

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
PONTI E VIADOTTI
PARTE GENERALE
IMPALCATO
Relazione incremento dinamico – impalcato misto a quattro travi**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Paolo MALAVENDA ing. Paolo Carmona Data:	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	0	E	I	2	C	L	V	I	0	0	0	5	0	0	9	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Apr.21	M. Proietti	Apr.21	G. Grimaldi	Apr.21	

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1710EI2CLVI0005009A.DOCX

Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

INDICE

1	PREMESSA	2
2	ASSUNZIONI PER LE ANALISI E VERIFICHE	2
3	NORMATIVE	3
4	DATI DI BASE	3
4.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
4.2	ANALISI DEI CARICHI	4
5	ANALISI DEGLI EFFETTI DINAMICI	4
5.1	MODELLAZIONE	7
5.2	SPOSTAMENTI VERTICALI	8
5.2.1	<i>Output di calcolo</i>	8
5.2.2	<i>Coefficiente dinamico reale</i>	17
5.3	ACCELERAZIONI	19
6	VERIFICHE	20
7	CONCLUSIONI	23

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

1 PREMESSA

Nel presente documento vengono condotte le analisi degli effetti dinamici e dei possibili rischi di risonanza indotti dal transito dei convogli ferroviari sull'impalcato misto a quattro travi doppio binario (cfr. Figura 1 e 2) realizzato nell'ambito del collegamento ferroviario della linea AV/AC Verona-Padova.

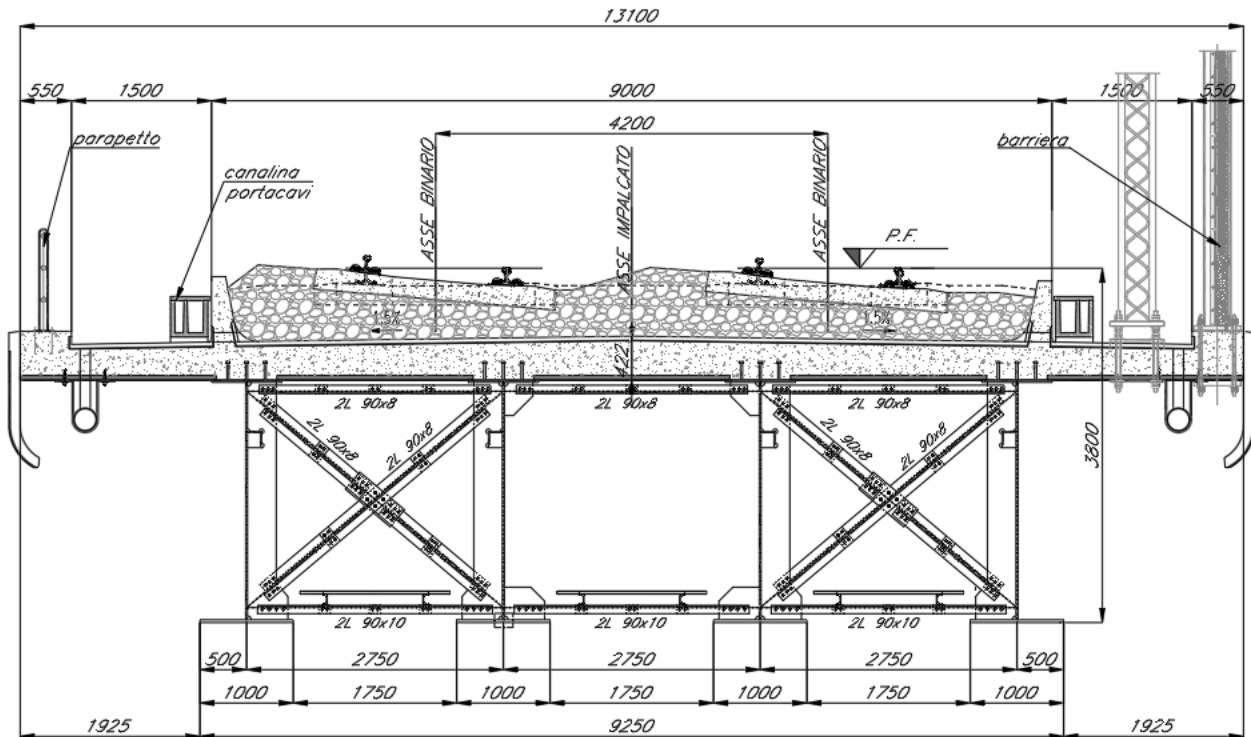



Figura 1 - Sezione trasversale impalcato

2 ASSUNZIONI PER LE ANALISI E VERIFICHE

Sulla linea in oggetto di progettazione risultano presenti diverse tipologie di viadotti e per la maggior parte di essi risultano esserci proprietà di linea differenti come la velocità di percorrenza e l'intervista la cui diretta conseguenza è sulle dimensioni trasversali della soletta in calcestruzzo. Le analisi e di conseguenza le verifiche sono state effettuate con riferimento all'impalcato tipologico con intervista 4.20m essendo il più vincolante per minor peso e rigidità.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009 A

3 NORMATIVE

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

- ✓ *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*

[1]

- ✓ *UNI EN 1991-2 - Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti*

[2]

4 DATI DI BASE



Per lo svolgimento delle analisi in oggetto (cfr. § 1.) sono stati presi a riferimento gli elaborati e le relazioni di calcolo del PE. L'impalcato è costituito da una soletta in c.a e quattro travi in acciaio in semplice appoggio di luce pari a 38.00m (interasse appoggi). La velocità di progetto è stata assunta pari a 250 km/h.

4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Travi Metalliche

denominazione tipo d'acciaio		S355	
modulo elastico	Es	210000	MPa
tensione caratteristica di snervamento	fyk	355	MPa
tensione di snervamento di calcolo	fyd	338	MPa
tensione caratteristica a rottura	ftk	510	MPa

Calcestruzzo Soletta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

classe di resistenza conglomerato	classe	C32/40	
resistenza caratteristica cubica a comp.	Rck	40	MPa
modulo elastico	Ec	33346	MPa
resistenza media cilindrica a comp.	fcm	40	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a comp.	fck	32	MPa

4.2 ANALISI DEI CARICHI

Permanenti

carpenteria metallita $G_{1,a} = 53.8 \text{ kN/m}$
soletta in calcestruzzo $G_{1,c} = (0.3775 \times 13.10 \times 25) = 123.6 \text{ kN/m}$

permanenti $G_1 = 177.4 \text{ kN/m}$

Permanenti portati

Massicciata, armamento e impermeabilizzazione	$20 \text{ kN/m}^3 \times 0.8 \text{ m} \times 8.59 \text{ m}$	137.4	kN/m
Muretti parballast	$2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.705 \text{ m} \times 0.205 \text{ m}$	7.2	kN/m
Canalette portacavi	$2 \times 3 \text{ kN/m}$	6.0	kN/m
Camminamento	$0.5 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m}$	2.5	kN/m
Cordoli	$2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.55 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$	5.2	kN/m
Velette	$2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.178 \text{ m}^2$	8.9	kN/m
Barriere antirumore	$2 \times 4 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m}$	32.0	kN/m

permanenti portati $G_2 = 199.3 \text{ kN/m}$

5 ANALISI DEGLI EFFETTI DINAMICI

In relazione a quanto richiesto al § 4.2.7 Resistenza delle strutture ai carichi da traffico di cui alla 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 [1] la necessità di effettuare l’analisi degli effetti dinamici indotti sull’impalcato dal transito dei convogli ferroviari è stata verificata con riferimento al diagramma di flusso (cfr. Figura 2) di cui al § 6.4.4 della UNI EN 1991-2 – Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti [2].

