

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

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

Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55

Relazione di calcolo Spalla S1

L'Appaltatore Ing. Gianguido Babini	A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	I progettisti (il Direttore della progettazione) Ing. Massimo Facchini
Data Dicembre 2022	firma	Data Dicembre 2022
		firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	V I 1 4 0 4	0 0 1	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Marino	Dicembre 2022	Martignoni	Dicembre 2022	Rinaldi	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento per RdV	Marino	23/05/23	Martignoni	24/05/23	Rinaldi	25/05/23	

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>1</b>

## INDICE

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Descrizione della spalla in esame .....	6
<b>3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
3.1 Normativa di riferimento .....	8
3.2 Normativa tecnica nazionale .....	8
3.3 Manuali ITF .....	9
3.4 Bibliografia e altri riferimenti .....	9
<b>4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>10</b>
4.1 Calcestruzzo .....	10
4.2 Acciaio .....	11
4.3 Durabilità .....	12
<b>5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....</b>	<b>16</b>
5.1 Caratteristiche delle opere.....	16
5.2 Criteri generali di verifica .....	16
5.3 Software di calcolo .....	23
5.4 Validazione programmi di calcolo .....	25
<b>6.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>26</b>
6.1 Categoria di sottosuolo.....	26
6.2 Capacità portante dei pali e stratigrafia di progetto.....	26
<b>7.. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>27</b>
7.1 Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ ).....	27
7.2 Azioni permanenti non strutturali ( $G_2$ ).....	27
7.3 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ ) .....	30
7.4 Spinta del terreno ( $G_3$ ).....	31
7.5 Azioni variabili verticali (Q) .....	34
7.6 Azioni Eccezionali (A).....	44
7.7 Azioni variabili orizzontali (Q) .....	49
7.8 Azione del vento ( $Q_6$ ) .....	61
7.9 Azione sismica (e).....	66
7.10 Variazioni termiche ( $Q_7$ ) .....	80
7.11 Attrito ( $Q_8$ ) .....	80
7.12 Scarichi agli appoggi .....	81

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>

<b>8..</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>83</b>
8.1	Combinazioni di carico adottate.....	84
<b>9..</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>86</b>
9.1	Elementi in cemento armato.....	86
<b>10.</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>92</b>
<b>11.</b>	<b>ANALISI SPALLA MOBILE S1.....</b>	<b>94</b>
11.1	Azione impalcati.....	94
11.2	Sollecitazioni elevazione .....	100
11.3	Sollecitazioni in fondazione .....	108
11.4	Sollecitazioni muro paraghiaia.....	117
11.5	Sollecitazioni muro d'ala.....	121
11.6	Verifiche Muro Frontale .....	129
11.7	Verifiche plinto fondazione .....	141
11.8	Verifiche muro d'ala.....	151
11.9	Verifiche Muro Paraghiaia .....	165
<b>12.</b>	<b>VERIFICHE LOCALI.....</b>	<b>171</b>
12.1	Baggioli .....	171
12.2	Deformabilità spalla.....	173
12.3	Ritegni.....	176
<b>13.</b>	<b>RIEPILOGO INCIDENZE C.A. ....</b>	<b>178</b>
<b>14.</b>	<b>APPOGGI E GIUNTI.....</b>	<b>179</b>
14.1	Appoggi.....	179
14.2	Escursione dei giunti .....	180

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>3</b>

## 1. PREMESSA

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

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

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

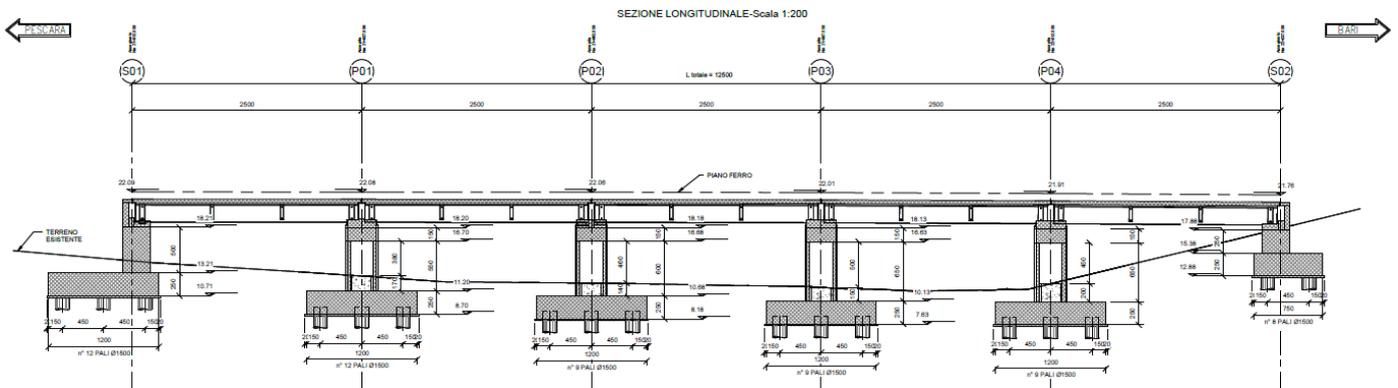
**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>4</b>

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica della Spalla mobile denominata S01 che sostiene la campata in c.a.p. da 25 m del viadotto ferroviario denominato VI14, previsto tra le progressive chilometriche km 21+912,55 a km 21+037,55.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a circa 125m è a doppio binario composto da 3 campate in semplice appoggio da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso. La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m.

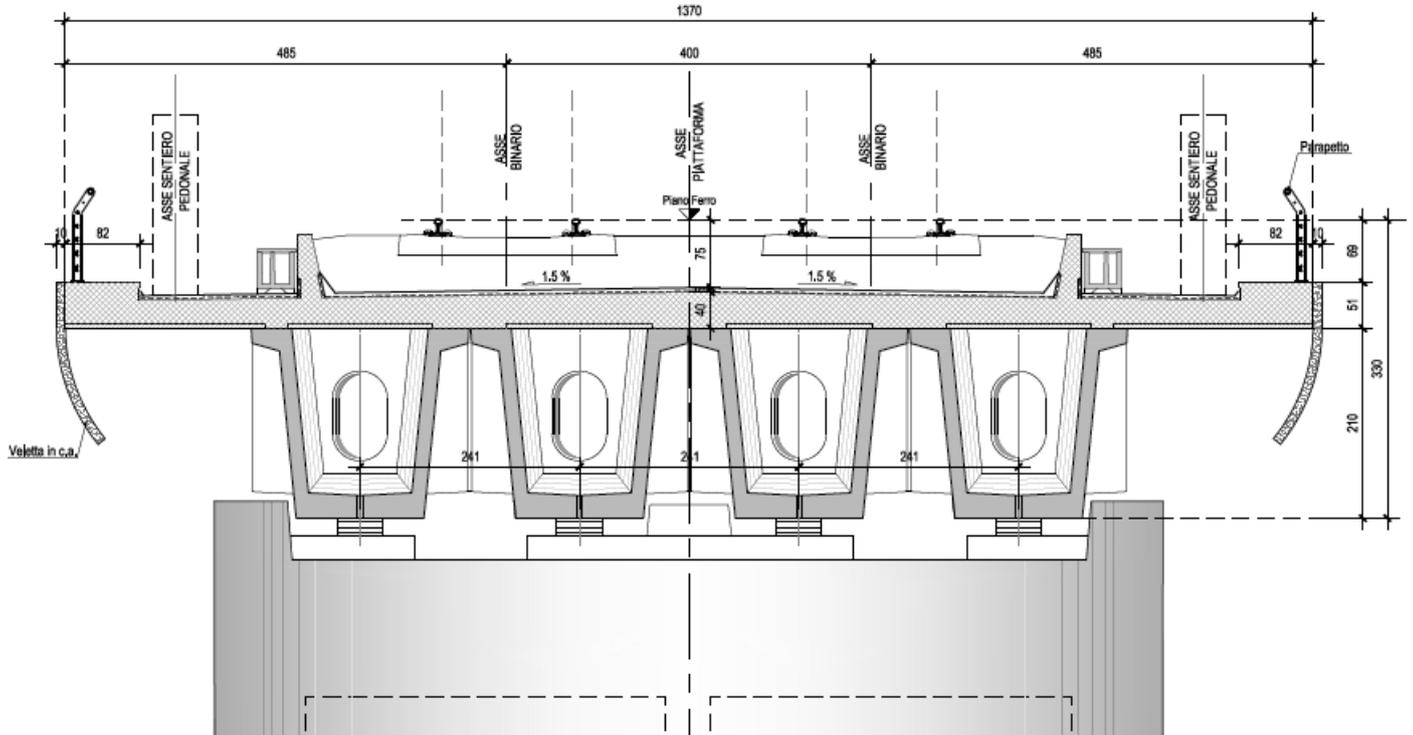


*Figura 1 – Profilo longitudinale VI14*

Gli impalcati in c.a.p. sono costituiti da quattro cassoncini in c.a.p. preteso hanno altezza pari a 2.10 m ed interasse pari a 2.41 m. Al di sopra dei cassoncini viene realizzata una soletta in calcestruzzo gettata in opera avente spessore variabile da un minimo di 0.30 m ad un massimo di 0.40 in asse impalcato.

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>5</b>



*Figura 2 – Sezione trasversale impalcato*

Nel presente documento si analizzano alcune delle sottostrutture del viadotto in esame.

WBS	SPALLE	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
			R <sub>min</sub> [m]	Lato sx	L [m]	App.	Lato dx	L [m]	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D <sub>pali</sub> [m]	n <sub>pali</sub> [m]	Stratig.	Liquefaz.	Scalam. [m]
VI14	S01	5.00	2200	-	-	-	C.a.p.	25	Mobile	S4	B	1.5	12	1	NO	-
	S02	2.5	2200	C.a.p.	25	Fisso	-	-	-	S4	B	1.5	8	8	NO	-

*Tabella 1 – Sintesi delle spalle VI14*

Oggetto del presente documento sono quindi le analisi e le verifiche delle spalle, in particolare della spalla S01, relativa all'impalcato in c.a.p.

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>6</b>

## 2.1 DESCRIZIONE DELLA SPALLA IN ESAME

Le sottostrutture consistono in due spalle con fondazioni di tipo profondo su pali. La spalla indicata con “S01” è la spalla mobile mentre quella indicata con “S02” è la spalla fissa. Il presente documento contiene le verifiche strutturali e geotecniche della spalla S01.

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

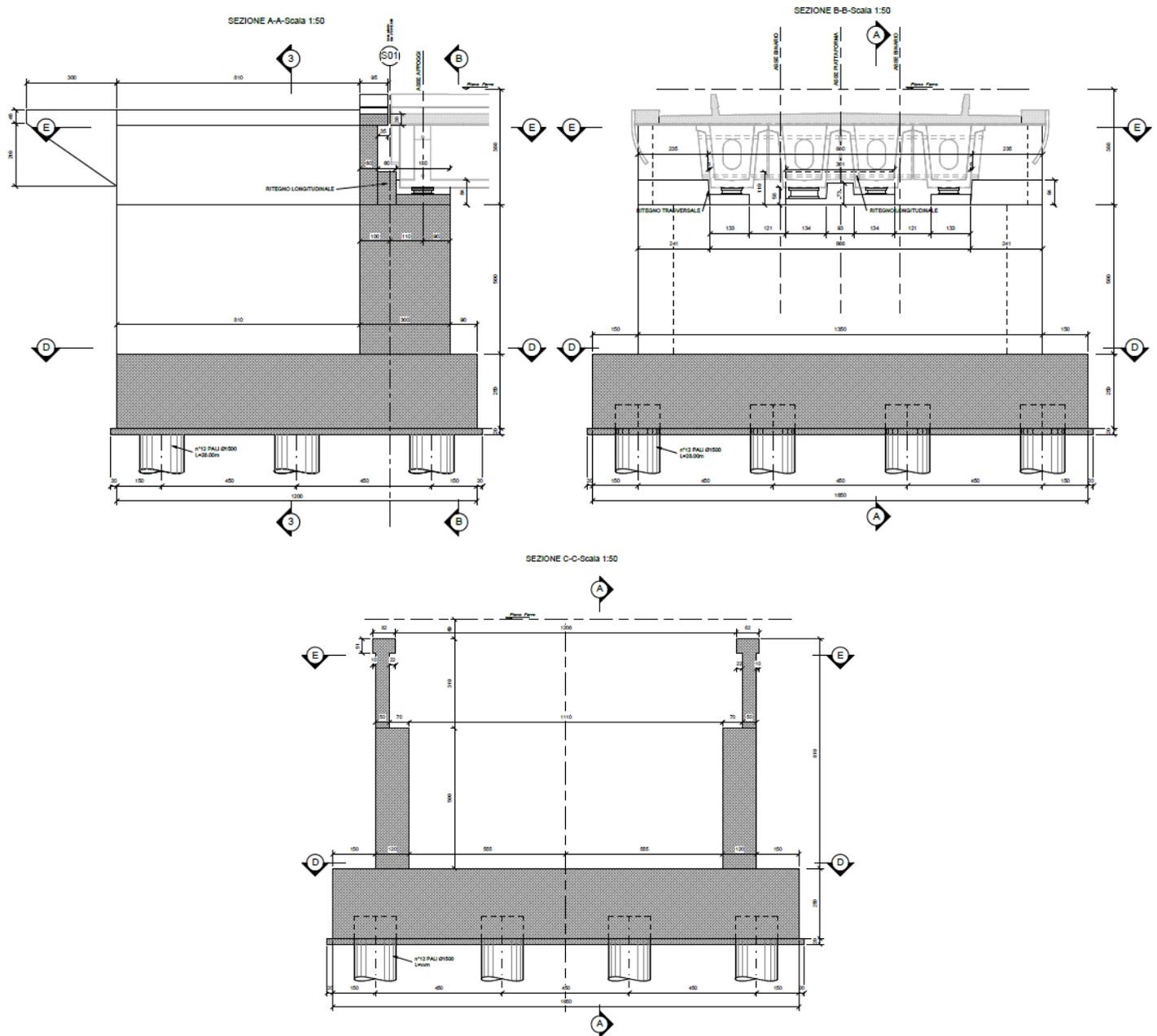
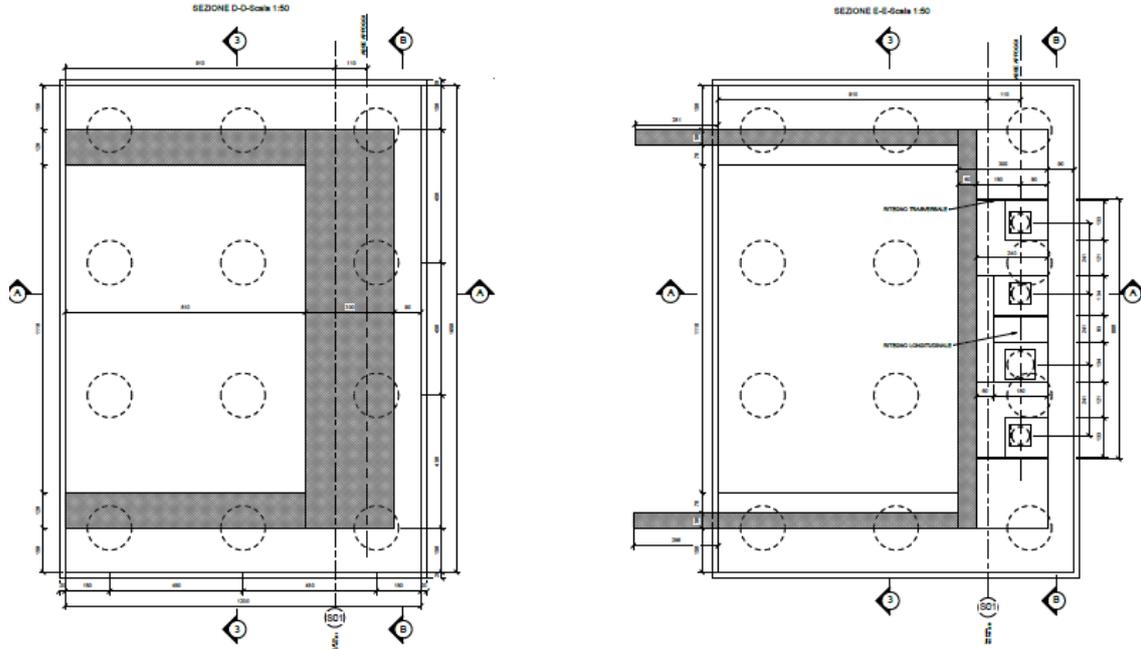


Figura 3 – Sezioni in direzione longitudinale e trasversale

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>7</b>



*Figura 4 – Vista in pianta*

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>8</b>

### 3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

##### 3.1.1 Specifiche tecniche interoperabilità ferroviarie

[1] Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

##### 3.1.2 Materiali

[2] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206”;

[3] UNI EN 206: 2014 – “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

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

*Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”*

[4] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;

[5] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;

[6] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;

[7] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

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

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

[9] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;

*Eurocodice 3 - “Progettazione delle strutture in acciaio”*

[10] UNI EN 1993-1-1:2014 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[11] UNI EN 1993-1-3:2007 – “Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l’impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo”;

#### 3.2 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

[12] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;

[13] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

[14] D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”;

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>9</b>

[15] Circolare LL.PP. n°617 02/02/2009 - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

### 3.3 MANUALI ITF

- [16] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di progettazione delle opere Civili;
- [17] RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili;
- [18] RFI DINIC MA PO 00 001 B - Manuale di progettazione Ponti
- [19] RFI DTC ICI PO SP INF 001 A - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari del 12/10/2009
- [20] RFI DINIC MA PO 00 001 C - Prescrizioni tecniche per la progettazione esecutiva ponti Vol.1 e vol.2
- [21] RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- [22] RFI DTC INC PO SP IFS 005 A - Specifica per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e cavalcavia.

