPa} < \sigma_{\lim,C} = 60 \text{ MPa}$$

le verifiche in termini di massime tensioni sulle rotaie risultano soddisfatte.

Dallo spostamento longitudinale massimo/minimo che subisce il binario nelle configurazioni di carico più gravose si determina:

▪ ***Escursione del giunto***

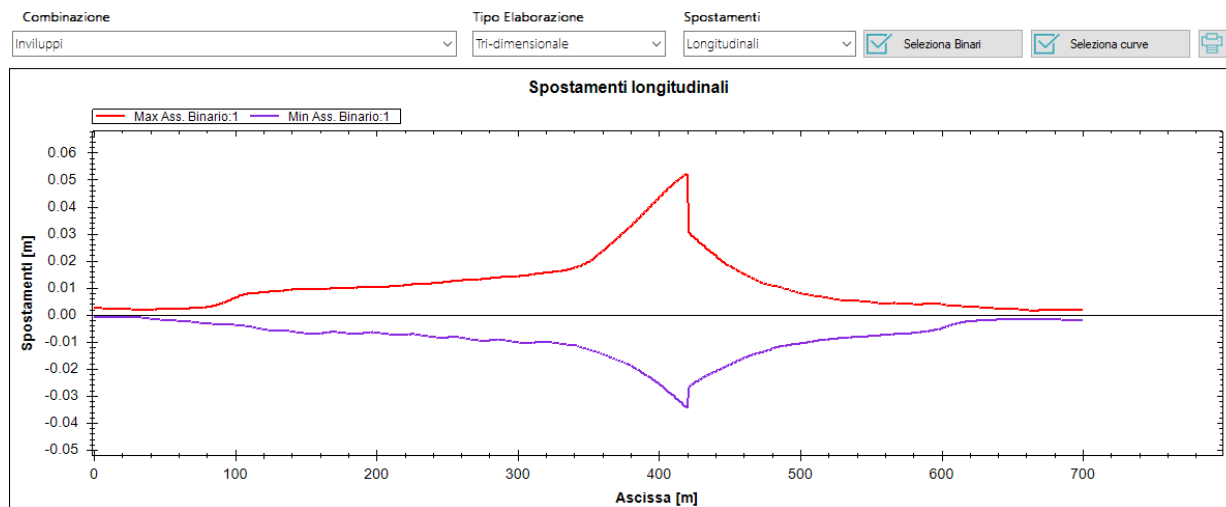


Figura 16_Spostamenti max e min di binario_con giunto

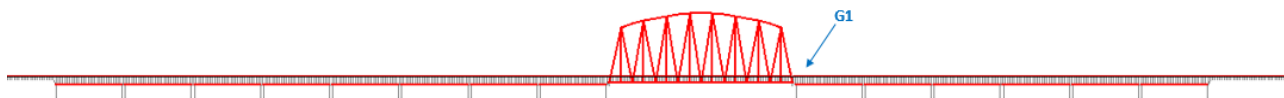
Il valore di escursione del giunto è: $-34 \text{ mm} < \Delta\delta_g < +52 \text{ mm}$

6 CONCLUSIONI

Si riporta il riepilogo, in forma tabellare, dei casi analizzati:

		SENZA GIUNTO	test	
		MAX		
σ [Mpa]	traction	48	< 70 MPa	OK
	compress.	62.0	> 60 MPa	verifica non soddisfatta
$\Delta\delta_{rel}$ [mm]	h +	2.7	< 5 mm	OK
	h -	3.4	< 5 mm	OK

I limiti tensionali non risultano soddisfatti per cui si introduce un giunto di binario lato appoggio mobile della travata reticolare:



		UN GIUNTO	test	
		MAX		
σ [Mpa]	traction	52	< 70 MPa	OK
	compress.	52	< 60 MPa	OK

I limiti tensionali risultano così soddisfatti. L'escursione del giunto calcolata è la seguente:

ESCURSIONE G1 [mm]	h +	52.0
	h -	-34.0

L'inizio del dispositivo andrà posizionato a minimo 5m dalla pila22 per poi estendersi verso la spalla B.