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005009	A

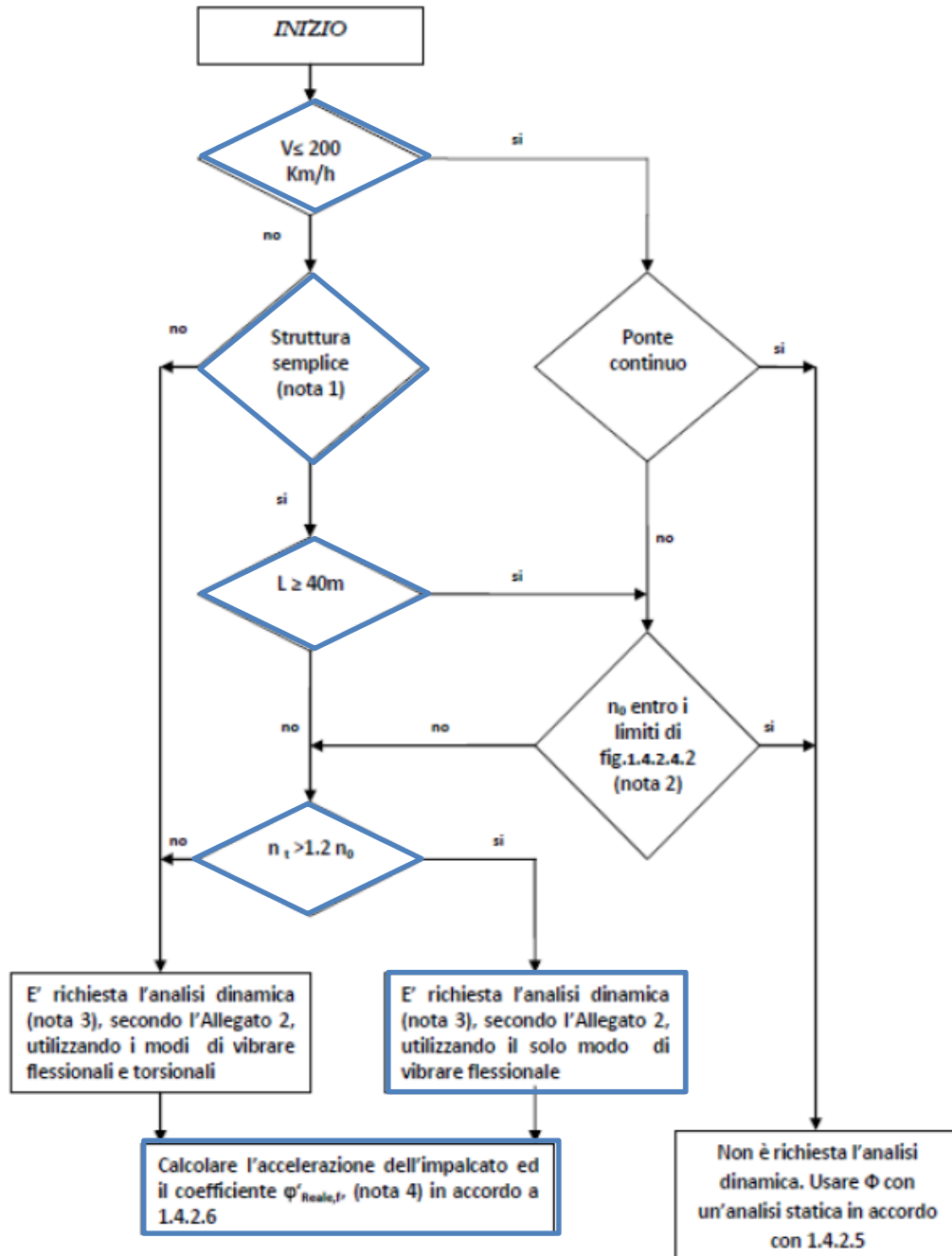


Figura 2 - Diagramma di flusso da Diagramma di flusso da fig. 6.9 della UNI EN 1991-2 [2] con individuazione del percorso seguito

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

In considerazione di quanto sopra riportato, si analizzano gli effetti, in termini di coefficiente di amplificazione dinamica ed accelerazione verticale, indotti dal transito dei convogli tipo HSLM-A (A1 – A10) sull'impalcato. Si considerano velocità variabili dalla *quasi statica* ($v_0 = 20$ km/h) alla *massima* prevista ($v_{max} = 250 \cdot 1,2 = 300$ km/h).

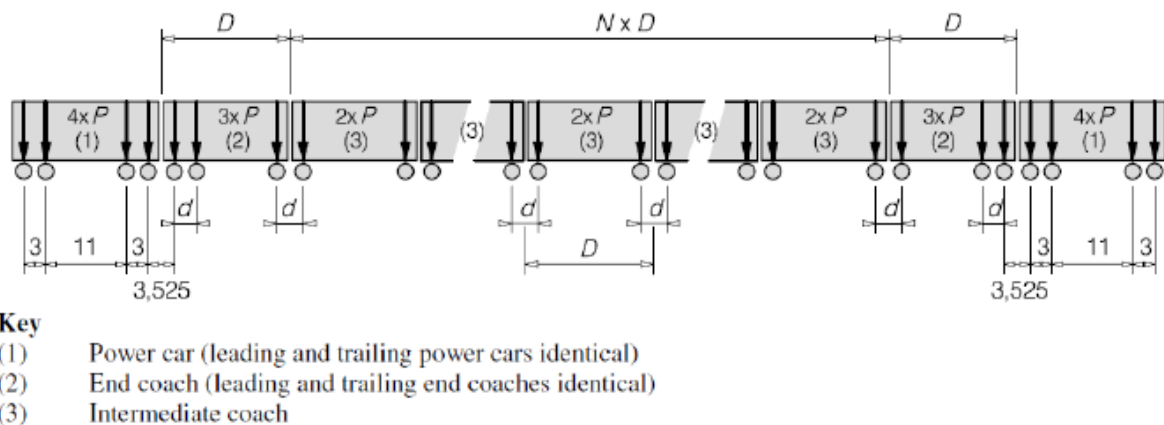


Figure 6.12 - HSLM-A

Table 6.3 - HSLM-A

Universal Train	Number of intermediate coaches N	Coach length D [m]	Bogie axle spacing d [m]	Point force P [kN]
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

Di norma l'analisi dinamica deve essere condotta considerando un solo binario carico alla volta e in ragione della simmetria dell'impalcato, le analisi vengono effettuate su un unico binario. I convogli tipo HSLM-A (A1 – A10) vengono fatti transitare sull'impalcato con incrementi di velocità minori o uguali a 10 km/h mediante la definizione di opportune storie di carico (TH).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005009 A

Si riporta come esempio la funzione TH_HSLM_A1_20 utilizzata per il convoglio reale HSLM-A1 alla velocità quasi statica di 20Km/h:

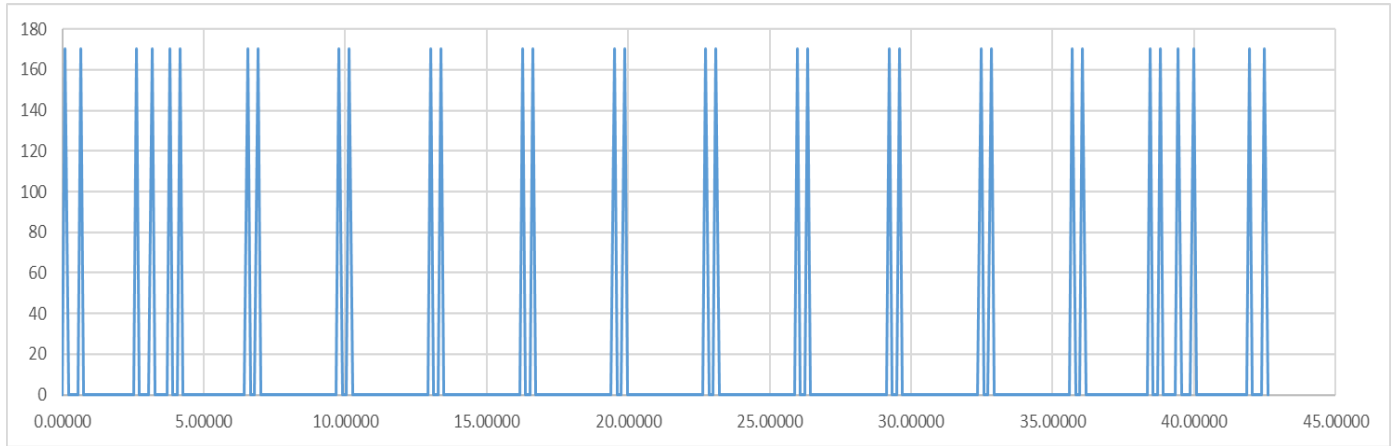


Figura 3 - Funzione di carico del singolo nodo per il convoglio HSLM-A1 (20Km/h)

Per il singolo caso di carico relativo alla funzione variabile nel tempo, viene adottato un valore di smorzamento pari al 4%, in accordo con quanto indicato al punto 2.5.1.4.2.6.3 Smorzamento strutturale (Tabella 2.5.1.4.6.3.1.1. -Valori di smorzamento da considerare nel progetto) della Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti e strutture - RFI DTC SI PS MA IFS 001 per "Ponti con armamento su ballast".