### 3.4 BIBLIOGRAFIA E ALTRI RIFERIMENTI

- [23] Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [24] Migliacci – F. Mola – "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a." - Masson Italia Editori 1985
- [25] C. Cestelli Guidi - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni" - Ulrico Hoepli Editore 1987
- [26] R. Lancellotta – "Geotecnica" - Edizioni Zanichelli 1987
- [27] Bowles J.E.: "Foundations Analysis and Design" 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- [28] Bustamante M., Gianceselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>10</b>

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Calcestruzzo per magrone sottofondi

Classe minima	C12/15
Classe di esposizione ambientale	XC0

#### 4.1.2 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione

Classe minima	C25/30
Classe di esposizione ambientale	XC2
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck} \geq 30$ MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 24.90$ MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 2.56$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79$ MPa
<u>Stato limite ultimo</u>	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{CC} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 14.11$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.19$ MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$\epsilon_{cu} = 3.5 \%$
<u>Stato limite di esercizio</u>	
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 13.70$ MPa
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.	$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 9.96$ MPa

#### 4.1.3 Calcestruzzo parti in elevazione pile, spalle e solettoni

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

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	11

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$  MPa  
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$  MPa

#### 4.1.4 Calcestruzzo per baggioli e ritegni

Classe minima C32/40  
Classe di esposizione ambientale XC4 – XS1  
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 40$  MPa  
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 33.20$  MPa  
Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$  MPa  
Modulo elastico  $E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$  MPa  
Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 3.10$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17$  MPa

Stato limite ultimo  
Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{CC} = 0.85$   
Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.81$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45$  MPa  
Valore ultimo della deformazione a compressione  $\epsilon_{cu} = 3.5$  ‰

Stato limite di esercizio  
Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$  MPa  
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$  MPa

## 4.2 ACCIAIO

### 4.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione  $f_{tk} = \geq 540$  MPa  
Tensione caratteristica di snervamento a trazione  $f_{yk} = \geq 450$  MPa  
Modulo elastico  $E_s = 200000$  MPa

Stato limite ultimo  
Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.15$   
Resistenza di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$  MPa  
Valore ultimo della deformazione a trazione  $\epsilon_{cu} = 10$  ‰

Stato limite di esercizio  
Tensione max di trazione  $\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.50$  MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>12</b>

### 4.3 DURABILITÀ

#### 4.3.1 Conglomerati cementizi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206: 2016 e UNI 11104: 2016, delle istruzioni contenute nella C.M. n°7 per l'applicazione delle NTC 2008, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

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

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

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

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

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

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

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

UNI 11104:2016	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,80	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45			
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	340	320	340	360			
Contenuto minimo in aria (%)													b)	4,0 a)					
Altri requisiti					E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati. c)				

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TS 15177 0 UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore  $k$  il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

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

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

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

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

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

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>13</b>

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Tabella 4 - Condizioni ambientali e classi di esposizione

NOME: <b>FONDAZIONI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)	Rev. 00.1	
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b> Corrosione da carbonatazione <b>XC2</b> Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.			
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)		Mix design di progetto: XC2 0,6 C25/30 300 - - - -	
Rapporto max A/C	XC2 0,60		
Classe di resistenza minima	C25/30		
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	300		
Contenuto minimo di aria (%)	-		
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-		
Cemento resistente ai solfati	-		
Cemento resistente all'acqua di mare	-		
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b> $c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$ (Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1) $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ (Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)			
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm) <b>10</b>	
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm) <b>26</b>	
Tipo di acciaio <b>Ordinario</b>			
$\varnothing$ (mm) <b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)		
$D_{upper}$ (mm) <b>25</b>	dimensione max aggregato		
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)		$c_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>	
Ambiente Ordinario			
Vita nominale <b>75</b>	valori tabella +5 mm	C <b>C25/30</b> Classe di resistenza utilizzata	
Controllo qualità speciale cls <b>NO</b>	valori tabella	$C_0$ C35/45	
Elemento a piastra <b>NO</b>		$C_{min}$ C25/30	
NTC 2008	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) <b>40</b>

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	14

NOME: <b>ELEVAZIONI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)				Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>					
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.			
Corrosione da cloruri marini	<b>XS1</b>	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.			
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)					Mix design di progetto:
		XC4		XS1	XC4+XS1
Rapporto max A/C		0,50		0,50	0,5
Classe di resistenza minima		C32/40		C32/40	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)		340		340	340
Contenuto minimo di aria (%)		-		-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)		-		-	-
Cemento resistente ai solfati		-		-	-
Cemento resistente all'acqua di mare		-		SI	SI
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>					
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$				(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$				(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)					$\Delta c_{dev}$ (mm) <b>10</b>
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)					$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)					$c_{min,b}$ (mm) <b>26</b>
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>				
$\varnothing$ (mm)	<b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)			
$D_{upper}$ (mm)	<b>25</b>	dimensione max aggregato			
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)					$c_{min,dur}$ (mm) <b>40</b>
Ambiente Aggressivo					
Vita nominale	<b>75</b>	valori tabella +5 mm	C	<b>C32/40</b>	Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	<b>NO</b>	valori tabella	$C_0$	C40/50	
Elemento a piastra	<b>NO</b>		$C_{min}$	C30/37	
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive		Gruppo di esigenza B		Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) <b>50</b>

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>15</b>

NOME: <b>BAGGIOLI E RITEGNI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)	Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>		
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.
Corrosione da cloruri marini	<b>XS1</b>	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)		Mix design di progetto:
	XC4	XS1
Rapporto max A/C	0,50	0,50
Classe di resistenza minima	C32/40	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340	340
Contenuto minimo di aria (%)	-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-
Cemento resistente ai solfati	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	SI
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>		
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm) <b>10</b>
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm) <b>26</b>
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>	
$\varnothing$ (mm)	<b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)
$D_{upper}$ (mm)	<b>25</b>	dimensione max aggregato
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)		$c_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>
Ambiente Aggressivo		
Vita nominale	<b>75</b>	valori tabella +5 mm
Controllo qualità speciale cls	<b>SI</b>	valori tabella -5 mm
Elemento a piastra	<b>SI</b>	
		C <b>C32/40</b> Classe di resistenza utilizzata
		$C_0$ C40/50
		$C_{min}$ C30/37
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B
		Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) <b>40</b>

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	16

## 5. APPROCCIO DI CALCOLO

### 5.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

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

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

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

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

### 5.2 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

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

#### 5.2.1 Combinazioni di carico

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

$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione fondamentale SLU
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione caratteristica rara SLE
$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione frequente SLE
$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione quasi permanente SLE
$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione sismica SLE e SLU
$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione eccezionale SLU

$G_1$  masse dei pesi propri strutturali

$G_2$  masse dei carichi permanenti non strutturali

$P$  precompressione e pretensione

$Q_{ki}$  masse dei carichi accidentali

$E$  azione sismica

$A_d$  azione eccezionale

$\psi_0, \psi_1, \psi_2$  coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab.. 2.5.I oppure Tab.. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab.. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	17

## 5.2.2 Stati limite ultimi

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

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

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$  valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ )

$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$  capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ )

$F_d = \gamma_F \cdot F_k$  azioni di progetto

$X_d = X_k / \gamma_M$  proprietà del materiale di progetto

$a_d$  parametri geometrici di progetto

$\gamma_M$  coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

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

## 5.2.3 Strutture non geotecniche

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

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

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

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

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

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>18</b>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80	0,0	0,0
		0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

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

Tabella 7 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti ferroviari

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	19

## 5.2.4 Strutture geotecniche

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche strutturali (SLU STR) e geotecniche (SLU GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

### Approccio 1

Le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni ( $\gamma_F$ ), la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente la resistenza globale del sistema ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti della colonna A1 per una *Combinazione 1* e i coefficienti della colonna A2 per una *Combinazione 2*.

In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale che per quello geotecnico si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

### Approccio 2

Le verifiche si conducono con un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali per le Azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente per la resistenza globale ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (SLU EQU), come definito al §2.6.1, impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

$E_{inst,d}$  valore di progetto dell'azione instabilizzante

$E_{stb,d}$  valore di progetto dell'azione stabilizzante

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (SLU STR) o del terreno (SLU GEO), come definiti al §2.6.1, impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$E_d = \gamma_E * E(F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$R_d = 1 / \gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$F_d = \gamma_F * F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>20</b>

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(4)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{Gi}$ .

Tabella 8 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 9 - Coefficienti parziali per le resistenze nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

### 5.2.5 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [14], la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

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

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

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

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

### 5.2.6 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

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

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	21

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

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

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

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

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

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

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2018.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>22</b>

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

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

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

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

Tabella 10 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>23</b>

### 5.3 SOFTWARE DI CALCOLO

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

#### 5.3.1 Analisi strutturale generica

Titolo:



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

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

Distribuzione: HSH srl - Padova Italia

Versione: 2.4.6

#### 5.3.2 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche

Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza

Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.

Versione: 10.05a

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>24</b>

Titolo:

**Sezione generica in C.A. e C.A.P.**  
**VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE**  
**Stato Limite Ultimo**  
**Metodo n**  
**Progetto a flessione e taglio di sezione rettangolare**  
**Progetto pilastri in zona sismica**

Il modulo Progetto Sezione Rettangolare è stato sviluppato nella tesi di laurea dell'Ing. Davide Pari (2001)

Il modulo Sismica è stato parzialmente sviluppato nella tesi di laurea degli Ingg. Alberto Antonini e Giovanni Tanghetti (2006)

**by Prof. Piero Gelfi**  
**VERSIONE 7.8 (novembre 2021)**

Aggiornamento sviluppato da Ing. Paolo Bertacchini con il supporto dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia.  
 Supervisione Prof. Giovanni Metelli.

**free distribution**  
**vietata la vendita**

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

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>25</b>

## 5.4 VALIDAZIONE PROGRAMMI DI CALCOLO

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

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

#### 5.4.2 Tipo di analisi svolta

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

#### 5.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

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

#### 5.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

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

#### 5.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### 5.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	26

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle indagini sismiche (M5) è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo B.

### 6.2 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Vedi relazioni di calcolo di verifica pali.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>27</b>

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G<sub>1</sub>)

Nome	$\gamma_G$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP (cat. G <sub>1</sub> )	1.00 / 1.30	-	-	-
PP (ponti stradali)	1.00 / 1.35	-	-	-

Per gli elementi in c.a. si considera un peso specifico  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ , per gli elementi in acciaio  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$ .

Le azioni permanenti strutturali comprendono il peso proprio delle travi e il peso proprio della soletta.

Per il peso proprio delle travi di lunghezza 24.30 m, si considera un valore pari a 35 kN/m.

Per il peso proprio della soletta, si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 25 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce  $L=25 \text{ m}$ , di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
PP travi	35	35	35	35
PP soletta	52	4	4	52

Reazioni totali appoggio	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>1</sub> )	1075	475	475	1075

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

Nome	$\gamma_G$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP (ponti ferroviari)	1.00 / 1.50	-	-	-

Per le valutazioni sul calcolo degli scarichi agli appoggi delle singole campate si fa riferimento all'analisi dei carichi impalcato, che sono ricavate del modello locale usato per l'analisi della soletta, riportate sulla relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce  $L=25 \text{ m}$ .

Si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 25 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce  $L=25 \text{ m}$ , di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>28</b>

### 7.2.1 Ballast (G<sub>2,1</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Ballast	26	40	40	26

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,1</sub> )	325	500	500	325

Inoltre, sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal peso del cassonetto di ballast, di larghezza circa 9.00 m, spessore 0.80 m e peso specifico 20 kN/m<sup>3</sup>.

Si valuta come carico permanente associato una pressione uniforme mediata sulla larghezza della spalla di 13.50 m, come di seguito esposto:

$$G_2 = (0.80 \cdot 20 \cdot 8.2) / (13.50) = 9.72 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

### 7.2.2 Velette (G<sub>2,2</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Velette	18	-11	-11	18

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,1</sub> )	225	-138	-138	225

### 7.2.3 Arredi (G<sub>2,3</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Arredi	34	-18	-18	34

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,1</sub> )	425	-225	-225	425

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	29

#### 7.2.4 Barriere antirumore (G<sub>2,4</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Barriere	46	-26	-26	46

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,1</sub> )	575	-325	-325	575

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	30

### 7.3 RITIRO DEL CALCESTRUZZO (E<sub>2</sub>)

Nome	Tipo	$\gamma_{e2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

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

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

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

Nel caso in cui l'impalcato presenti uno schema isostatico, il ritiro secondario viene interamente assorbito dalle sezioni resistenti longitudinali con l'insorgenza di sole deformazioni cinematiche e nessuna tensione aggiuntiva, pertanto tale azione non viene trattata direttamente per il calcolo delle sottostrutture in oggetto.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	31

## 7.4 SPINTA DEL TERRENO (G<sub>3</sub>)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

Nome	Tipo	γ <sub>G1</sub> (Fav / Sfav)	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
TERRENO, FALDA	Permanente	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios  $v_s/h$

Kind of wall movement		$v_s/h$ loose soil %	$v_s/h$ dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_s$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

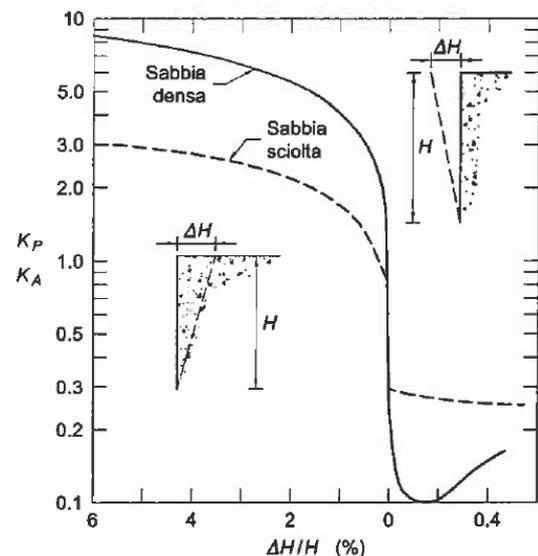


Figura 5 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancellotta (1999)

### 7.4.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	32

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1$$

grado di sovraconsolidazione

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

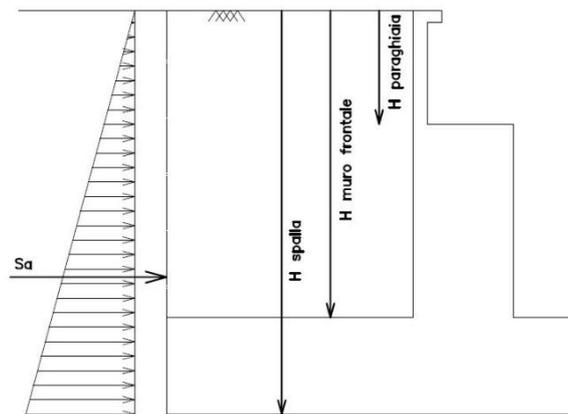


Figura 6: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

## 7.4.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\operatorname{ser}^2(\psi + \varphi)}{\operatorname{ser}^2 \psi \cdot \operatorname{ser}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\operatorname{ser}(\varphi + \delta) \cdot \operatorname{ser}(\varphi - \beta)}{\operatorname{ser}(\psi - \delta) \cdot \operatorname{ser}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$$\sigma_v(z)$$

pressione verticale del terreno

$$H$$

altezza della parete di spinta

$$\varphi$$

angolo attrito del terreno

$$\delta = 0$$

attrito tra terreno e parete

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>33</b>

$$\psi = 90^\circ$$

$\beta$

$c$

angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

$\gamma_{\text{sat}}$

$\gamma_w$

$$S_{\text{ah}} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{\text{ws}} + E_{\text{wd}}$$

$$\sigma'_h(z) = \sigma'_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$\sigma'_v(z)$

$E_{\text{ws}}$

$E_{\text{wd}}$

peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)

peso di volume dell'acqua

spinta attiva statica totale efficace sul muro

pressione orizzontale di spinta efficace del terreno

pressione verticale efficace del terreno

spinta idrostatica

spinta idrodinamica

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>34</b>

## 7.5 AZIONI VARIABILI VERTICALI (Q)

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

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

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

Per i requisiti S.T.I. imposti sulla tratta ferroviaria in progetto, per le categorie di traffico passeggeri P2/P4 il coefficiente  $\alpha = 1.0$  e per le categorie merci F1 il coefficiente  $\alpha = 1.0$ .

Nei dimensionamenti per le opere in oggetto, rimanendo a favore di sicurezza, si considerano i coefficienti imposti dalle NTC2008, superiori o uguali a quelli S.T.I., come descritto nei paragrafi successivi per i singoli modelli di carico.