Tabella 1 - valori di smorzamento di progetto - Tab.2.5.1.4.2.6.3.1.1. MdP

Tipologia di ponte	ζ [%] Smorzamento adimensionale rispetto al critico
Ponti con attacco diretto	1,5
Ponti con armamento su ballast	4

5.1 MODELLAZIONE

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

L'impalcato è stato modellato mediante l'ausilio del software di calcolo Midas Civil riproducendo il comportamento della struttura in termini di caratteristiche inerziali e geometriche per mezzo di un modello di calcolo monodimensionale con elementi Frame. Vengono poi assegnate le azioni, definiti i vincoli corrispondenti allo schema desunto dalla documentazione di progetto, nonché definite le lane di carico in posizione corrispondente a quella dei binari.

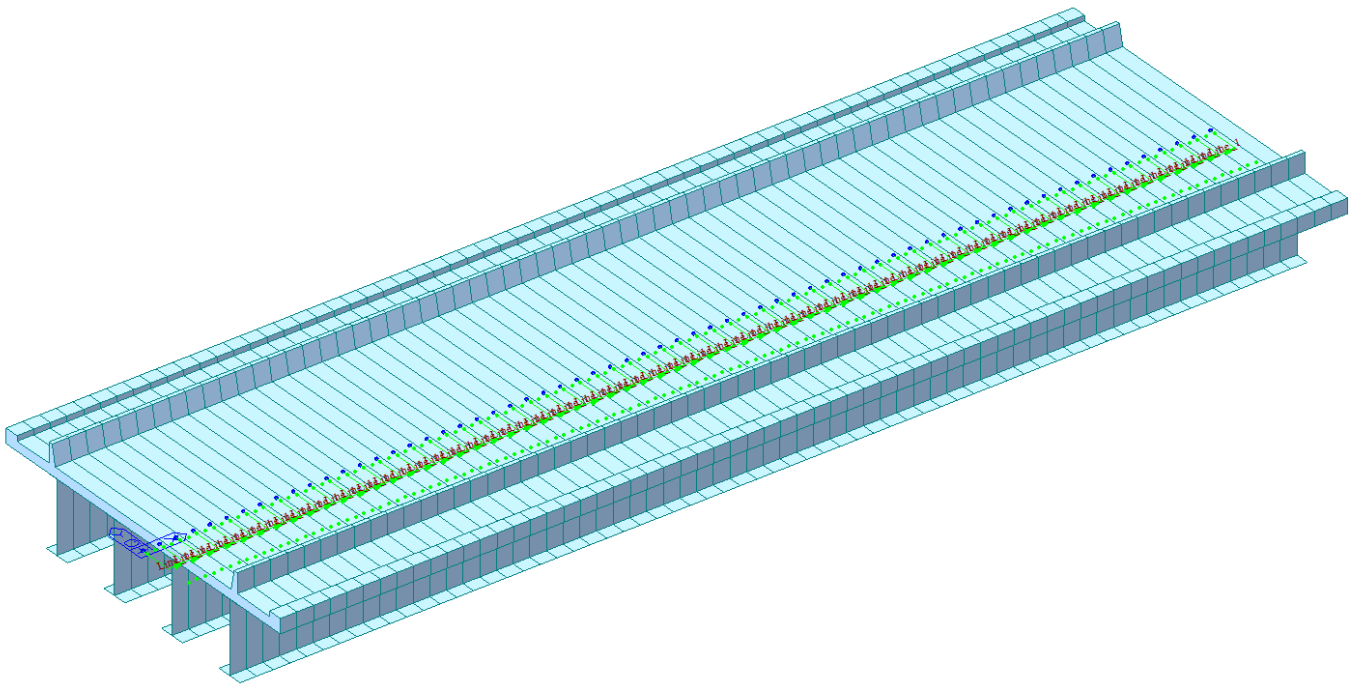


Figura 4 - Modello di calcolo monodimensionale

5.2 SPOSTAMENTI VERTICALI

5.2.1 Output di calcolo

Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	A.V. (m/s ²)	$\varphi'_{\text{Reale, f (V)}}$
HSLM_1					
TH_HSLM_1_20(min)	0	0	-0.00351	-0.090787	1.000
TH_HSLM_1_28(min)	0	0	-0.00348	-0.142334	0.992
TH_HSLM_1_36(min)	0	0	-0.00369	-0.164882	1.052
TH_HSLM_1_45(min)	0	0	-0.00351	-0.185876	1.000
TH_HSLM_1_53(min)	0	0	-0.00348	-0.104581	0.991
TH_HSLM_1_61(min)	0	0	-0.00347	-0.193761	0.989
TH_HSLM_1_69(min)	0	0	-0.00346	-0.201158	0.987

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

TH_HSLM_1_78(min)	0	0	-0.00365	-0.277407	1.041
TH_HSLM_1_86(min)	0	0	-0.00346	-0.26343	0.985
TH_HSLM_1_94(min)	0	0	-0.00362	-0.507373	1.030
TH_HSLM_1_102(min)	0	0	-0.00349	-0.41653	0.995
TH_HSLM_1_111(min)	0	0	-0.00343	-0.329847	0.978
TH_HSLM_1_119(min)	0	0	-0.00362	-0.525854	1.032
TH_HSLM_1_127(min)	0	0	-0.00359	-0.586343	1.024
TH_HSLM_1_135(min)	0	0	-0.00355	-1.200283	1.011
TH_HSLM_1_144(min)	0	0	-0.00366	-0.613298	1.042
TH_HSLM_1_152(min)	0	0	-0.00382	-1.025938	1.090
TH_HSLM_1_160(min)	0	0	-0.00381	-1.926851	1.086
TH_HSLM_1_168(min)	0	0	-0.00412	-1.310552	1.173
TH_HSLM_1_176(min)	0	0	-0.00464	-1.182327	1.321
TH_HSLM_1_185(min)	0	0	-0.00556	-1.911656	1.583
TH_HSLM_1_193(min)	0	0	-0.0054	-1.263699	1.539
TH_HSLM_1_201(min)	0	0	-0.00442	-1.004961	1.259
TH_HSLM_1_209(min)	0	0	-0.00462	-0.841281	1.315
TH_HSLM_1_218(min)	0	0	-0.0041	-0.364125	1.169
TH_HSLM_1_226(min)	0	0	-0.0042	-0.487012	1.197
TH_HSLM_1_234(min)	0	0	-0.00406	-0.578039	1.158
TH_HSLM_1_242(min)	0	0	-0.00403	-0.840253	1.148
TH_HSLM_1_251(min)	0	0	-0.00403	-0.605453	1.148
TH_HSLM_1_259(min)	0	0	-0.00388	-0.797396	1.105
TH_HSLM_1_267(min)	0	0	-0.00401	-2.297162	1.144
TH_HSLM_1_275(min)	0	0	-0.00408	-1.202544	1.164
TH_HSLM_1_284(min)	0	0	-0.00351	-1.034612	1.000
TH_HSLM_1_292(min)	0	0	-0.00426	-0.925302	1.213
TH_HSLM_1_300(min)	0	0	-0.00371	-0.737292	1.056