Tabella 11

Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ )
<b>P1, P2, P3, P4</b>	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospeso
P1600	1,1
<b>F1, F2, F3</b>	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
F1600	1,1

Figura 7 – Specifiche Tecniche di Interoperabilità (S.T.I.) - Requisiti carichi da traffico ferroviario

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>B</b>

### 7.5.1.1 Modello di carico LM71

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

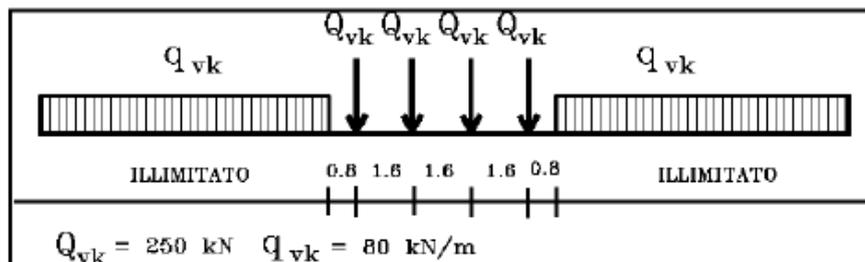


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

Figura 8 – Schema treno di carico LM71

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

### 7.5.1.2 Modello di carico SW

Per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni, il modello di carico SW/0 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale per travi continue (utilizzato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71), il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

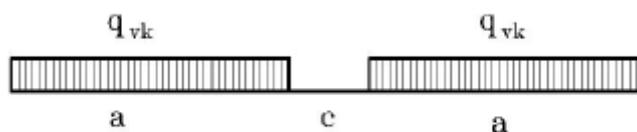


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

Tab. 5.2.I - Caratteristiche Modelli di Carico SW

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

Figura 9 – Schema treno di carico SW

Il valore del coefficiente di adattamento da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari, rispettivamente, a  $\alpha=1.1$  per il modello di carico SW/0 ed a  $\alpha=1.0$  per il modello di carico SW/2.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	36

### 7.5.1.3 Effetti dinamici

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

- per le usuali tipologie di ponti e per velocità di percorrenza non superiore a 200 km/h, quando la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici  $\Phi$  definiti in §5.2.2.2.3 D.M. 14/01/2008. Come riportato in § 2.5.1.4.2.5.2 del MdP, si adotta il coefficiente dinamico  $\Phi_3=1.00$  poiché si sta studiando il comportamento di una spalla;
- per le usuali tipologie di ponti, ove la velocità di percorrenza sia superiore a 200 km/h e quando la frequenza propria della struttura non ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente, e comunque per le tipologie non convenzionali (ponti strallati, ponti sospesi, ponti di grande luce, ponti metallici difforni dalle tipologie in uso in ambito ferroviario, ecc.) dovrà effettuarsi una analisi dinamica adottando convogli "reali" e parametri di controllo specifici dell'infrastruttura e del tipo di traffico ivi previsto, per ulteriori dettagli fare riferimento alle valutazioni contenute nella relazione di calcolo degli impalcati presenti sulla sottostruttura in oggetto.

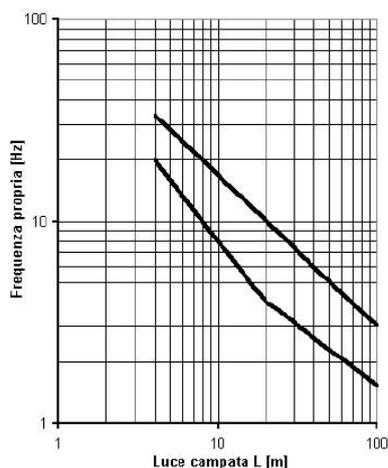
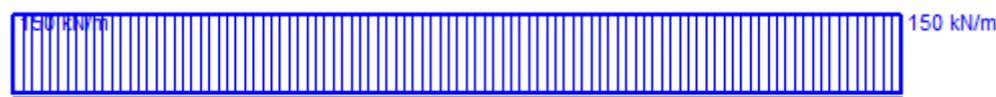


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie  $n_o$  in Hz in funzione della luce della campata

Figura 10 – Limiti frequenze proprie per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$

### 7.5.1.4 Calcolo per campata $L=25\text{ m}$

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.



MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	37

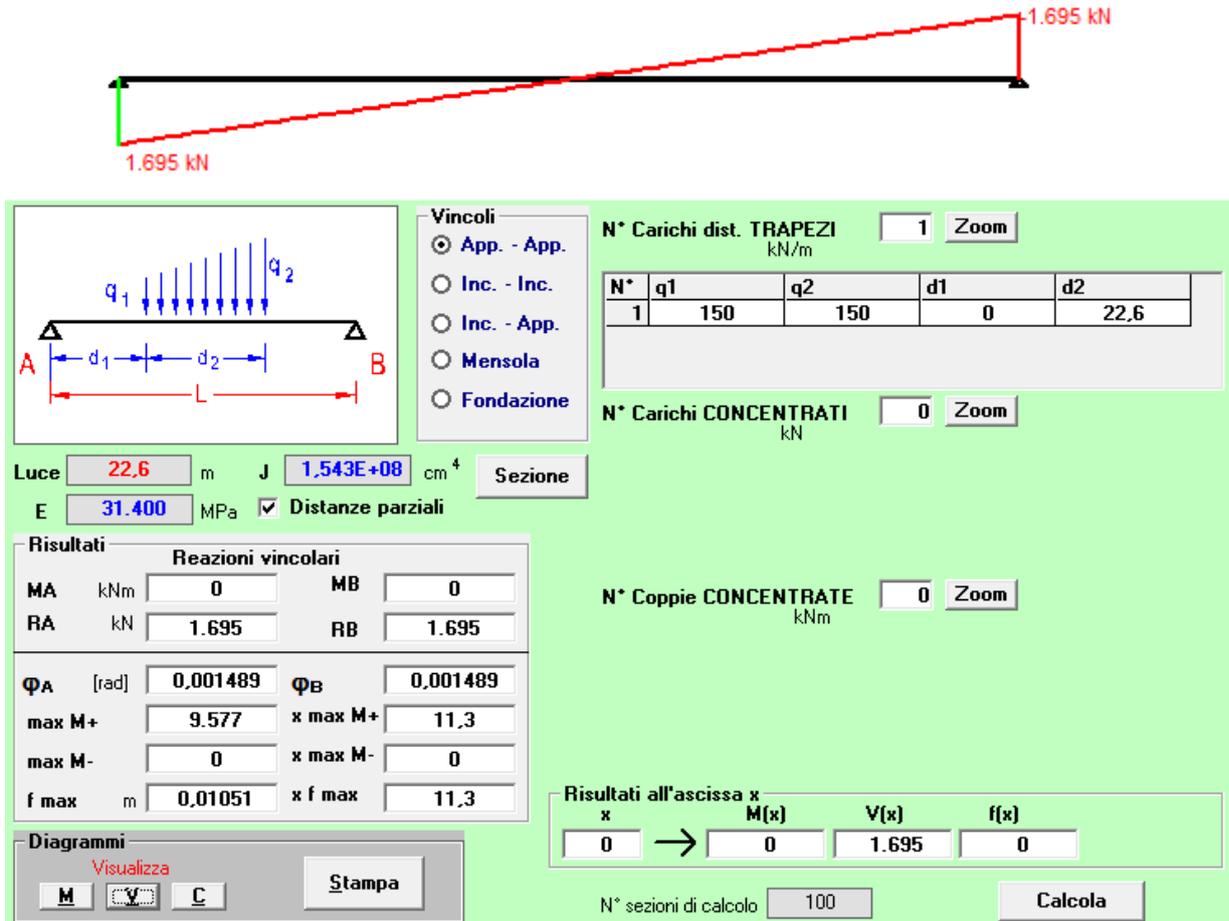


Figura 11 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico SW/2

$$V_{\max} = 1695 \text{ kN}$$

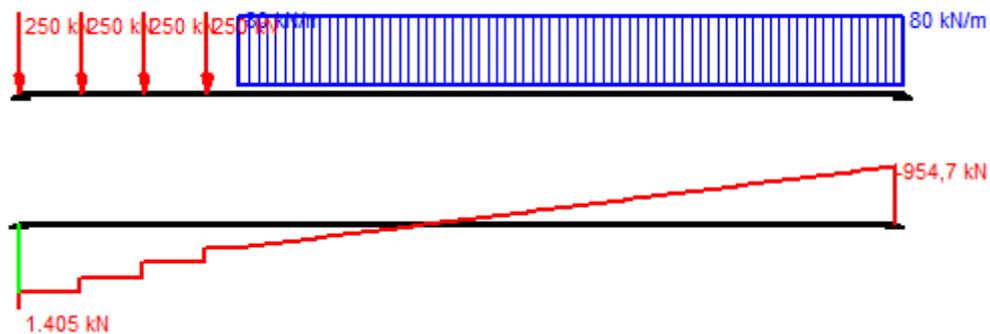
$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1695 / (22.60/2) = 150.0 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.00 \cdot 150.0 \cdot 22.60/2 = 1695.0 \text{ kN}$$

(Q1\_SW/2 B1)

Carico equivalente tagliante

Azione verticale applicata con  $e=+2.00 \text{ m}$



MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>38</b>

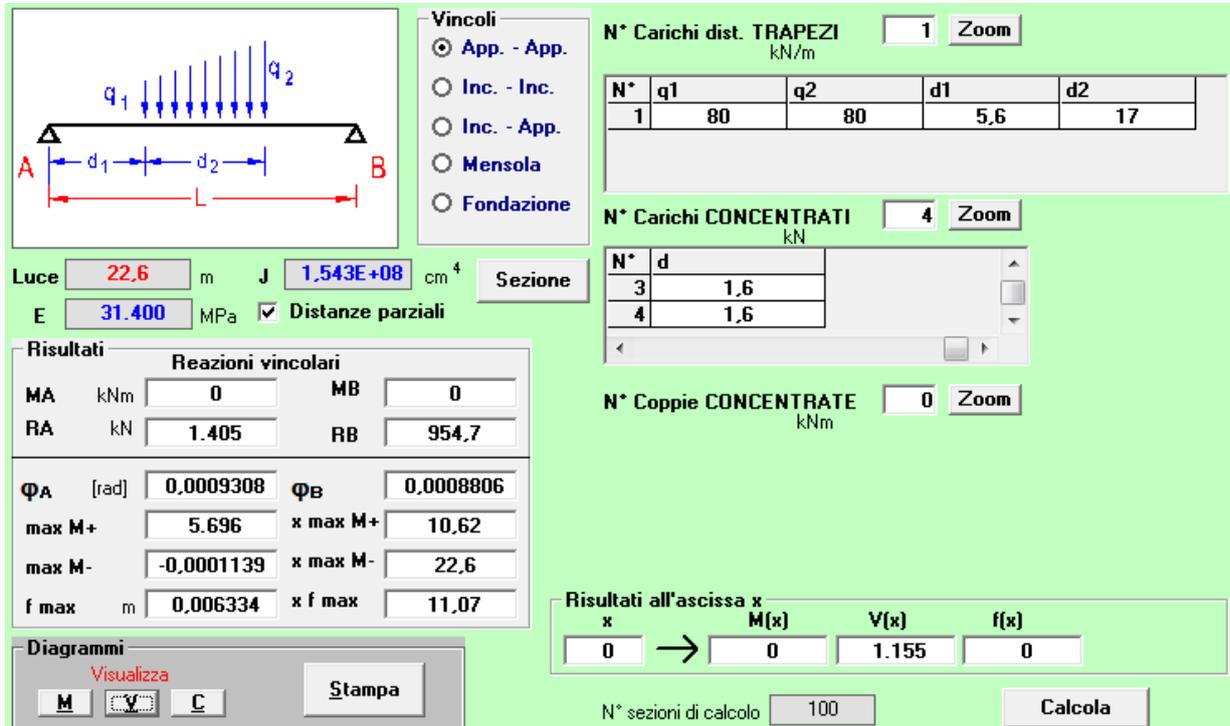


Figura 12 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico LM71

$V_{\max} = 1405 \text{ kN}$   
 $q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1405 / (22.60/2) = 124.3 \text{ kN}$   
 $Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$

(Q1\_LM71 B1)  
 Carico equivalente tagliante  
 Azione verticale applicata con e=+2.08 m

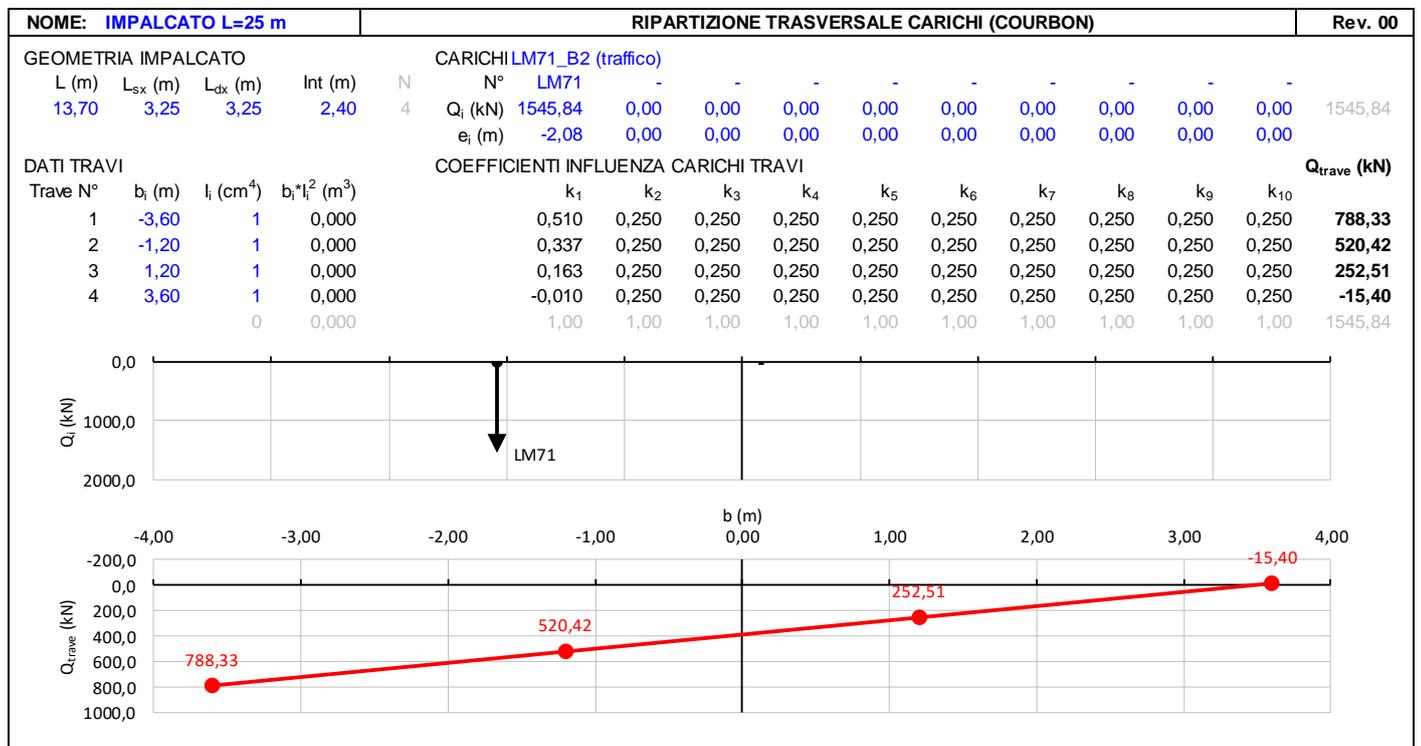
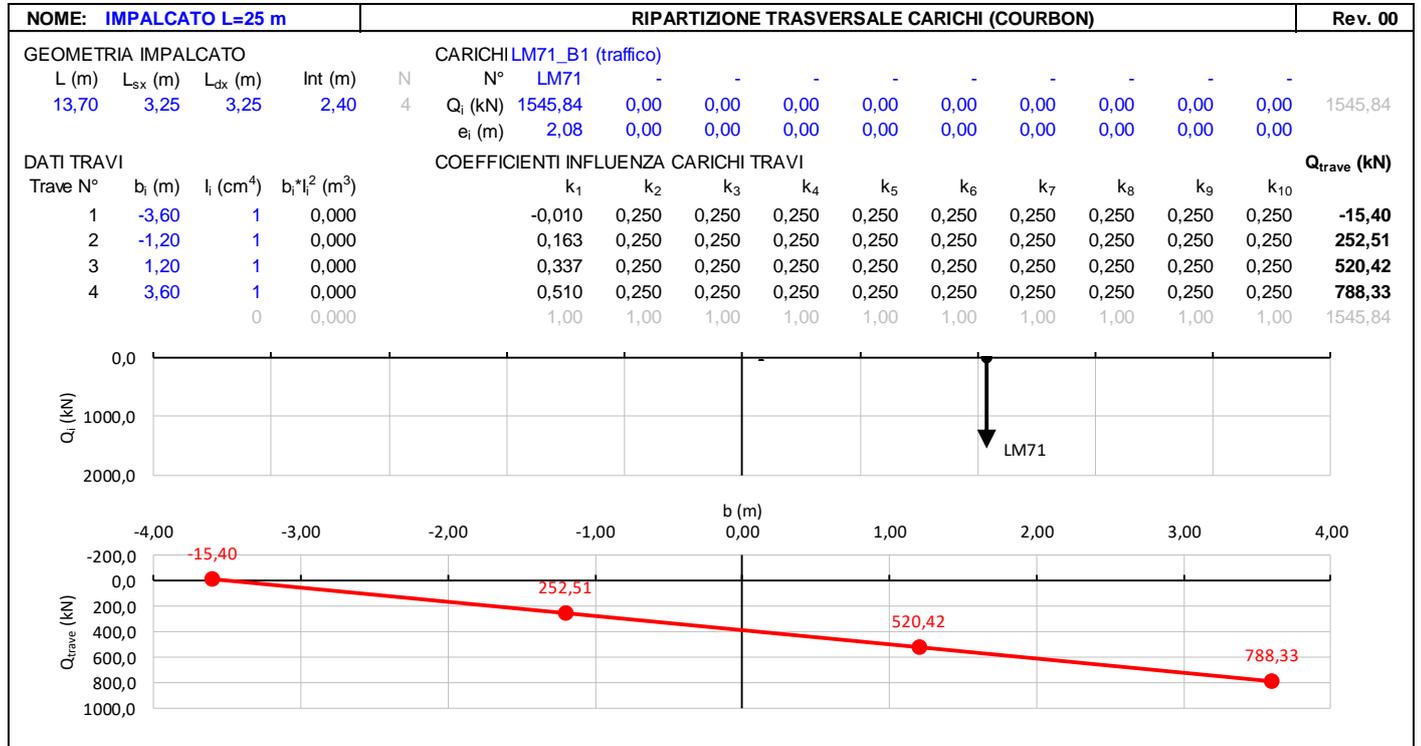
$V_{\max} = 1405 \text{ kN}$   
 $q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1405 / (22.60/2) = 124.3 \text{ kN}$   
 $Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$

(Q1\_LM71 B2)  
 Carico equivalente tagliante  
 Azione verticale applicata con e=-2.08 m

Le precedenti azioni vengono rigidamente distribuite alla Courbon calcolando in prossimità degli appoggi trave le reazioni verticali di equilibrio.