HSLM_2

					$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$
TH_HSLM_2_20(min)	0	0	-0.00409	-0.560312	1.000
TH_HSLM_2_28(min)	0	0	-0.004	-0.52088	0.978
TH_HSLM_2_36(min)	0	0	-0.00425	-0.405002	1.040
TH_HSLM_2_45(min)	0	0	-0.00412	-0.419129	1.009
TH_HSLM_2_53(min)	0	0	-0.00402	-0.765234	0.982
TH_HSLM_2_61(min)	0	0	-0.00401	-0.495886	0.981
TH_HSLM_2_69(min)	0	0	-0.00413	-0.482608	1.011
TH_HSLM_2_78(min)	0	0	-0.00417	-0.623167	1.019
TH_HSLM_2_86(min)	0	0	-0.00414	-0.428932	1.013

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A	

TH_HSLM_2_94(min)	0	0	-0.00411	-0.488315	1.006
TH_HSLM_2_102(min)	0	0	-0.00432	-0.524515	1.056
TH_HSLM_2_111(min)	0	0	-0.00431	-0.495915	1.053
TH_HSLM_2_119(min)	0	0	-0.00441	-0.729389	1.079
TH_HSLM_2_127(min)	0	0	-0.00448	-0.846709	1.096
TH_HSLM_2_135(min)	0	0	-0.00442	-1.468781	1.082
TH_HSLM_2_144(min)	0	0	-0.0045	-0.80765	1.101
TH_HSLM_2_152(min)	0	0	-0.00434	-1.253906	1.060
TH_HSLM_2_160(min)	0	0	-0.00469	-2.206617	1.146
TH_HSLM_2_168(min)	0	0	-0.00467	-1.217223	1.143
TH_HSLM_2_176(min)	0	0	-0.00485	-1.026586	1.186
TH_HSLM_2_185(min)	0	0	-0.00521	-1.651874	1.275
TH_HSLM_2_193(min)	0	0	-0.0065	-1.247786	1.590
TH_HSLM_2_201(min)	0	0	-0.00662	-1.351628	1.619
TH_HSLM_2_209(min)	0	0	-0.007	-1.344211	1.712
TH_HSLM_2_218(min)	0	0	-0.00533	-0.615564	1.302
TH_HSLM_2_226(min)	0	0	-0.00528	-0.723243	1.290
TH_HSLM_2_234(min)	0	0	-0.00486	-0.891621	1.187
TH_HSLM_2_242(min)	0	0	-0.00483	-0.896401	1.182
TH_HSLM_2_251(min)	0	0	-0.00457	-1.013301	1.117
TH_HSLM_2_259(min)	0	0	-0.00439	-1.164619	1.072
TH_HSLM_2_267(min)	0	0	-0.00436	-2.166954	1.067
TH_HSLM_2_275(min)	0	0	-0.00468	-1.652842	1.144
TH_HSLM_2_284(min)	0	0	-0.00442	-1.434006	1.081
TH_HSLM_2_292(min)	0	0	-0.00488	-1.441947	1.193
TH_HSLM_2_300(min)	0	0	-0.00442	-1.093156	1.081

HSLM_3					$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$
TH_HSLM_3_20(min)	0	0	-0.00376	-0.768587	1.000
TH_HSLM_3_28(min)	0	0	-0.00376	-0.72619	0.999
TH_HSLM_3_36(min)	0	0	-0.00384	-0.396645	1.019
TH_HSLM_3_45(min)	0	0	-0.00387	-0.575454	1.028
TH_HSLM_3_53(min)	0	0	-0.00382	-0.775954	1.014
TH_HSLM_3_61(min)	0	0	-0.00384	-1.161379	1.021
TH_HSLM_3_69(min)	0	0	-0.00397	-0.655485	1.054
TH_HSLM_3_78(min)	0	0	-0.00408	-0.91659	1.085
TH_HSLM_3_86(min)	0	0	-0.00398	-0.377761	1.057
TH_HSLM_3_94(min)	0	0	-0.00396	-0.680768	1.053
TH_HSLM_3_102(min)	0	0	-0.00451	-0.476356	1.197

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A	

TH_HSLM_3_111(min)	0	0	-0.00441	-0.372144	1.172
TH_HSLM_3_119(min)	0	0	-0.00433	-0.672566	1.151
TH_HSLM_3_127(min)	0	0	-0.00442	-0.874664	1.174
TH_HSLM_3_135(min)	0	0	-0.00454	-1.503495	1.205
TH_HSLM_3_144(min)	0	0	-0.00456	-1.040249	1.212
TH_HSLM_3_152(min)	0	0	-0.00461	-1.159903	1.223
TH_HSLM_3_160(min)	0	0	-0.00468	-1.616061	1.242
TH_HSLM_3_168(min)	0	0	-0.00478	-1.335985	1.271
TH_HSLM_3_176(min)	0	0	-0.00504	-1.040681	1.338
TH_HSLM_3_185(min)	0	0	-0.00532	-1.501298	1.414
TH_HSLM_3_193(min)	0	0	-0.00582	-1.004622	1.547
TH_HSLM_3_201(min)	0	0	-0.00667	-1.49647	1.772
TH_HSLM_3_209(min)	0	0	-0.00824	-1.638535	2.188
TH_HSLM_3_218(min)	0	0	-0.00597	-0.78931	1.586
TH_HSLM_3_226(min)	0	0	-0.00552	-0.771487	1.465
TH_HSLM_3_234(min)	0	0	-0.00508	-1.024677	1.350
TH_HSLM_3_242(min)	0	0	-0.00496	-0.990522	1.319
TH_HSLM_3_251(min)	0	0	-0.00479	-0.825026	1.273
TH_HSLM_3_259(min)	0	0	-0.00498	-0.884916	1.322
TH_HSLM_3_267(min)	0	0	-0.00524	-2.871411	1.392
TH_HSLM_3_275(min)	0	0	-0.00465	-1.19426	1.235
TH_HSLM_3_284(min)	0	0	-0.00516	-1.820627	1.370
TH_HSLM_3_292(min)	0	0	-0.00488	-1.055679	1.297
TH_HSLM_3_300(min)	0	0	-0.00481	-0.815438	1.278

HSLM_4	$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$				
TH_HSLM_4_20(min)	0	0	-0.00398	-0.765256	1.000
TH_HSLM_4_28(min)	0	0	-0.00389	-0.667645	0.978
TH_HSLM_4_36(min)	0	0	-0.00434	-0.631852	1.090
TH_HSLM_4_45(min)	0	0	-0.00414	-0.511375	1.041
TH_HSLM_4_53(min)	0	0	-0.00401	-0.804043	1.007
TH_HSLM_4_61(min)	0	0	-0.00402	-0.99896	1.010
TH_HSLM_4_69(min)	0	0	-0.00421	-1.278497	1.059
TH_HSLM_4_78(min)	0	0	-0.00423	-1.405482	1.063
TH_HSLM_4_86(min)	0	0	-0.00432	-0.461113	1.085
TH_HSLM_4_94(min)	0	0	-0.00425	-0.644272	1.069
TH_HSLM_4_102(min)	0	0	-0.00431	-0.597225	1.084
TH_HSLM_4_111(min)	0	0	-0.0045	-0.459613	1.131
TH_HSLM_4_119(min)	0	0	-0.00459	-0.765353	1.155