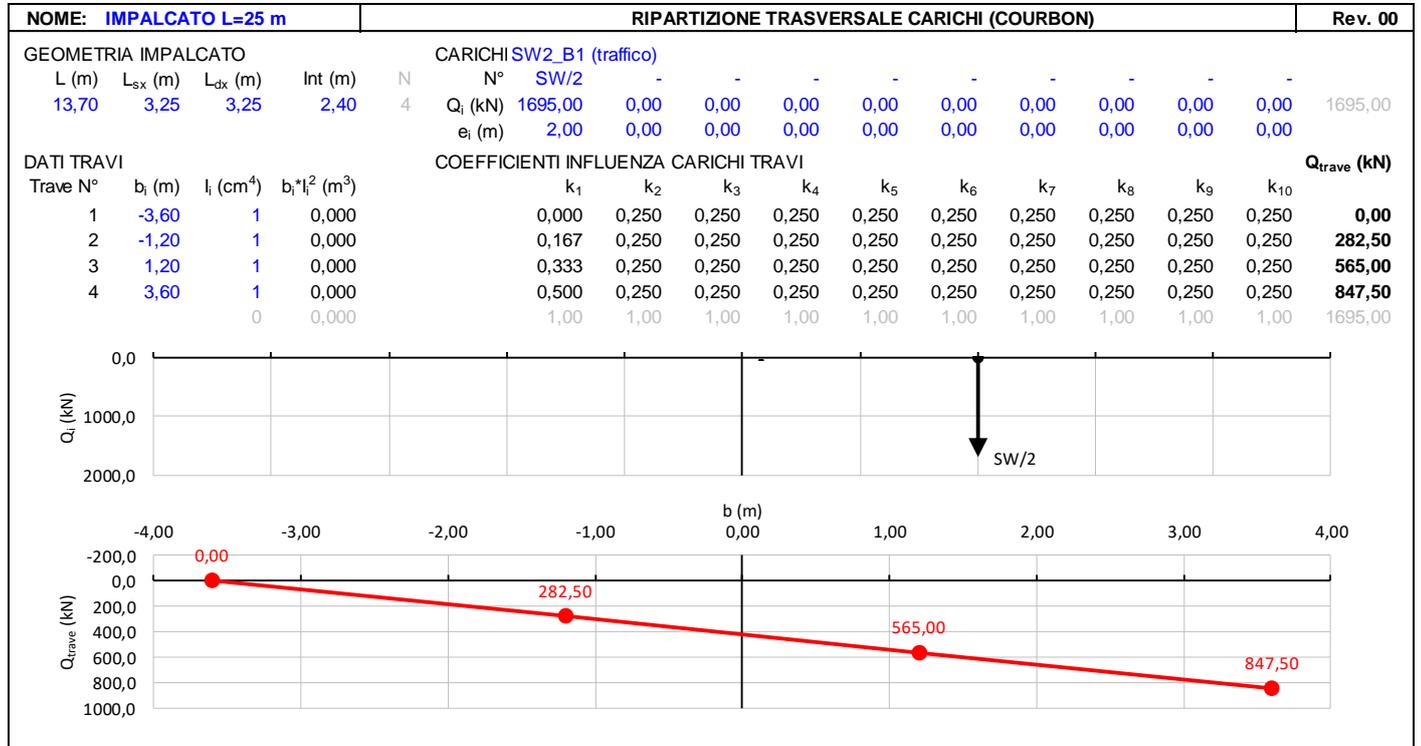
**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	39



**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	40



### 7.5.1.5 Decentramento dei carichi in tracciato curvilineo

Ai fini del calcolo delle sottostrutture, per un tracciato di lunghezza L=25 m, raggio massimo ipotetico di R=2200 m, si ha un decentramento del carico pari a circa  $e=R-\sqrt{(R^2-L^2/4)}=0,035$  m; pertanto, si ritiene tale effetto trascurabile in relazione alle dimensioni geometriche della sezione di appoggio.

### 7.5.1.6 Carichi sui marciapiedi

In accordo al punto 5.2.2.3.2, il carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e viene quindi utilizzato solo per le verifiche locali della soletta di impalcato.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	41

### 7.5.1.7 Numero di treni contemporanei

Nella progettazione andrà considerata l'eventuale contemporaneità di più treni, in genere sia per traffico normale (LM71) sia per traffico pesante (SW/2). Le azioni da traffico considerano una configurazione in campata, davanti alla spalla, in cui si massimizza il taglio all'appoggio.

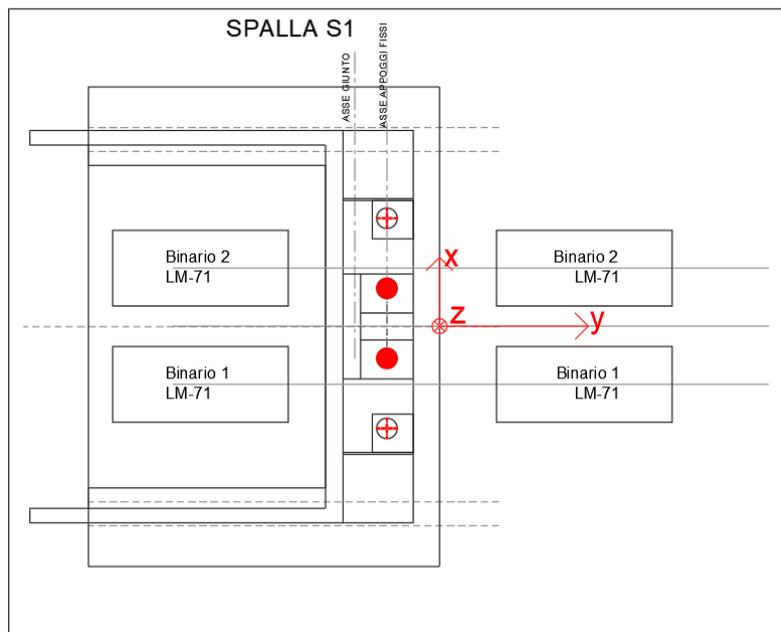
Dietro la spalla si è considerato un sovraccarico da traffico generato dalla presenza del treno di carico LM71 su entrambi i binari dietro la spalla, che si considera in contemporaneo alla presenza dei treni di carico in campata.

Le condizioni da traffico in campata valutate per le spalle sono descritte in seguito:

- Traffico-1: Due treni di carico in contemporaneo: LM71 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2.
- Traffico-2: Due treni di carico in contemporaneo: SW2 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2
- Traffico-3: Un treno di carico: SW2 sul binario 1.

Nella figura successiva vengono riportati gli schemi considerati:

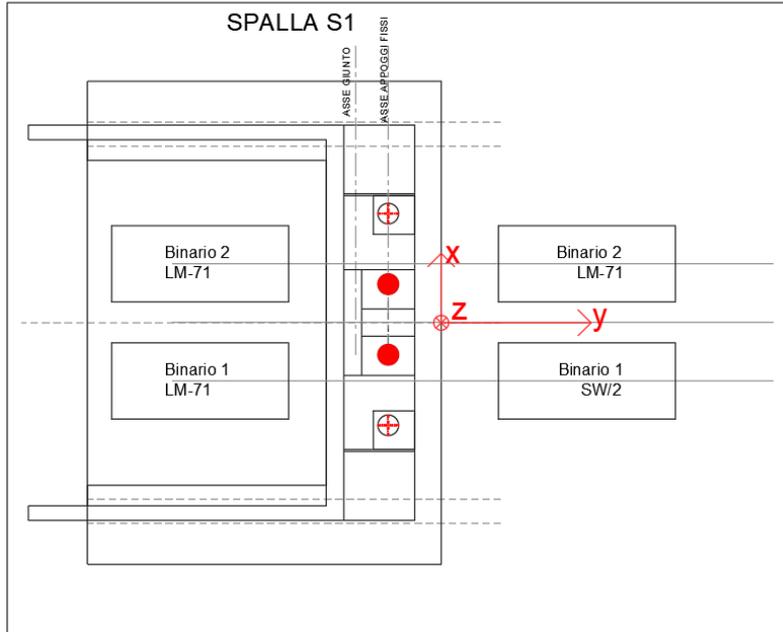
TRAFFICO-1



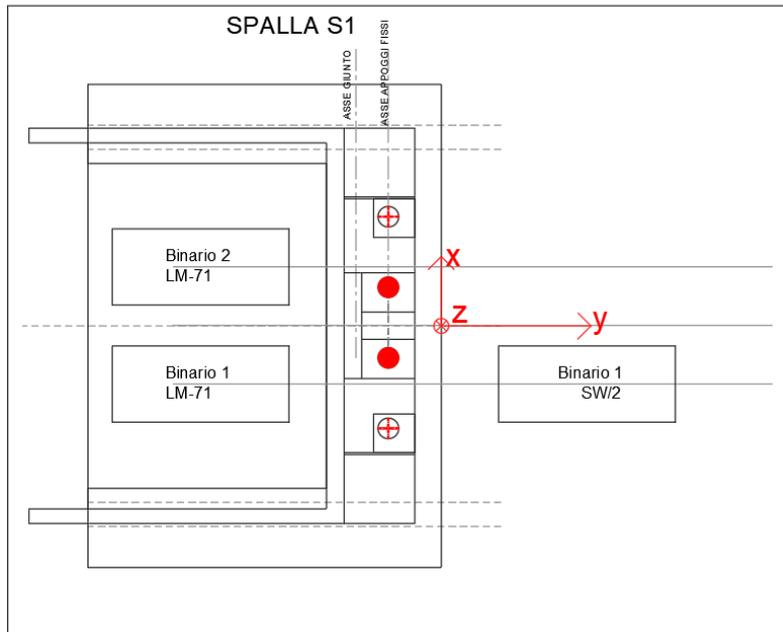
**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	42

**TRAFFICO-2**



**TRAFFICO-3**



*Figura 13 – Schemi di contemporaneità dei treni sui binari*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>43</b>

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

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

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

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Figura 14 – Carichi mobili da considerare nel caso di strutture a più binari

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	44

## 7.6 AZIONI ECCEZIONALI (A)

### 7.6.1 Deragliamento al di sopra del ponte

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

#### 7.6.1.1 Impalcato in c.a.p. di luce $L=25\text{ m}$

##### 7.6.1.1.1 Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60\text{ kN/m}$  (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m. Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

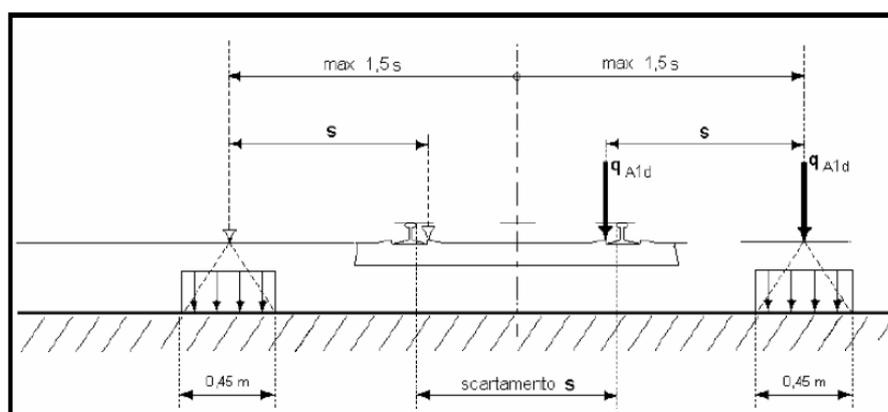
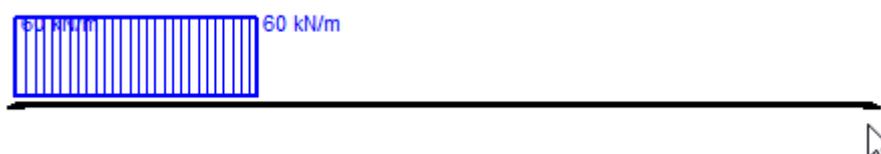


Figura 5.2.12 - Caso 1

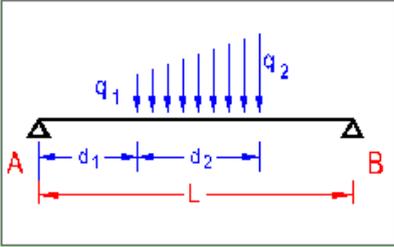
Figura 15 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglienti, come di seguiti riportato.



MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>





**Vincoli**

 App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**

N°	q1	q2	d1	d2
1	60	60	0	6.4

**N° Carichi CONCENTRATI**

**N° Coppie CONCENTRATE**

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    Sezione

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="329.6"/>	RB	<input type="text" value="54.37"/>
ΦA	[rad]	<input type="text" value="0.0001408"/>	ΦB	<input type="text" value="9.170E-05"/>
max M+		<input type="text" value="905.3"/>	x max M+	<input type="text" value="5.424"/>
max M-		<input type="text" value="0"/>	x max M-	<input type="text" value="0"/>
f max	m	<input type="text" value="0.0007813"/>	x f max	<input type="text" value="9.718"/>

**Risultati all'ascissa x**

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	→ 0	329.6	0

N° sezioni di calcolo

**Diagrammi**

Visualizza

Figura 16 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

$$V_{\max} = 329.6 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 330 / (22.60/2) = 29.2 \text{ kN/m}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

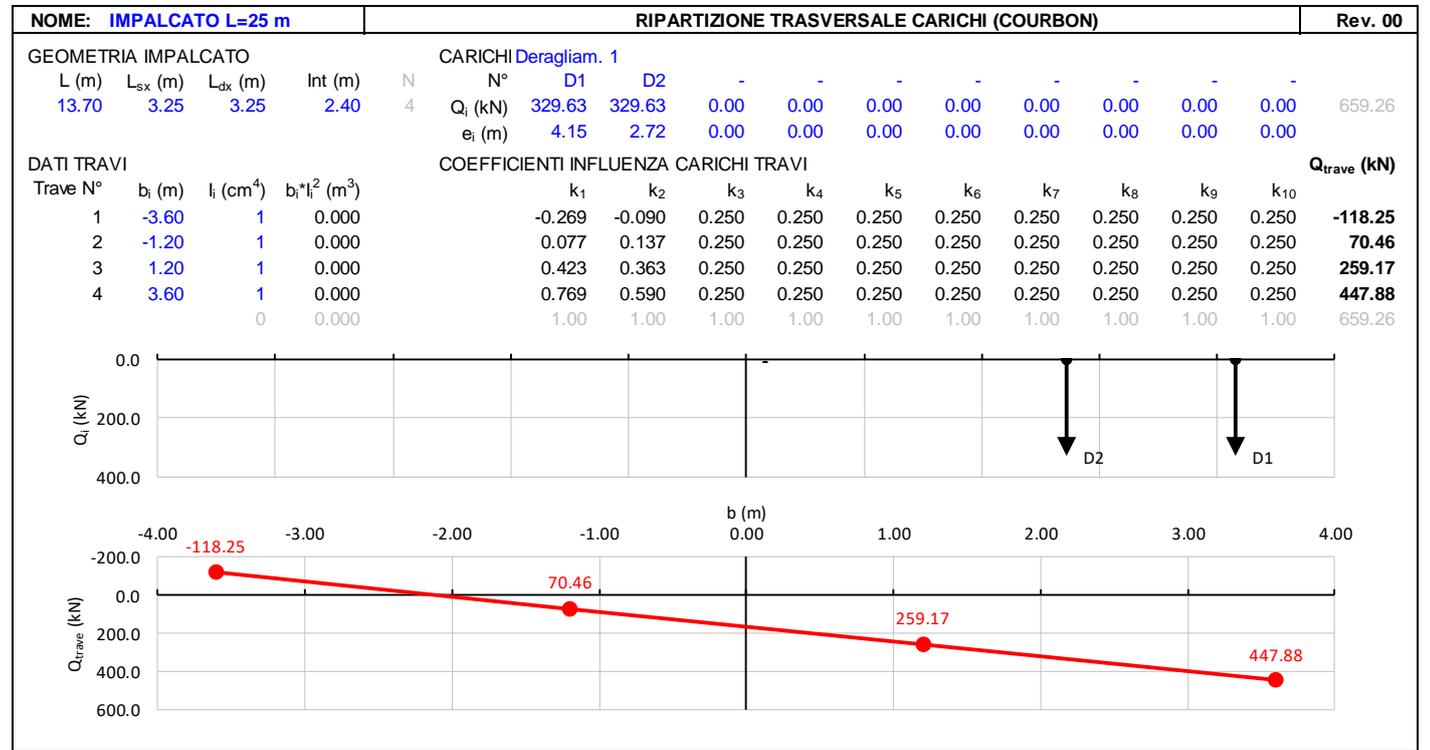
$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

Carico equivalente tagliante

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 1.5 = 4.15 \text{ m}$$

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 0.5 = 2.72 \text{ m}$$

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>46</b>



7.6.1.1.2 Caso 2

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

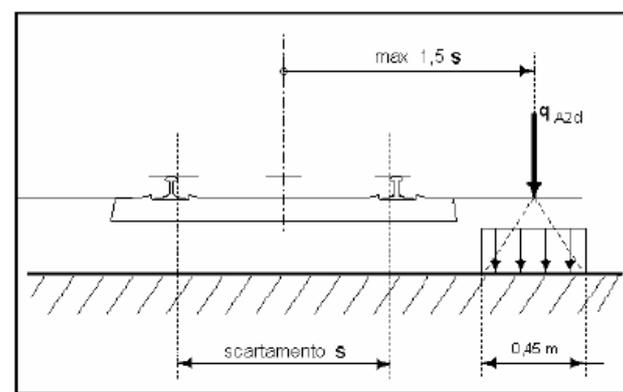
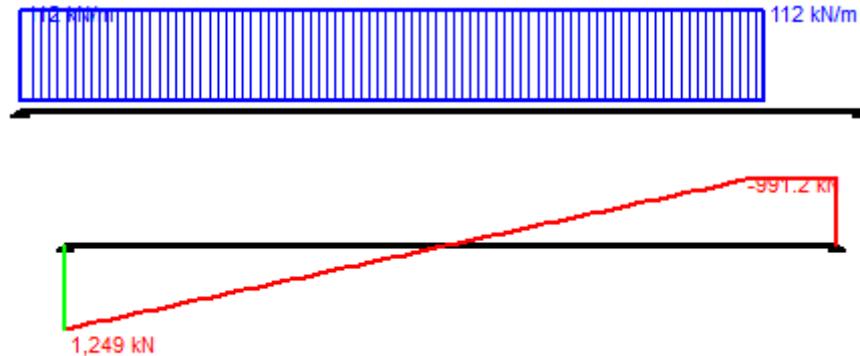


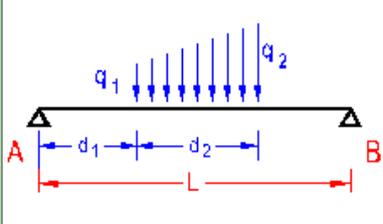
Figura 5.2.13 - Caso 2

Figura 17 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>





**Luce**  m    **J**  cm<sup>4</sup>    **Sezione**  
**E**  MPa     **Distanze parziali**

**Vincoli**  
 App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**  **Zoom**  

N°	q1	q2	d1	d2
1	112	112	0	20

**N° Carichi CONCENTRATI**  **Zoom**  
**N° Coppie CONCENTRATE**  **Zoom**

**Risultati all'ascissa x**  

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	0	1,249	0

**Risultati**  

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="1,249"/>	RB	<input type="text" value="991.2"/>
ΦA	[rad]	<input type="text" value="0.001083"/>	ΦB	<input type="text" value="0.001060"/>
max M+		<input type="text" value="6.962"/>	x max M+	<input type="text" value="11.07"/>
max M-		<input type="text" value="-0.001411"/>	x max M-	<input type="text" value="22.6"/>
f max	m	<input type="text" value="0.007603"/>	x f max	<input type="text" value="11.3"/>

**Diagrammi**  
     

**N° sezioni di calcolo**

Figura 18 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2

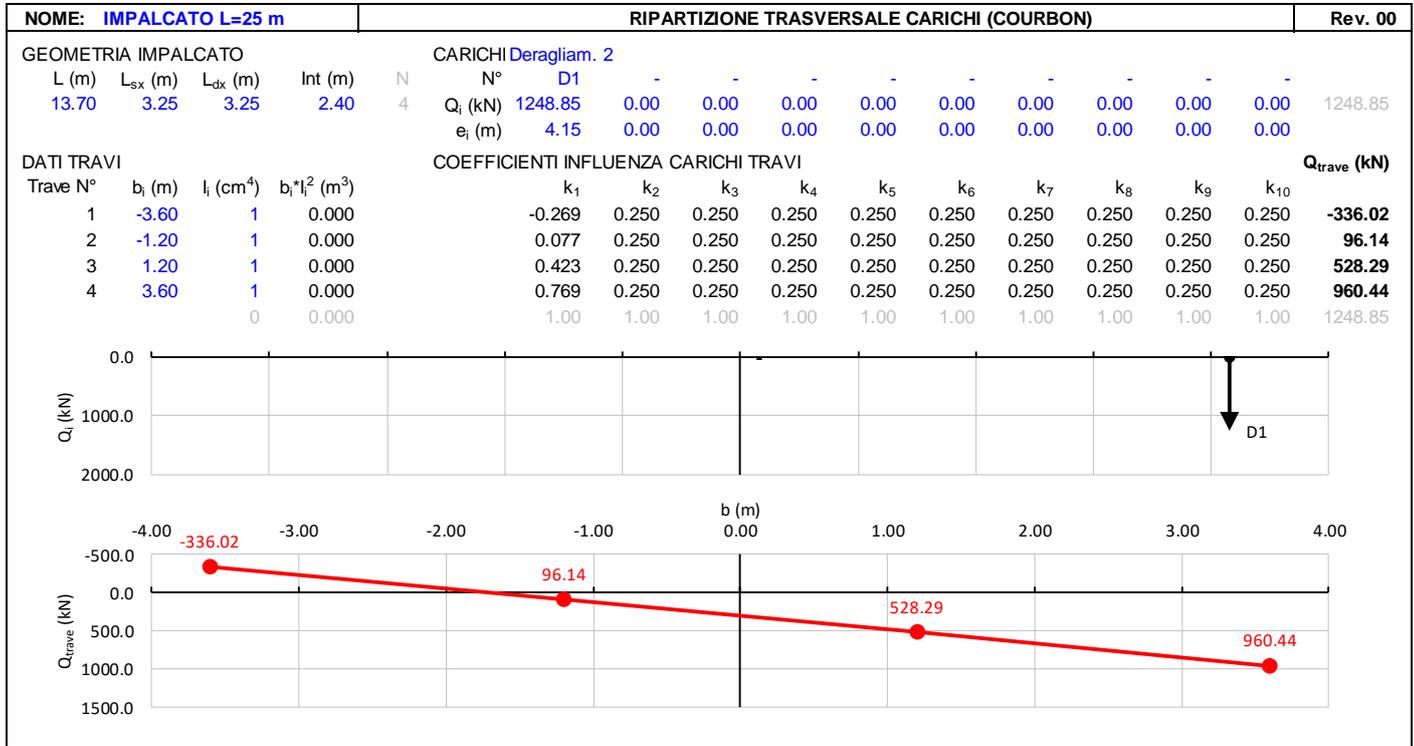
$$V_{\max} = 1248.8 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1248.8 / (22.60/2) = 110.5 \text{ kN/m} \quad \text{Carico equivalente tagliante}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 110.5 * 22.60/2 = 1248.8 \text{ kN}$$

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 1.5 = 4.15 \text{ m}$$

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>B</b>



### 7.6.1.1.3 Effetti sulla sottostruttura

Dato che le condizioni di carico previste sono da considerarsi solo per le verifiche eccezionali SLU con coefficiente unitario, mediante analisi preliminari si è accertato che tali combinazioni di azioni sollecitano la sottostruttura all'interno del campo di esercizio delle combinazioni SLU; pertanto, per brevità di trattazione non sono state direttamente esplicitate nei calcoli di dimensionamento dei capitoli successivi.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	49

## 7.7 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI (Q)

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

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando caricati entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$$

pressione uniforme media sull'area caricata  $L_T \cdot L_L$

$$L_L = 6.40 \text{ m}$$

lunghezza longitudinale interessata dai carichi

(lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)

$$L_T = 13.50 \text{ m}$$

larghezza trasversale transitabile (larghezza spalla)

Spalla S1

$$q = 1/(6.40 \cdot 13.50) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 23.15 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

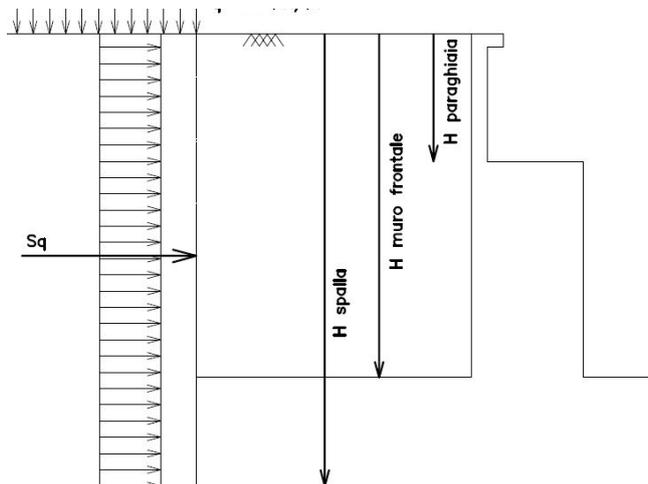


Figura 19: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	50

### 7.7.1.1 Azione da traffico ferroviario sul muro paraghiaia

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul muro paraghiaia è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina ed  $\frac{1}{4}$  attraverso la massiciata, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26) / 4 * 2 + 2.40 = 2.67 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

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

Si considerano i carichi relativi al modello SW/2 visto che rappresentano una condizione più gravosa rispetto al modello di carico LM71, i cui vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.4 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008.

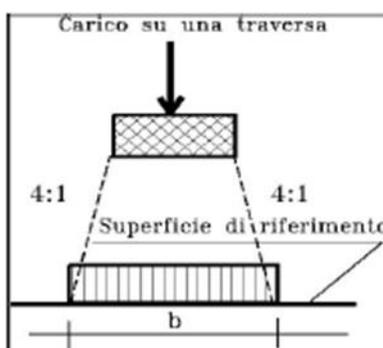


Fig. 5.2.4 - Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

In accordo con quanto riportato al par. 7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento, ottenendo quindi:

TRENO SW/2

$$Q1 = 150 \text{ kN/m} * 1.0 = 150.00 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

L'eccentricità non è da considerarsi per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore  $q_1$  per la lunghezza  $b = 2.67 \text{ m}$ , risultando dunque in una distribuzione di tensioni sul muro paraghiaia pari a:

$$\sigma = 150.00 \text{ kN/m} / 2.67 \text{ m} = 56.18 \text{ kN/m}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	51

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

Nome	Tipo	Y <sub>Q</sub>	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
		(Fav / Sfav)			
CENTRIFUGA	Variabili da traffico ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

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

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

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

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

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

q<sub>tk</sub> valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m

q<sub>vk</sub> valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m

V velocità di progetto, espressa in km/h

f fattore di riduzione

R raggio di curvatura, espresso in m

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

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

In particolare, per il treno LM71 andrà considerata la condizione più sfavorevole tra le due indicate in tabella.

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	52

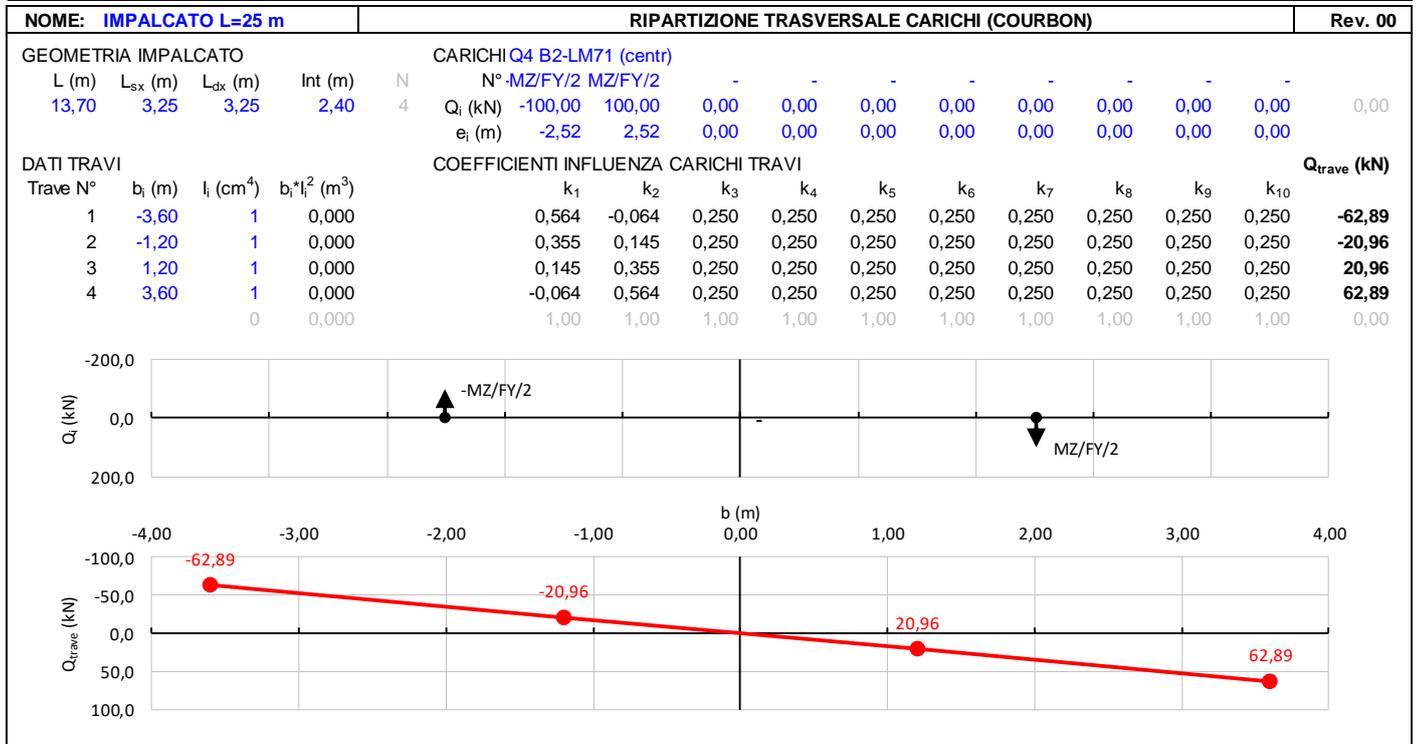
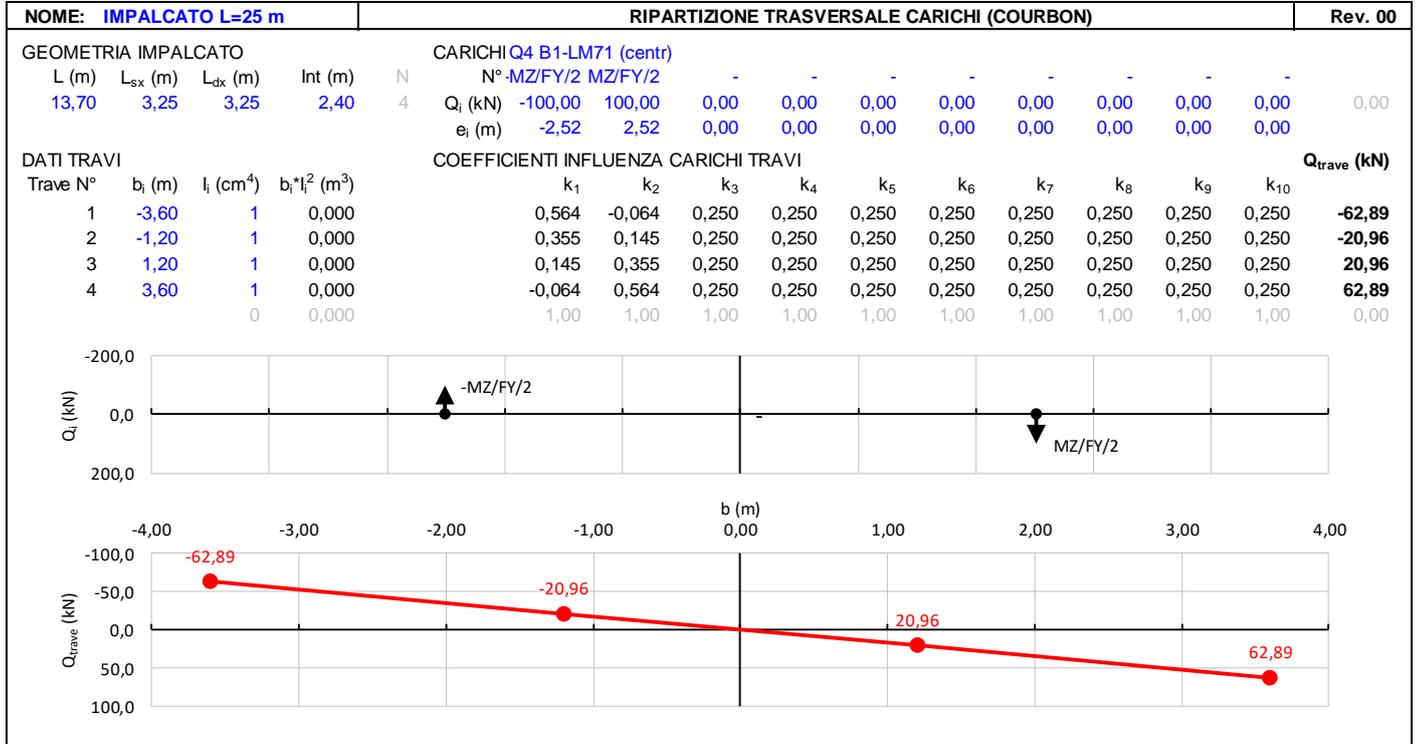
NOME: <b>IMPALCATO L=25 m</b>				CALCOLO FORZA CENTRIFUGA				Rev. 00	
<b>DATI DEL PROGETTO</b>									
V (km/h)	200	Velocità di progetto		Distanza PF/appoggi (m)		3,30			
R (m)	2200	Raggio di curvatura							
L <sub>f</sub> (m)	12,50	Lunghezza di binario carico							
<b>TRENO LM71 e SW/0</b>					<b>TRENO SW/2</b>				
Q <sub>vk</sub> (kN)	1405,0			Q <sub>vk</sub> (kN)	1695,0	Carichi verticali ferroviari caratteristico			
Caso 1		Caso 2		Caso 1					
V (km/h)	200	120		V (km/h)	100	Velocità di progetto			
α (-)	1,00	1,10		α (-)	1,00	Coefficiente di adattamento			
f (-)	0,758	1,000		f (-)	1,00	Fattore di riduzione			
q <sub>tk</sub> (kN/m)	152,45	79,65							
Q <sub>4,c</sub> (kN)	152,4			Q <sub>4,c</sub> (kN)	60,7	Forza centrifuga caratt. trasversale			
M <sub>4,c</sub> (kNm)	503,1			M <sub>4,c</sub> (kNm)	200,2	Momento torcente forza centrifuga caratt.			
Nota: i valori iniziale di Q <sub>vk</sub> sono caratteristici verticali (non amplificati per α o per Φ)									