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A	

TH_HSLM_4_127(min)	0	0	-0.0047	-0.778665	1.181
TH_HSLM_4_135(min)	0	0	-0.00478	-1.471352	1.203
TH_HSLM_4_144(min)	0	0	-0.00496	-1.374884	1.246
TH_HSLM_4_152(min)	0	0	-0.00509	-1.659576	1.281
TH_HSLM_4_160(min)	0	0	-0.00506	-1.846727	1.271
TH_HSLM_4_168(min)	0	0	-0.00512	-0.652845	1.288
TH_HSLM_4_176(min)	0	0	-0.00526	-0.795227	1.321
TH_HSLM_4_185(min)	0	0	-0.00531	-0.906402	1.334
TH_HSLM_4_193(min)	0	0	-0.00549	-0.995699	1.380
TH_HSLM_4_201(min)	0	0	-0.00547	-0.929147	1.376
TH_HSLM_4_209(min)	0	0	-0.00708	-1.167993	1.779
TH_HSLM_4_218(min)	0	0	-0.00766	-0.965338	1.926
TH_HSLM_4_226(min)	0	0	-0.00785	-1.155513	1.975
TH_HSLM_4_234(min)	0	0	-0.00705	-1.250349	1.773
TH_HSLM_4_242(min)	0	0	-0.00667	-1.106136	1.677
TH_HSLM_4_251(min)	0	0	-0.00654	-1.174718	1.644
TH_HSLM_4_259(min)	0	0	-0.00623	-1.108979	1.566
TH_HSLM_4_267(min)	0	0	-0.00606	-2.235446	1.524
TH_HSLM_4_275(min)	0	0	-0.00599	-2.143815	1.505
TH_HSLM_4_284(min)	0	0	-0.00621	-1.899786	1.562
TH_HSLM_4_292(min)	0	0	-0.00646	-1.186478	1.623
TH_HSLM_4_300(min)	0	0	-0.00622	-0.91567	1.563

HSLM_5	$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$				
TH_HSLM_5_20(min)	0	0	-0.00362	-0.613459	1.000
TH_HSLM_5_28(min)	0	0	-0.00361	-0.448526	0.995
TH_HSLM_5_36(min)	0	0	-0.00376	-0.604207	1.039
TH_HSLM_5_45(min)	0	0	-0.00379	-0.534074	1.047
TH_HSLM_5_53(min)	0	0	-0.00374	-0.71144	1.033
TH_HSLM_5_61(min)	0	0	-0.00374	-1.250812	1.031
TH_HSLM_5_69(min)	0	0	-0.00396	-1.657804	1.092
TH_HSLM_5_78(min)	0	0	-0.00391	-0.941032	1.079
TH_HSLM_5_86(min)	0	0	-0.004	-0.464697	1.104
TH_HSLM_5_94(min)	0	0	-0.00402	-0.579218	1.109
TH_HSLM_5_102(min)	0	0	-0.00409	-0.550743	1.128
TH_HSLM_5_111(min)	0	0	-0.0044	-0.516777	1.216
TH_HSLM_5_119(min)	0	0	-0.00433	-0.625799	1.195
TH_HSLM_5_127(min)	0	0	-0.00441	-0.771254	1.217
TH_HSLM_5_135(min)	0	0	-0.00444	-1.365058	1.225

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica		
	IN17	10	EI2CLVI0005009		A

TH_HSLM_5_144(min)	0	0	-0.00469	-1.509169	1.294
TH_HSLM_5_152(min)	0	0	-0.00482	-1.287928	1.330
TH_HSLM_5_160(min)	0	0	-0.00478	-1.51028	1.320
TH_HSLM_5_168(min)	0	0	-0.00501	-1.236363	1.382
TH_HSLM_5_176(min)	0	0	-0.00506	-0.982865	1.396
TH_HSLM_5_185(min)	0	0	-0.00511	-1.178033	1.410
TH_HSLM_5_193(min)	0	0	-0.00521	-0.784384	1.438
TH_HSLM_5_201(min)	0	0	-0.00553	-1.109125	1.526
TH_HSLM_5_209(min)	0	0	-0.00607	-0.898838	1.677
TH_HSLM_5_218(min)	0	0	-0.00672	-0.712695	1.855
TH_HSLM_5_226(min)	0	0	-0.00769	-1.100269	2.123
TH_HSLM_5_234(min)	0	0	-0.00733	-1.211963	2.023
TH_HSLM_5_242(min)	0	0	-0.0069	-1.273625	1.903
TH_HSLM_5_251(min)	0	0	-0.00646	-1.193095	1.784
TH_HSLM_5_259(min)	0	0	-0.00648	-0.95389	1.788
TH_HSLM_5_267(min)	0	0	-0.00632	-2.327378	1.744
TH_HSLM_5_275(min)	0	0	-0.00652	-1.610444	1.800
TH_HSLM_5_284(min)	0	0	-0.00635	-1.265151	1.752
TH_HSLM_5_292(min)	0	0	-0.00657	-1.519727	1.814
TH_HSLM_5_300(min)	0	0	-0.00628	-1.319677	1.732

HSLM_6					$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$
TH_HSLM_6_20(min)	0	0	-0.00372	-0.096127	1.000
TH_HSLM_6_28(min)	0	0	-0.00369	-0.154948	0.992
TH_HSLM_6_36(min)	0	0	-0.00379	-0.177466	1.019
TH_HSLM_6_45(min)	0	0	-0.00372	-0.19681	1.000
TH_HSLM_6_53(min)	0	0	-0.00367	-0.103132	0.987
TH_HSLM_6_61(min)	0	0	-0.00368	-0.217846	0.989
TH_HSLM_6_69(min)	0	0	-0.00367	-0.212991	0.986
TH_HSLM_6_78(min)	0	0	-0.00381	-0.344266	1.024
TH_HSLM_6_86(min)	0	0	-0.00362	-0.231219	0.973
TH_HSLM_6_94(min)	0	0	-0.00371	-0.727028	0.999
TH_HSLM_6_102(min)	0	0	-0.0038	-0.445348	1.023
TH_HSLM_6_111(min)	0	0	-0.00395	-0.376914	1.062
TH_HSLM_6_119(min)	0	0	-0.00393	-0.681237	1.057
TH_HSLM_6_127(min)	0	0	-0.00417	-0.738857	1.122
TH_HSLM_6_135(min)	0	0	-0.00409	-1.294714	1.101
TH_HSLM_6_144(min)	0	0	-0.00421	-0.742301	1.133
TH_HSLM_6_152(min)	0	0	-0.00387	-1.086287	1.041

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A	

TH_HSLM_6_160(min)	0	0	-0.00409	-1.941744	1.101
TH_HSLM_6_168(min)	0	0	-0.0041	-1.582895	1.104
TH_HSLM_6_176(min)	0	0	-0.00419	-1.040681	1.126
TH_HSLM_6_185(min)	0	0	-0.00435	-1.159585	1.172
TH_HSLM_6_193(min)	0	0	-0.0043	-0.978053	1.157
TH_HSLM_6_201(min)	0	0	-0.00427	-0.777887	1.149
TH_HSLM_6_209(min)	0	0	-0.00464	-0.869227	1.248
TH_HSLM_6_218(min)	0	0	-0.00434	-0.464001	1.169
TH_HSLM_6_226(min)	0	0	-0.0049	-0.685608	1.317
TH_HSLM_6_234(min)	0	0	-0.00491	-0.954874	1.320
TH_HSLM_6_242(min)	0	0	-0.00464	-1.177415	1.250
TH_HSLM_6_251(min)	0	0	-0.00461	-0.872605	1.241
TH_HSLM_6_259(min)	0	0	-0.00435	-1.090768	1.171
TH_HSLM_6_267(min)	0	0	-0.00406	-2.464283	1.091
TH_HSLM_6_275(min)	0	0	-0.00433	-1.534876	1.164
TH_HSLM_6_284(min)	0	0	-0.00371	-1.10048	0.999
TH_HSLM_6_292(min)	0	0	-0.00451	-0.819219	1.213
TH_HSLM_6_300(min)	0	0	-0.00387	-0.788006	1.040