Gli effetti sui singoli impalcato indotti dall'azione centrifuga, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti (modellate come azioni verticali di 100 kN eccentriche) in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

NOME: <b>IMPALCATO L=25 m</b>				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)											Rev. 00		
<b>GEOMETRIA IMPALCATO</b>				<b>CARICHI Q4 B1-SW2 (centr)</b>													
L (m)	L <sub>sx</sub> (m)	L <sub>dx</sub> (m)	Int (m)	N	N°	-MZ/FY/2	MZ/FY/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
13,70	3,25	3,25	2,40	4	Q <sub>i</sub> (kN)	-100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					e <sub>i</sub> (m)	-1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>DATI TRAVI</b>				<b>COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI</b>											<b>Q<sub>trave</sub> (kN)</b>		
Trave N°	b <sub>i</sub> (m)	I <sub>i</sub> (cm <sup>4</sup> )	b <sub>i</sub> *I <sub>i</sub> <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>				
1	-3,60	1	0,000	0,375	0,125	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-25,03		
2	-1,20	1	0,000	0,292	0,208	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-8,34		
3	1,20	1	0,000	0,208	0,292	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	8,34		
4	3,60	1	0,000	0,125	0,375	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	25,03		
				0	0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00		

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>53</b>



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>54</b>

### 7.7.3 Azione laterale serpeggio ( $Q_5$ )

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ ( $F_{av} / S_{fav}$ )	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
SERPEGGIO	Variabili da traffico ferroviario	0.0 / 1.45	0.80	0.50	0.00

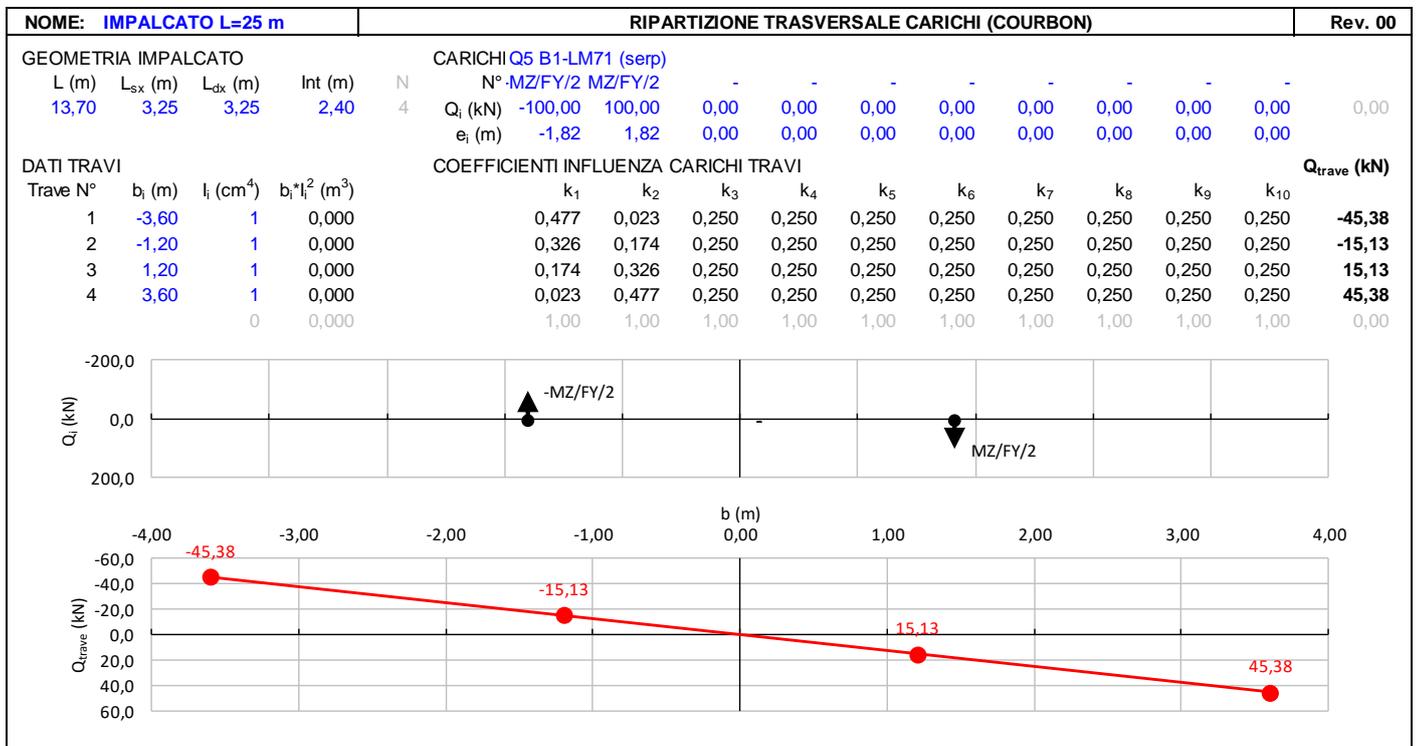
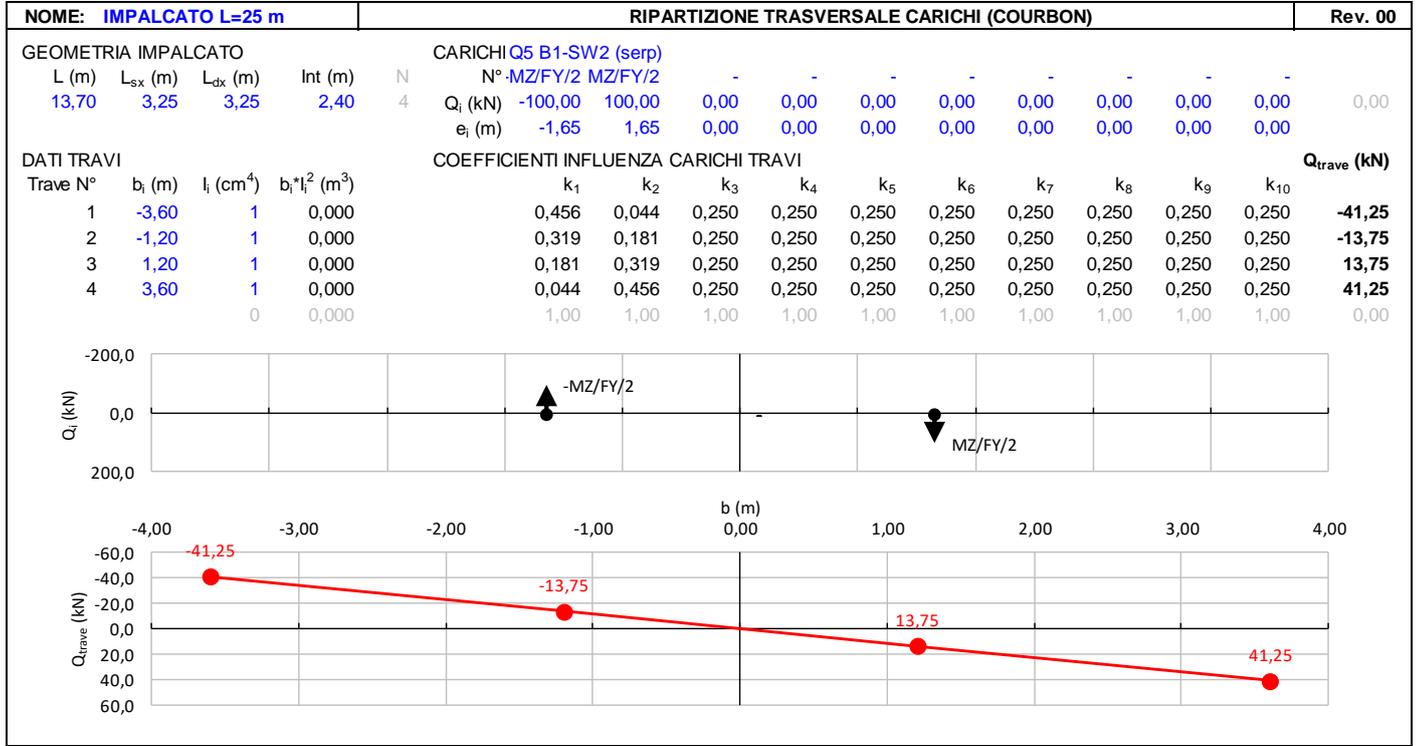
L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente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

Gli effetti sui singoli impalcato indotti dall'azione di serpeggio, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti (modellate come azioni verticali di 100 kN eccentriche) in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

NOME: IMPALCATO L=25 m		CALCOLO FORZA SERPEGGIO			Rev. 00
$Q_{sk}$ (kN)	100.0	Azione caratteristica di serpeggio	Distanza PF/appoggi (m)	3.30	
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2			
$\alpha$ (-)	1.10	$\alpha$ (-)	1.00		
$Q_s$ (kN)	110.0	$Q_s$ (kN)	100.0	Forza serpeggio caratt. trasversale	
$M_{tk}$ (kNm)	363.00	$M_{tk}$ (kNm)	330.00	Momento torcente forza serpeggio caratt.	

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>55</b>



**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	56

NOME: <b>IMPALCATO L=25 m</b>				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)											Rev. 00										
<b>GEOMETRIA IMPALCATO</b>				<b>CARICHI Q5 B2-LM71 (serp)</b>																					
L (m)	L <sub>SX</sub> (m)	L <sub>DX</sub> (m)	Int (m)	N	N°	MZ/FY/2	MZ/FY/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13,70	3,25	3,25	2,40	4	Q <sub>i</sub> (kN)	-100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					e <sub>i</sub> (m)	-1,82	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>DATI TRAVI</b>				<b>COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI</b>											<b>Q<sub>trave</sub> (kN)</b>										
Trave N°	b <sub>i</sub> (m)	I <sub>i</sub> (cm <sup>4</sup> )	b <sub>i</sub> *I <sub>i</sub> <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>												
1	-3,60	1	0,000	0,477	0,023	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-45,38										
2	-1,20	1	0,000	0,326	0,174	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-15,13										
3	1,20	1	0,000	0,174	0,326	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	15,13										
4	3,60	1	0,000	0,023	0,477	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	45,38										
		0	0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00										

The diagram consists of two vertically aligned graphs sharing a common horizontal axis representing the width  $b$  in meters, ranging from -4,00 to 4,00.

The top graph plots the transverse load  $Q_i$  in kN. It shows a central load of  $-MZ/FY/2$  (upward arrow) and a load of  $MZ/FY/2$  (downward arrow) positioned to the right of the center.

The bottom graph plots the influence coefficient  $Q_{trave}$  in kN. It shows a linear distribution of values across the width:  $-45,38$  at  $b = -4,00$ ,  $-15,13$  at  $b = -1,00$ ,  $15,13$  at  $b = 1,00$ , and  $45,38$  at  $b = 4,00$ .

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>57</b>

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

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

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TRAFFICO LM71	Carichi da traffico	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00
TRAFFICO SW/2	ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

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

#### Avviamento

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

#### Frenatura

$Q_{3f,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$       modelli di carico SW/2

$Q_{3f,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN}$       modelli di carico LM71, SW/0

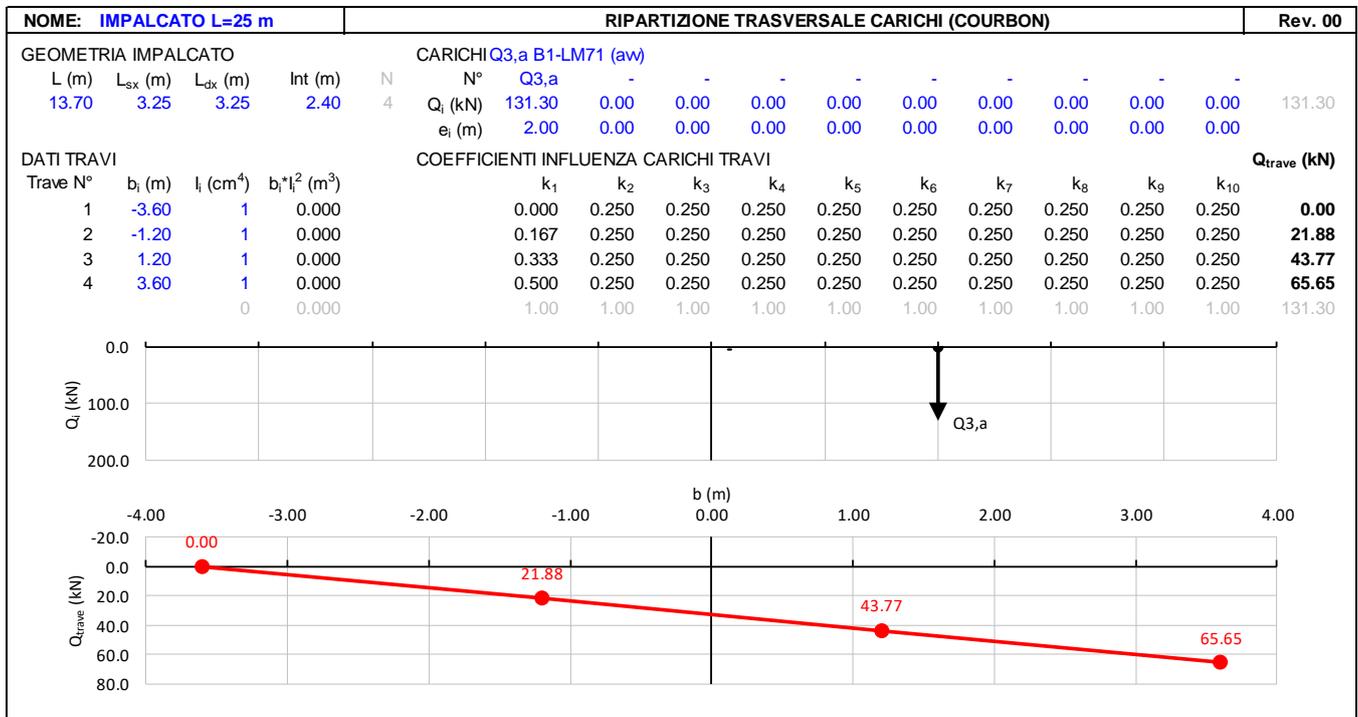
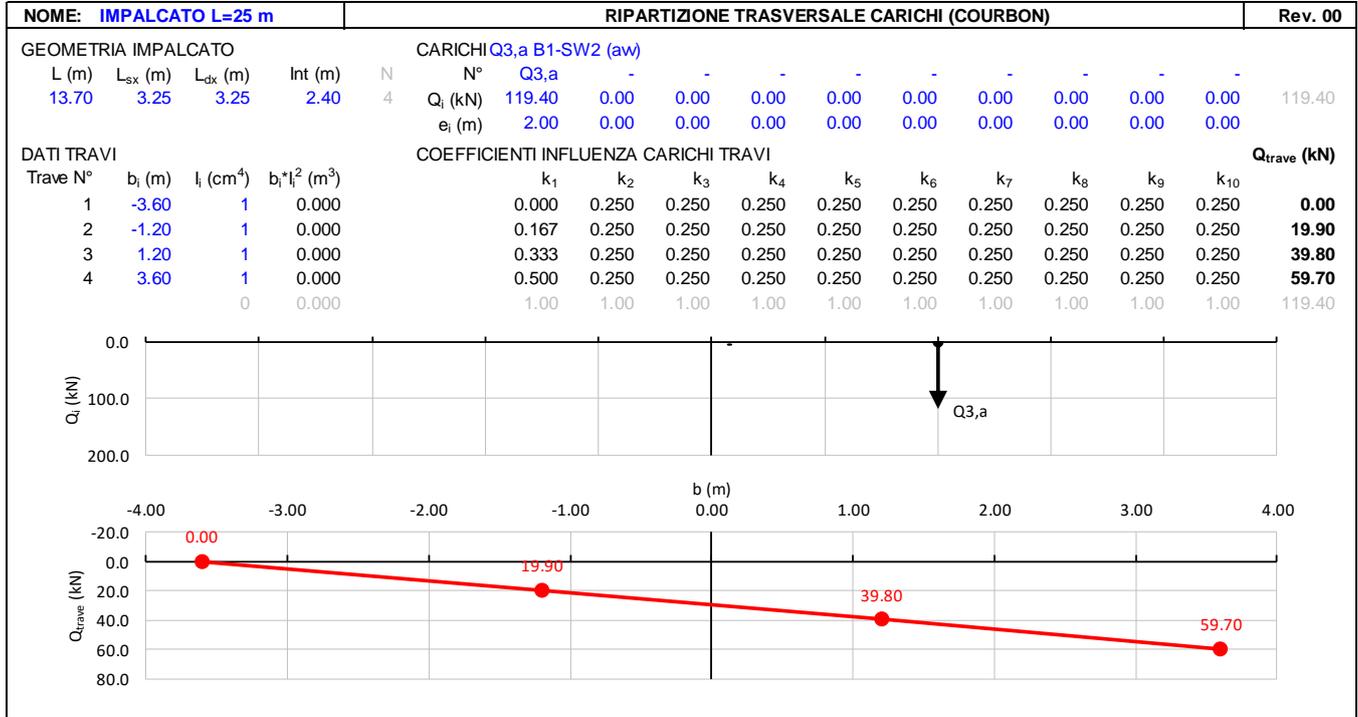
Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura; pertanto, per ogni binario (B1 o B2) si può avere:

NOME: IMPALCATO L=25 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA		Rev. 00
L calcolo (m)	22.80	Lunghezza tra appoggi	Distanza PF/appoggi (m)	3.30
L (m)	25.00	Lunghezza di binario carico		
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2		
$\alpha$ (-)	1.10	$\alpha$ (-)	1.00	
$Q_{3,f}$ (kN)	550.0	$Q_{3,f}$ (kN)	875.0	Forza frenatura caratt. longitudinale
$V_{3,f}$ (kNm)	79.6	$V_{3,f}$ (kNm)	126.6	Forza frenatura caratt. verticale
$Q_{3,a}$ (kN)	907.5	$Q_{3,a}$ (kN)	825.0	Forza avviamento caratt. longitudinale
$V_{3,a}$ (kNm)	131.3	$V_{3,a}$ (kNm)	119.4	Forza avviamento caratt. verticale

Gli effetti sui singoli impalcato indotti dall'azione di avviamento o frenatura, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

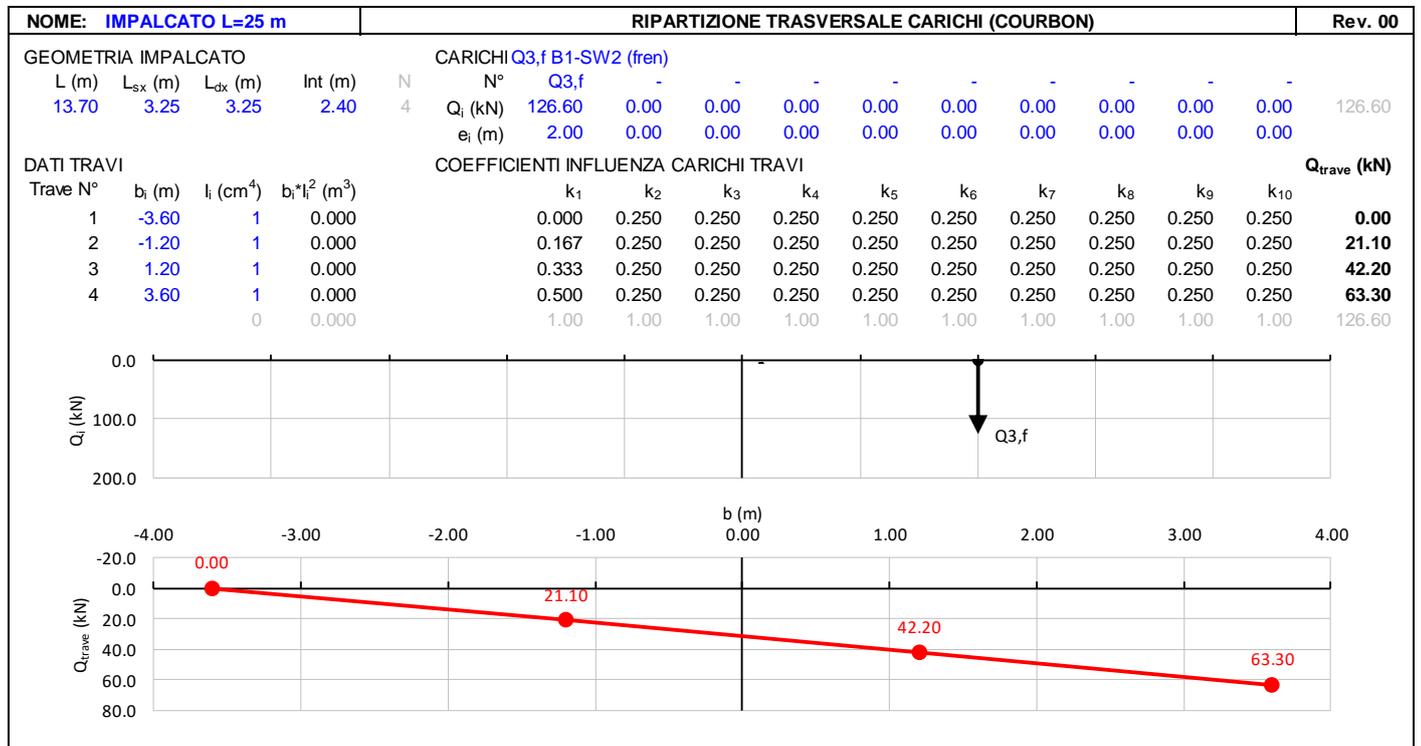
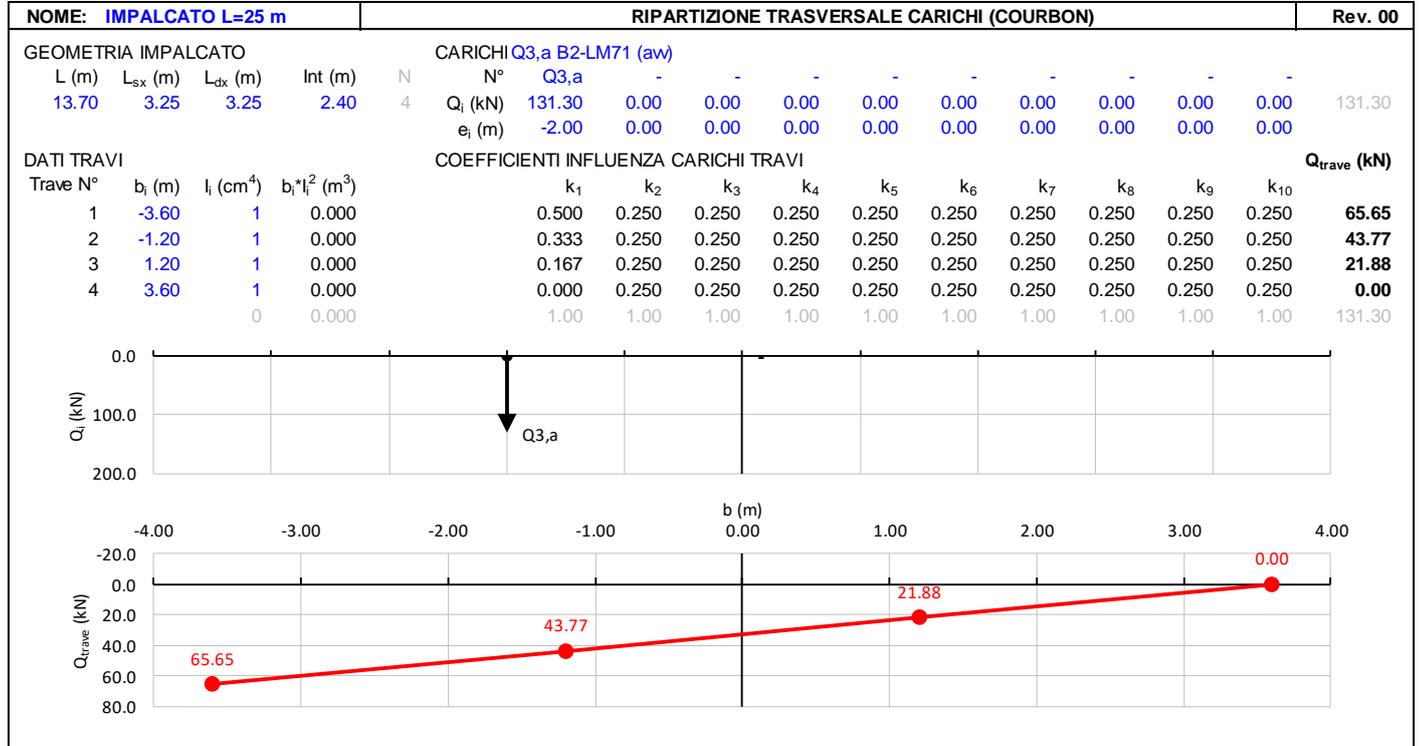
**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>58</b>



**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>59</b>

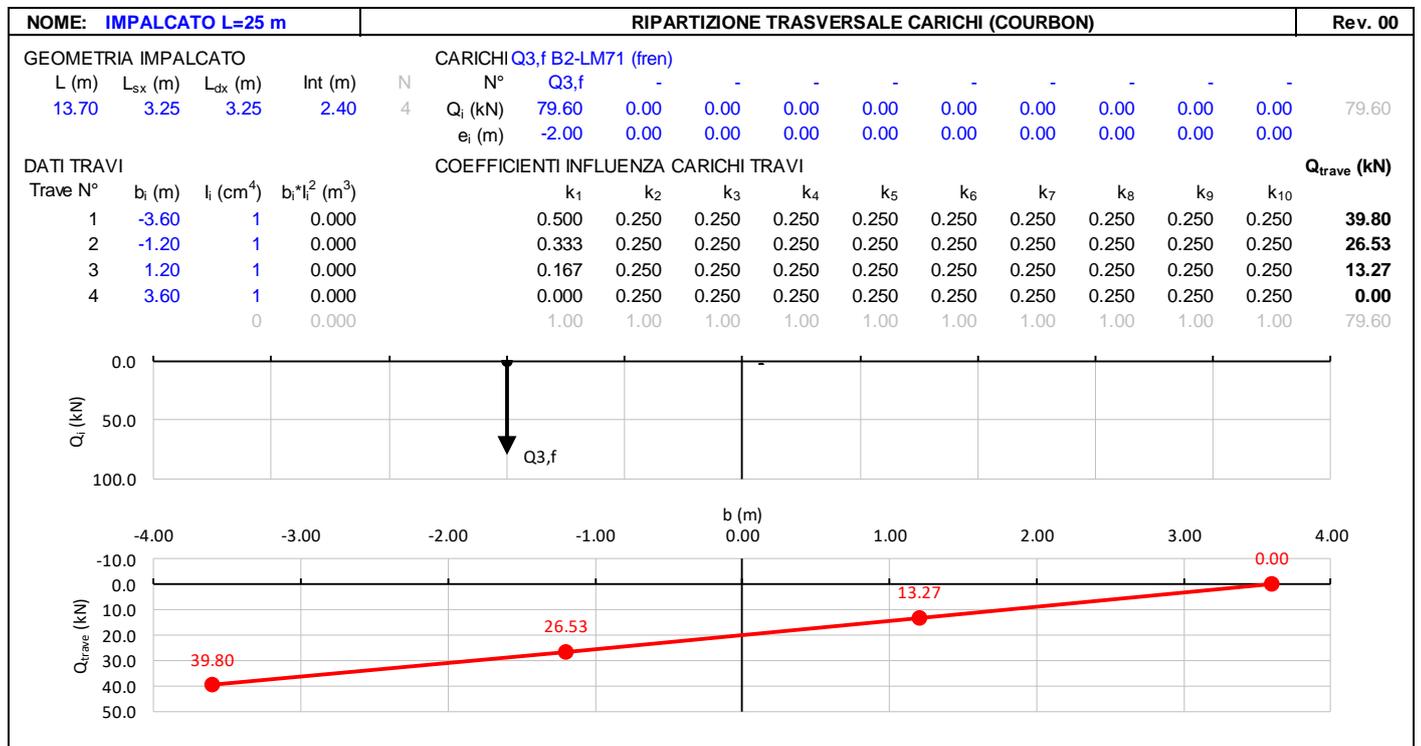
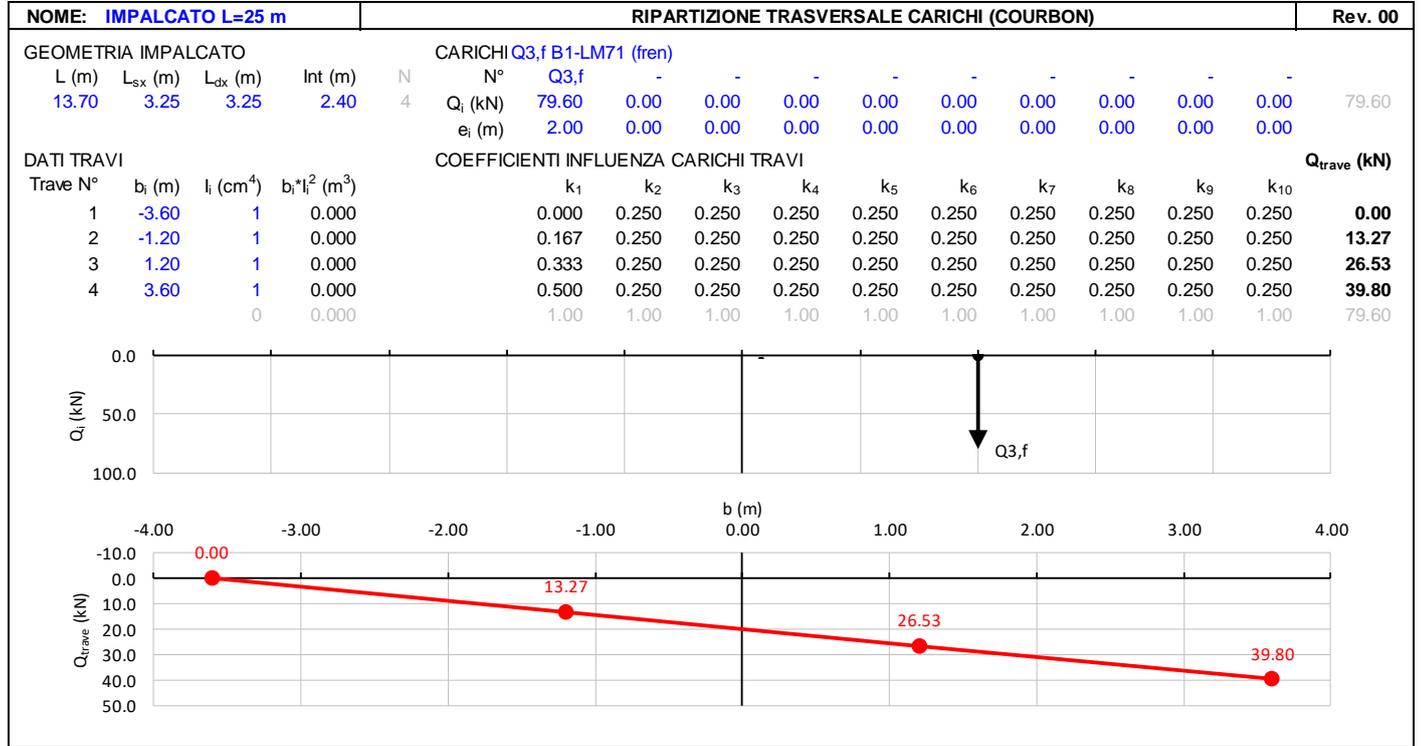


**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>60</b>



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	61

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

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

In accordo con le raccomandazioni CNR DT207 R1/2018, l'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico statico uniformemente distribuito sulle superfici. La componente ortogonale è calcolata secondo la seguente espressione:

- $q_b(z)$  pressione cinetica di riferimento  
 $c_e(z)$  coefficiente di esposizione  
 $C_{pm}$  coefficiente di forma (o aerodinamico) complessivo

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione dove sorge la costruzione. Viene calcolato con le seguenti espressioni:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t(z) \cdot \ln(z/z_0) (7 + c_t(z) \cdot \ln(z/z_0)) \quad z \geq z_{min}$$

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

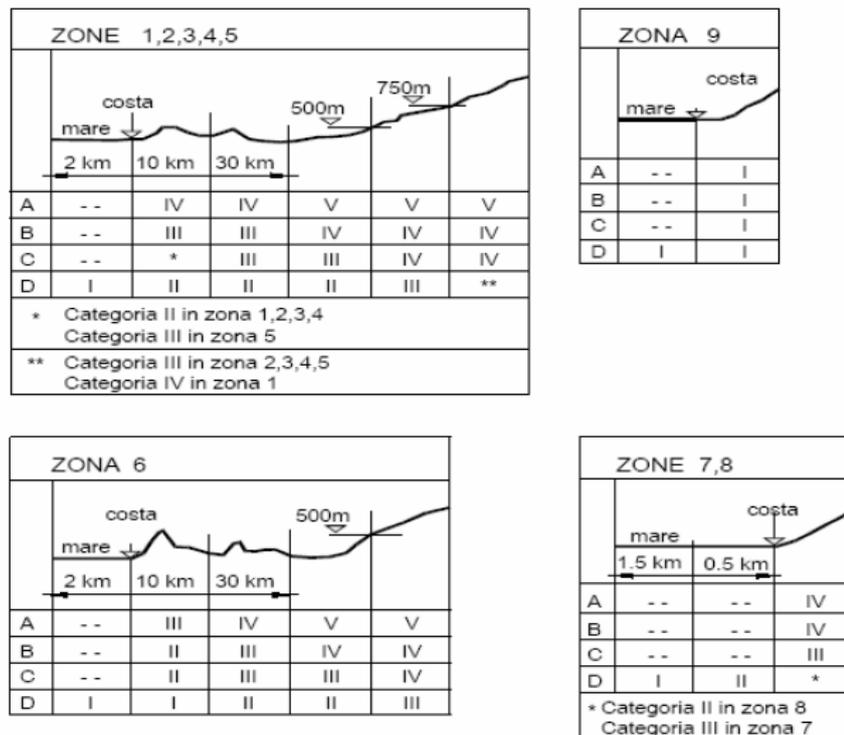


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>62</b>

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

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

Tabella 11 - Criterio di assegnazione della categoria di esposizione per le diverse zone italiane

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Tabella 12 - Classi di rugosità del terreno

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>63</b>

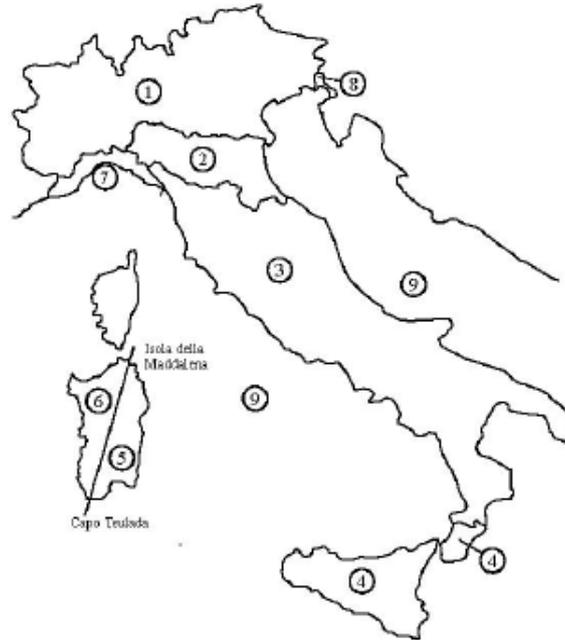


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 20 - Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di riferimento