HSLM_7		$\varphi'_{\text{Reale, f (V)}}$			
TH_HSLM_7_20(min)	0	0	-0.00408	-0.710236	1.000
TH_HSLM_7_28(min)	0	0	-0.00408	-0.586162	1.001
TH_HSLM_7_36(min)	0	0	-0.0043	-0.89057	1.054
TH_HSLM_7_45(min)	0	0	-0.00432	-0.763544	1.059
TH_HSLM_7_53(min)	0	0	-0.00425	-0.856349	1.042
TH_HSLM_7_61(min)	0	0	-0.00431	-0.761683	1.057
TH_HSLM_7_69(min)	0	0	-0.00448	-1.714568	1.098
TH_HSLM_7_78(min)	0	0	-0.00447	-1.485808	1.095
TH_HSLM_7_86(min)	0	0	-0.00469	-0.367527	1.151
TH_HSLM_7_94(min)	0	0	-0.00478	-0.856334	1.173
TH_HSLM_7_102(min)	0	0	-0.00486	-0.577619	1.193
TH_HSLM_7_111(min)	0	0	-0.00511	-0.464664	1.254
TH_HSLM_7_119(min)	0	0	-0.00513	-1.133652	1.259
TH_HSLM_7_127(min)	0	0	-0.00537	-0.905686	1.317
TH_HSLM_7_135(min)	0	0	-0.0051	-1.495321	1.250
TH_HSLM_7_144(min)	0	0	-0.00518	-1.986588	1.272
TH_HSLM_7_152(min)	0	0	-0.00518	-1.532228	1.271
TH_HSLM_7_160(min)	0	0	-0.00542	-1.873936	1.329
TH_HSLM_7_168(min)	0	0	-0.00562	-1.646646	1.380

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

TH_HSLM_7_176(min)	0	0	-0.00567	-1.109153	1.390
TH_HSLM_7_185(min)	0	0	-0.0058	-1.35106	1.423
TH_HSLM_7_193(min)	0	0	-0.00599	-0.963255	1.468
TH_HSLM_7_201(min)	0	0	-0.00616	-0.939378	1.512
TH_HSLM_7_209(min)	0	0	-0.00627	-0.891714	1.539
TH_HSLM_7_218(min)	0	0	-0.00654	-0.472943	1.604
TH_HSLM_7_226(min)	0	0	-0.00665	-0.585511	1.631
TH_HSLM_7_234(min)	0	0	-0.00656	-0.920529	1.609
TH_HSLM_7_242(min)	0	0	-0.00735	-1.105577	1.803
TH_HSLM_7_251(min)	0	0	-0.00797	-1.342358	1.955
TH_HSLM_7_259(min)	0	0	-0.00772	-1.022971	1.893
TH_HSLM_7_267(min)	0	0	-0.0082	-3.372746	2.011
TH_HSLM_7_275(min)	0	0	-0.00797	-1.376926	1.956
TH_HSLM_7_284(min)	0	0	-0.00768	-1.466114	1.883
TH_HSLM_7_292(min)	0	0	-0.00773	-1.49432	1.897
TH_HSLM_7_300(min)	0	0	-0.00769	-0.972116	1.888

HSLM_8						φ' Reale, f (V)
TH_HSLM_8_20(min)	0	0	-0.00395	-0.107536	1.000	
TH_HSLM_8_28(min)	0	0	-0.00385	-0.131055	0.975	
TH_HSLM_8_36(min)	0	0	-0.004	-0.19267	1.014	
TH_HSLM_8_45(min)	0	0	-0.00391	-0.271474	0.991	
TH_HSLM_8_53(min)	0	0	-0.00384	-0.115608	0.972	
TH_HSLM_8_61(min)	0	0	-0.00383	-0.309535	0.971	
TH_HSLM_8_69(min)	0	0	-0.00384	-0.230617	0.973	
TH_HSLM_8_78(min)	0	0	-0.00397	-0.367652	1.005	
TH_HSLM_8_86(min)	0	0	-0.00381	-0.409008	0.965	
TH_HSLM_8_94(min)	0	0	-0.0038	-0.455376	0.963	
TH_HSLM_8_102(min)	0	0	-0.00392	-0.31883	0.992	
TH_HSLM_8_111(min)	0	0	-0.00401	-0.384648	1.017	
TH_HSLM_8_119(min)	0	0	-0.00394	-0.726075	0.997	
TH_HSLM_8_127(min)	0	0	-0.00414	-0.681752	1.048	
TH_HSLM_8_135(min)	0	0	-0.00446	-1.509329	1.129	
TH_HSLM_8_144(min)	0	0	-0.00437	-0.935311	1.106	
TH_HSLM_8_152(min)	0	0	-0.00419	-1.170276	1.062	
TH_HSLM_8_160(min)	0	0	-0.0042	-1.331299	1.064	
TH_HSLM_8_168(min)	0	0	-0.00419	-1.108682	1.061	
TH_HSLM_8_176(min)	0	0	-0.00437	-0.769456	1.108	
TH_HSLM_8_185(min)	0	0	-0.00452	-0.876793	1.146	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica		
	IN17	10	EI2CLVI0005009		A

TH_HSLM_8_193(min)	0	0	-0.00453	-0.954792	1.147
TH_HSLM_8_201(min)	0	0	-0.00446	-0.957441	1.130
TH_HSLM_8_209(min)	0	0	-0.00484	-0.769015	1.225
TH_HSLM_8_218(min)	0	0	-0.00454	-0.35524	1.150
TH_HSLM_8_226(min)	0	0	-0.00465	-0.498708	1.178
TH_HSLM_8_234(min)	0	0	-0.00451	-0.700034	1.141
TH_HSLM_8_242(min)	0	0	-0.00446	-1.127917	1.129
TH_HSLM_8_251(min)	0	0	-0.00447	-0.748619	1.131
TH_HSLM_8_259(min)	0	0	-0.00424	-1.028771	1.074
TH_HSLM_8_267(min)	0	0	-0.00425	-3.005473	1.077
TH_HSLM_8_275(min)	0	0	-0.00471	-1.432025	1.192
TH_HSLM_8_284(min)	0	0	-0.00416	-1.239739	1.053
TH_HSLM_8_292(min)	0	0	-0.00494	-1.279961	1.252
TH_HSLM_8_300(min)	0	0	-0.00447	-1.04097	1.132

HSLM_9		$\varphi'_{\text{Reale, f}} (V)$			
TH_HSLM_9_20(min)	0	0	-0.00434	-0.112149	1.000
TH_HSLM_9_28(min)	0	0	-0.0043	-0.185829	0.992
TH_HSLM_9_36(min)	0	0	-0.00442	-0.214752	1.019
TH_HSLM_9_45(min)	0	0	-0.00434	-0.229612	1.000
TH_HSLM_9_53(min)	0	0	-0.00428	-0.120637	0.986
TH_HSLM_9_61(min)	0	0	-0.00429	-0.247125	0.991
TH_HSLM_9_69(min)	0	0	-0.00429	-0.24849	0.991
TH_HSLM_9_78(min)	0	0	-0.00443	-0.361041	1.023
TH_HSLM_9_86(min)	0	0	-0.00423	-0.34456	0.975
TH_HSLM_9_94(min)	0	0	-0.00428	-0.703328	0.987
TH_HSLM_9_102(min)	0	0	-0.00425	-0.473323	0.980
TH_HSLM_9_111(min)	0	0	-0.00432	-0.346943	0.997
TH_HSLM_9_119(min)	0	0	-0.00438	-0.665469	1.011
TH_HSLM_9_127(min)	0	0	-0.00433	-0.749111	0.999
TH_HSLM_9_135(min)	0	0	-0.00491	-1.539431	1.132
TH_HSLM_9_144(min)	0	0	-0.00515	-0.744573	1.188
TH_HSLM_9_152(min)	0	0	-0.00487	-1.267335	1.123
TH_HSLM_9_160(min)	0	0	-0.00466	-2.160998	1.075
TH_HSLM_9_168(min)	0	0	-0.00473	-2.193399	1.092
TH_HSLM_9_176(min)	0	0	-0.00488	-1.214127	1.126
TH_HSLM_9_185(min)	0	0	-0.00508	-1.439051	1.172
TH_HSLM_9_193(min)	0	0	-0.00502	-0.905888	1.157
TH_HSLM_9_201(min)	0	0	-0.00498	-0.933266	1.149

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

TH_HSLM_9_209(min)	0	0	-0.00541	-0.888964	1.248
TH_HSLM_9_218(min)	0	0	-0.00507	-0.382203	1.169
TH_HSLM_9_226(min)	0	0	-0.00519	-0.62134	1.197
TH_HSLM_9_234(min)	0	0	-0.00502	-0.654677	1.158
TH_HSLM_9_242(min)	0	0	-0.00497	-1.020874	1.146
TH_HSLM_9_251(min)	0	0	-0.00498	-0.747913	1.148
TH_HSLM_9_259(min)	0	0	-0.00479	-1.022019	1.105
TH_HSLM_9_267(min)	0	0	-0.00473	-2.874997	1.091
TH_HSLM_9_275(min)	0	0	-0.00505	-1.400561	1.164
TH_HSLM_9_284(min)	0	0	-0.00561	-1.364342	1.294
TH_HSLM_9_292(min)	0	0	-0.00536	-1.092977	1.235
TH_HSLM_9_300(min)	0	0	-0.00542	-1.052394	1.249

5.2.2 Coefficiente dinamico reale

Eseguita l'analisi secondo il metodo indicato nell'Allegato 2 del MdP, è possibile identificare il coefficiente dinamico $\Phi_{reale,f} (V)$ come rapporto tra l'abbassamento massimo del nodo di controllo al transito di ogni treno alle diverse velocità e l'abbassamento massimo del medesimo nodo al transito dello stesso treno alla velocità di 20 km/h:

1. Il rapporto $\varphi'_{Reale,f} (V)$ così definito:

$$\varphi'_{Reale,f} (V) = \left| \frac{\delta_{din}(V)}{\delta_{stat}} \right| \quad (2.5.1.4.2.6.1)$$

Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	10	EI2CLVI0005009	A

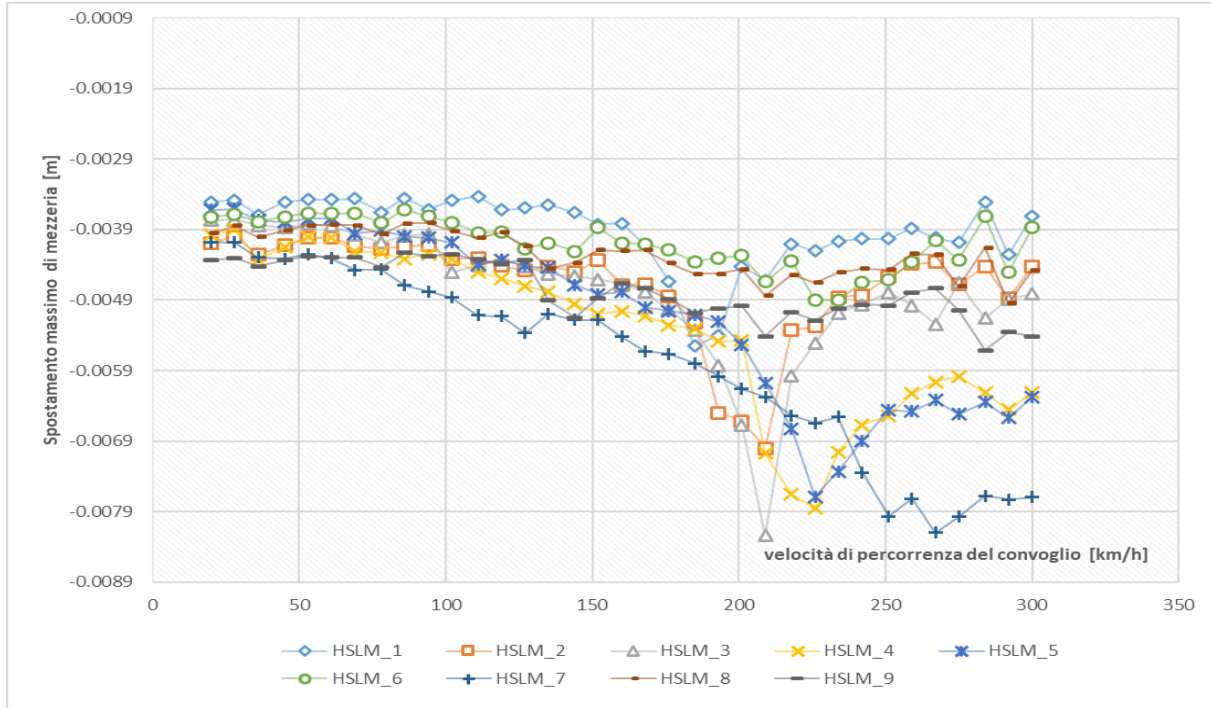


Figura 5 - Freccia massima in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

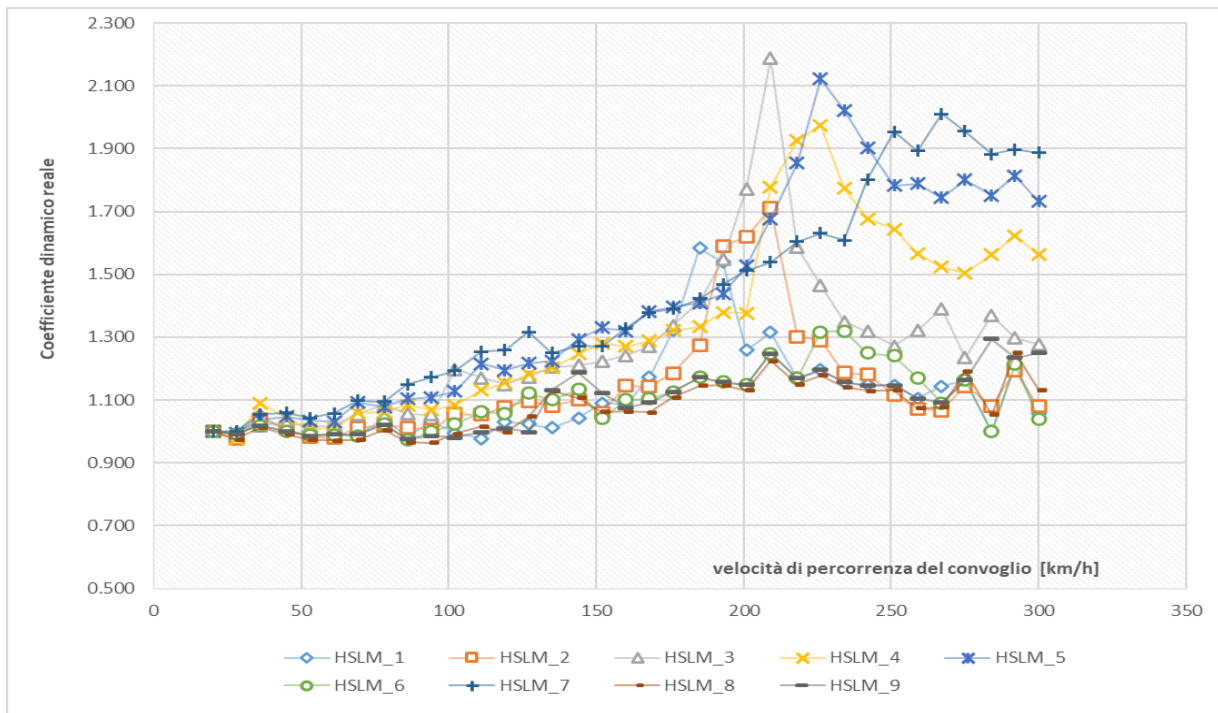


Figura 6 – Coefficiente dinamico in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009	A

Il valore massimo dell'abbassamento si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A3 alla velocità di 209km/h che corrisponde anche al massimo coefficiente dinamico, di valore $\Phi_{\text{reale},f}(V) = 2,19$.


5.3 ACCELERAZIONI

Per la valutazione della sicurezza del traffico, in termini di decompattazione del ballast, si valutano le accelerazioni massime trasmesse dai convogli:

2. L'accelerazione verticale massima AV_{max} dell'impalcato alla generica velocità V .

Il valore massimo di tale parametro dovrà rispettare i seguenti limiti:

$$AV_{\text{max}} \leq 3,50 \text{ m/sec}^2 \quad \text{nel campo di frequenze tra 0 e 20 Hz}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005009</p>	<p>A</p>

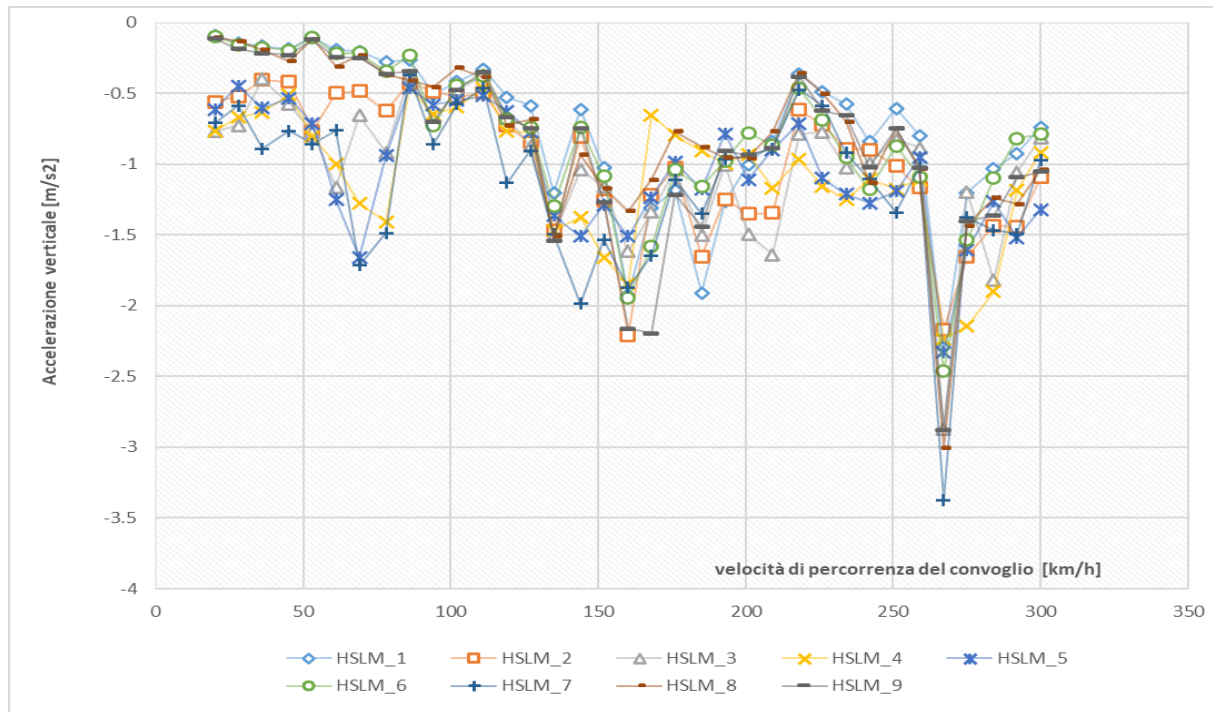


Figura 7 - Storia temporale dell'accelerazione massima in funzione della tipologia di convoglio e della sua velocità

Il valore massimo dell'accelerazione verticale si raggiunge al passaggio del convoglio HSLM-A7 alla velocità di 267km/h ed è pari ad $a_{max} = 3,373 \text{ m/s}^2$ inferiore alla massima accelerazione di picco pari a $3,50 \text{ m/s}^2$ (cfr. *Tabella 6.10 EN1991-2* [2] che richiama il punto *A2.4.4.2.1 EN1990*) e, pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

6 VERIFICHE

Verificata la condizione di sicurezza di AVmax nei limiti del par.2.5.1.4.2.6 del MdP si procede alla verifica degli effetti secondo:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009 A

$$\varphi_{TR} \cdot \left(\begin{array}{l} HSLM \\ oppure \\ RT \end{array} \right) \leq \Phi \cdot \left(\begin{array}{l} \alpha \cdot LM71'' + \alpha \cdot SW / 0 \\ oppure \\ SW / 2 \end{array} \right) \quad (2.5.1.4.2.6.3)$$

dove:

- HSLM è il modello di carico di “treno reale” per linee ad alta velocità definito in allegato 1.3;
- RT è il carico dovuto a tutti i treni reali definiti nell’allegato 1.1;
- (LM71''+SW/0) rappresenta il modello di carico più sfavorevole fra i due modelli;
- Φ è il coefficiente di incremento dinamico definito in 2.5.1.4.2.5.

Dove il coefficiente “dinamico reale” Φ_{TR} è calcolato come somma del coefficiente ϕ^{**} e del maggiore tra il massimo coefficiente dinamico $\Phi_{reale,f}$ dedotto dall’analisi dinamica diretta e il coefficiente dinamico Φ_{reale} calcolato secondo 2.5.1.4.2.2 del MdP. Dove, il coefficiente ϕ^{**} e coefficiente dinamico “reale” Φ_{reale} sono:

$$\varphi_{reale} = 1 + \varphi' + \varphi^{**}$$

Dove:

$$\varphi^{**} = \varphi'' \quad \text{per linee con normale standard manutentivo} \quad (2.5.1.4.2.5.2.1)$$

Oppure

$$\varphi^{**} = 0,50 \varphi'' \quad \text{per linee con elevato standard manutentivo} \quad (2.5.1.4.2.5.2.2)$$

In mancanza di diverse indicazioni specifiche da parte di FERROVIE, per linee diverse da quelle A.V./A.C., si applicherà:

$$\varphi^{**} = \varphi''$$

Con:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005009 A

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \text{ per } K < 0,76 \quad (2.5.1.4.2.5.2.3)$$

Oppure

$$\varphi' = 1,325 \text{ per } K \geq 0,76 \quad (2.5.1.4.2.5.2.4)$$

Dove:

$$K = \frac{v}{(2 \cdot L_{\phi} \cdot n_0)} \quad (2.5.1.4.2.5.2.5)$$

e

$$\varphi'' = \frac{\alpha}{100} \left[56e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{10}\right)^2} + 50 \left(\frac{L_{\phi} n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{20}\right)^2} \right] \quad (2.5.1.4.2.5.2.6)$$

$$\varphi'' \geq 0$$

Con:

$$\alpha = \frac{v}{22} \quad \text{se } v \leq 22 \text{ m/s} \quad (2.5.1.4.2.5.2.7)$$

$$\alpha = 1 \quad \text{se } v > 22 \text{ m/s}$$

Dove:

- v è la massima velocità permessa del veicolo [m/s];
- n_0 è la prima frequenza naturale flessionale del ponte caricato con le azioni permanenti [Hz];
- L_{ϕ} è la lunghezza caratteristica [m] in accordo con 2.5.1.4.2.5.3;
- α è un coefficiente che tiene conto della velocità

lunghezza caratteristica	L_{ϕ}	38.00
standard manutentivo		elevato
è una linea ad Alta Velocità/Capacità?		Si
prima frequenza di vibrare	n_0	2.88
coefficiente che tiene conto della velocità	α	1.0
coefficiente	k	0.32
coefficiente di amplificazione dinamica	φ'	0.458
coefficiente di amplificazione dinamica	φ''	0.005
coefficiente di amplificazione dinamica	φ''^*	0.005
coefficiente di amplificazione dinamica	φ_{reale}	1.46

coefficiente di amplificazione dinamica ottenuto dall'analisi dinamica $\varphi'_{reale,f}$ 2.188

coefficiente di amplificazione dinamica di cui 2.5.1.4.2.5.3 φ'_{reale} 1.46

φ_{TR} 2.19

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005009 A

momento massimo caratteristico statico LM/71 "+" SW/2
carico equivalente caratteristico statico
coefficiente dinamico statico funzione del livello manut.

$M_{k,Statico}$ 24281.3 KN m
 $Q_{k,Statico}$ 134.5 Kn/m
 Φ_2 1.06

momento massimo caratteristico dinamico HLSM-A
carico equivalente caratteristico dinamico
coefficiente dinamico reale

$M_{k,Dinamico}$ 7117.58 KN m
 $Q_{k,Dinamico}$ 39.4 Kn/m
 φ_{TR} 2.19
C.S. 0.61 <1

7 CONCLUSIONI

Con riferimento alle risultanze delle analisi effettuate si possono ritenere soddisfatte le verifiche richieste e quindi convalidare i modelli di carico teorici con i coefficienti dinamici [Φ_2 ; Φ_3] per la progettazione e verifica dell'impalcato.