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabella 13 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_s$  per le diverse zone italiane

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>64</b>

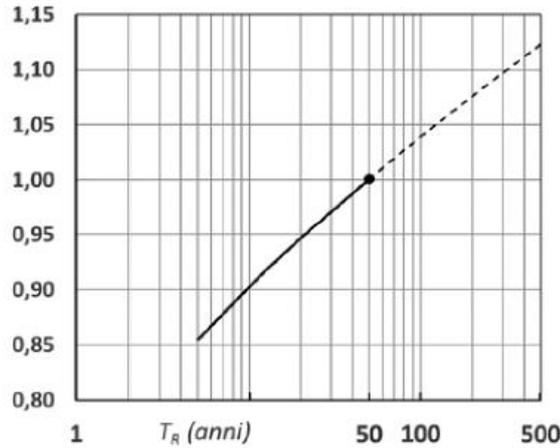


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$  (asse in scala logaritmica),

Figura 21 - Diagramma del coefficiente di ritorno  $\alpha_r$  in funzione del periodo di ritorno  $TR$

### 7.8.1 Azione del vento impalcato

NOME: <b>CAMPATA L=25 m</b>		CALCOLO AZIONE VENTO IMPALCATO (CNR DT207/2008)			Rev. 00
<b>PARAMETRI VENTO DI PROGETTO</b>		<b>DATI GEOMETRICI IMPALCATO</b>			<b>AZIONI TOTALI IMPALCATO</b>
Zona	<b>3</b> (Tab.3.I)	$h_{tot}$ (m)	<b>7,80</b>	Altezza impalcato	L influenza (m) <b>12,50</b>
$v_{b,0}$ (m/s)	27,00 Velocità base liv. mare (Tab.3.I)	d (m)	<b>13,70</b>	Larghezza impalcato	$F_x$ (kN) 234,6
$c_a$	1,00 Coeff. altitudine	$d/h_{tot}$	1,76 (§G.10.3)		$F_y$ (kN) 206,3
$v_b$ (m/s)	27,00 Velocità base riferimento vento	z (m)	<b>20,00</b>	Altezza dal suolo impalcato	$M_z$ (kNm) 645,6
$T_R$ (anni)	<b>75</b> Tempo ritorno vento	$c_e$	2,81 Coeff. esposizione		
$c_r$	1,037 Coeff. tempo ritorno	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,25 Massa specifica aria		
$v_r$ (m/s)	27,99 Velocità riferimento vento	$q_p$ (Pa)	1376 Pressione cinetica picco		
$k_a$	0,02 Fattore altitudine (Tab.3.I)	$c_{fx}$	1,749		
$a_s$ (m s.l.m.)	<b>500</b> Altitudine sito	$c_{fy}$	0,876		
$a_0$ (m s.l.m.)	500 Altitudine base (Tab.3.I)	$c_{mz}$	0,20		
Categoria	<b>2</b> (Tab. 3.II - 3.III)	$f_x$ (kN/m)	18,77 (§G.10.3)		
$k_r$	0,19 Fattore terreno (Tab.3.II)	$f_y$ (kN/m)	16,51 (§G.11.1)		
$z_{min}$ (m)	4,00 Altezza minima (Tab.3.II)	$m_z$ (kNm/m)	51,65 (§G.11.1)		
$z_0$ (m)	0,05 Altezza rugosità (Tab.3.II)				
$c_t$	<b>1,00</b> Coeff. topografico				

$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$   
 $f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$   
 $m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>65</b>

NOME: <b>IMPALCATO L=25 m</b>				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)												Rev. 00	
<b>GEOMETRIA IMPALCATO</b>				<b>CARICHI Q6 (vento)</b>													
L (m)	L <sub>SX</sub> (m)	L <sub>dx</sub> (m)	Int (m)	N	N°	-MZ/FY/2	MZ/FY/2	FY	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,70	3,25	3,25	2,40	4	Q <sub>i</sub> (kN)	-206,32	206,32	206,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	206,32
					e <sub>i</sub> (m)	-1,56	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>DATI TRAVI</b>				<b>COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI</b>												<b>Q<sub>trave</sub> (kN)</b>	
Trave N°	b <sub>i</sub> (m)	I <sub>i</sub> (cm <sup>4</sup> )	b <sub>i</sub> *I <sub>i</sub> <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>				
1	-3,60	1	0,000	0,446	0,054	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-29,12			
2	-1,20	1	0,000	0,315	0,185	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	24,68			
3	1,20	1	0,000	0,185	0,315	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	78,48			
4	3,60	1	0,000	0,054	0,446	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	132,28			
				0	0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	206,32			

**7.8.2 Azioni del vento muro d'ala**

Per la valutazione delle azioni agenti sul muro d'ala, si considera la risultante dell'azione del vento su una barriera alta 5m. Inoltre, questa azione comprende le azioni aerodinamiche, per la cui si fa riferimento all'analisi dei carichi impalcato, che sono ricavate del modello locale usato per l'analisi della soletta, riportate sulla relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce L=25 m, in cui è stata considerata una pressione totale di 1.99 kN/m<sup>2</sup>.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>66</b>

## 7.9 AZIONE SISMICA (E)

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

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

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

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

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

### 7.9.1 Stati limite di progetto sismici

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

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	67

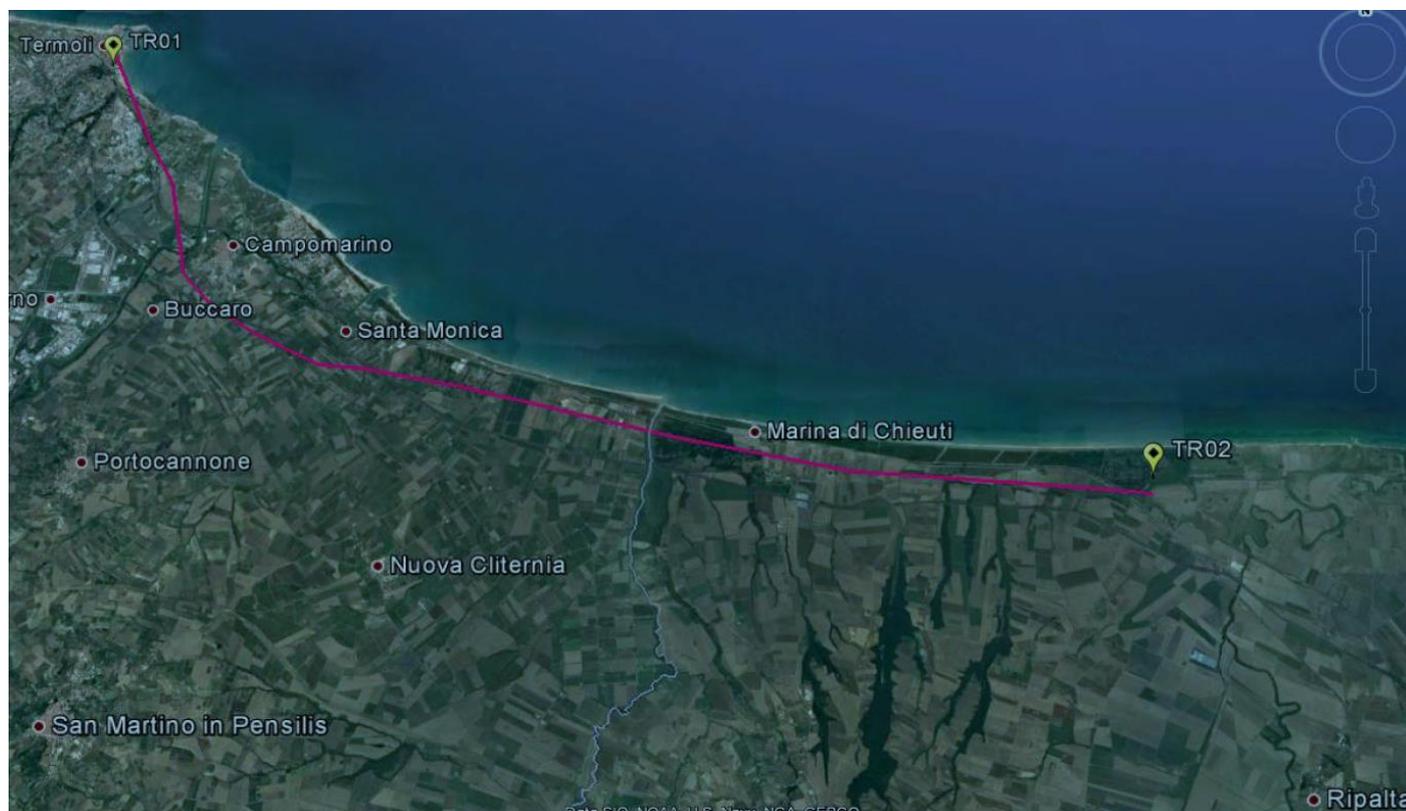


Figura 22- Configurazione planimetrica tracciato

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

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

Tabella 14 - Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

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

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>68</b>

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

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

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0,066	2,494	0,324
SLD	113	0,082	2,548	0,332
SLV	1068	0,195	2,532	0,375
SLC	2193	0,253	2,507	0,382

Tabella 15 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto

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

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

- *Stato limite di danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Probabilità di superamento

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

Tempo di ritorno

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

- *Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva

MANDATARIA  MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	69

invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

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

Tempo di ritorno

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

### 7.9.2 Spettri di risposta

Per il sito in esame, in base alle caratteristiche geotecniche di riferimento e dalla morfologia del terreno descritti nei capitoli precedenti, il sottosuolo può essere classificato come:

Categoria sottosuolo

“B”

*Rocce tenere e depositi di terreni a gran grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*

Categoria topografica

“T1”

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

$T$  periodo di vibrazione orizzontale [s]

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

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

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

$S_T$  coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)

$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$  fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%

$\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso [%]

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$C_C$  coefficiente definito nella tabella seguente

$T_B = T_C/3$  periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

$T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1.00	1.00
B	$1.0 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	70

C	$1.0 \leq 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.0 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tabella 16 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
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 17 - Coefficienti di amplificazione topografica

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

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

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

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

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

T periodo di vibrazione verticale [s]

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

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$  fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

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

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

Tabella 18 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale

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

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	71

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

$$q = q_0 \cdot K_R$$

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

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

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

#### 7.9.2.1 *Pile e spalle da ponte*

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

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

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

Ai soli fini del progetto dei pali di fondazione, con riferimento al §7.2.5, è possibile considerare una limitata capacità dissipativa, dividendo per 1.50 le sollecitazioni sismiche sui pali derivanti dall'analisi strutturale con comportamento non dissipativo. In questo caso, per una lunghezza pari a 10 diametri dalla sommità del palo, devono applicarsi i dettagli costruttivi di cui al §7.9.6.1 relativi alla CD"B".

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

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

$$\lambda(\alpha) = \begin{cases} 1.00 & \alpha \geq 3.00 \\ (\alpha/3)^{0.5} & 3.00 > \alpha \geq 1.00 \end{cases}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	72

$\alpha = L/H$

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

H dimensione della sezione nel piano di inflessione della cerniera plastica

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

$v_k < 0.30$

$q_0 =$  valori di Tab. 7.3.II

$0.30 < v_k < 0.60$

$q_0(v_k) = q_0(v_k=0.3) - (v_k / 0.3 - 1) * (q_0(v_k=0.3) - 1)$

$v_k = N_{Ed} / (A_c * f_{ck}) < 0.30$

sollecitazione di compressione normalizzata

$N_{Ed}$

sforzo di progetto

$A_c * f_{ck}$

resistenza a compressione semplice della sezione

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

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	73

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,242 g
$F_{a_0}$	2,452
$T_C$	0,346 s
$S_S$	1,163
$C_C$	1,360
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,163
$\eta$	1,000
$T_B$	0,157 s
$T_C$	0,470 s
$T_D$	2,567 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,281
$T_B \leftarrow$	0,157	0,689
$T_C \leftarrow$	0,470	0,689
	0,570	0,568
	0,670	0,484
	0,770	0,421
	0,869	0,373
	0,969	0,334
	1,069	0,303
	1,169	0,277
	1,269	0,255
	1,369	0,237
	1,468	0,221
	1,568	0,207
	1,668	0,194
	1,768	0,183
	1,868	0,173
	1,968	0,165
	2,067	0,157
	2,167	0,149
	2,267	0,143
	2,367	0,137
	2,467	0,131
$T_D \leftarrow$	2,567	0,126
	2,635	0,120
	2,703	0,114
	2,771	0,108
	2,840	0,103
	2,908	0,098
	2,976	0,094
	3,044	0,090
	3,113	0,086
	3,181	0,082
	3,249	0,079
	3,317	0,076
	3,386	0,073
	3,454	0,070
	3,522	0,067
	3,590	0,064
	3,659	0,062
	3,727	0,060
	3,795	0,058
	3,863	0,056
	3,932	0,054
	4,000	0,052

Tabella 19 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>74</b>

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_w$	0,160 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
q	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,627
S	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,160
$T_B \leftarrow$	0,050	0,393
$T_C \leftarrow$	0,150	0,393
	0,235	0,251
	0,320	0,184
	0,405	0,146
	0,490	0,120
	0,575	0,103
	0,660	0,089
	0,745	0,079
	0,830	0,071
	0,915	0,064
$T_D \leftarrow$	1,000	0,059
	1,094	0,049
	1,188	0,042
	1,281	0,036
	1,375	0,031
	1,469	0,027
	1,563	0,024
	1,656	0,021
	1,750	0,019
	1,844	0,017
	1,938	0,016
	2,031	0,014
	2,125	0,013
	2,219	0,012
	2,313	0,011
	2,406	0,010
	2,500	0,009
	2,594	0,009
	2,688	0,008
	2,781	0,008
	2,875	0,007
	2,969	0,007
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,004
	3,719	0,004
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

Tabella 20 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta verticale allo SLV

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	75

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

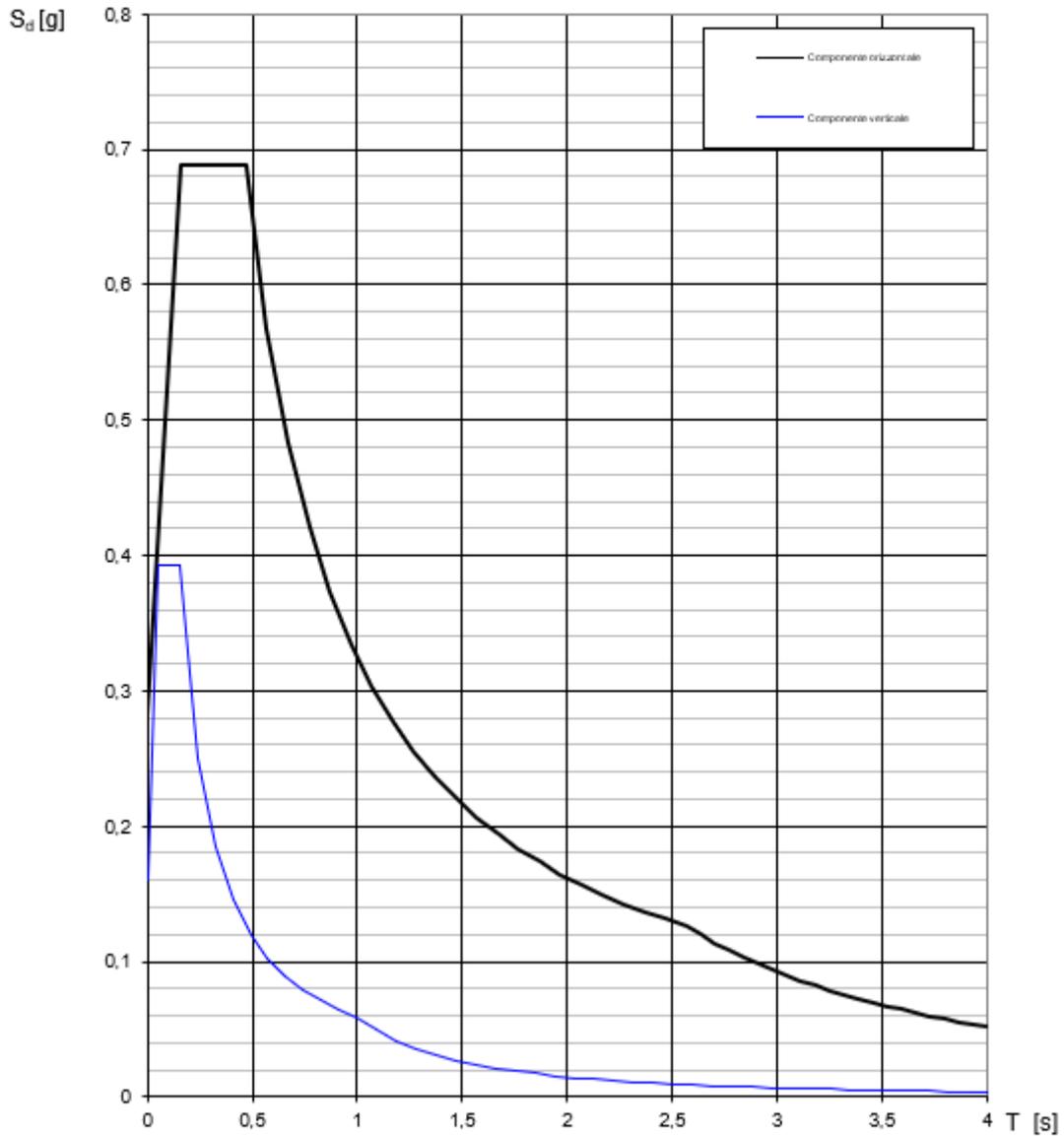


Figura 23 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale)

In accordo con le prescrizioni normative, lo spettro di risposta elastico è stato considerato solo ai fini della valutazione delle azioni in fondazione e per la valutazione delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	76

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

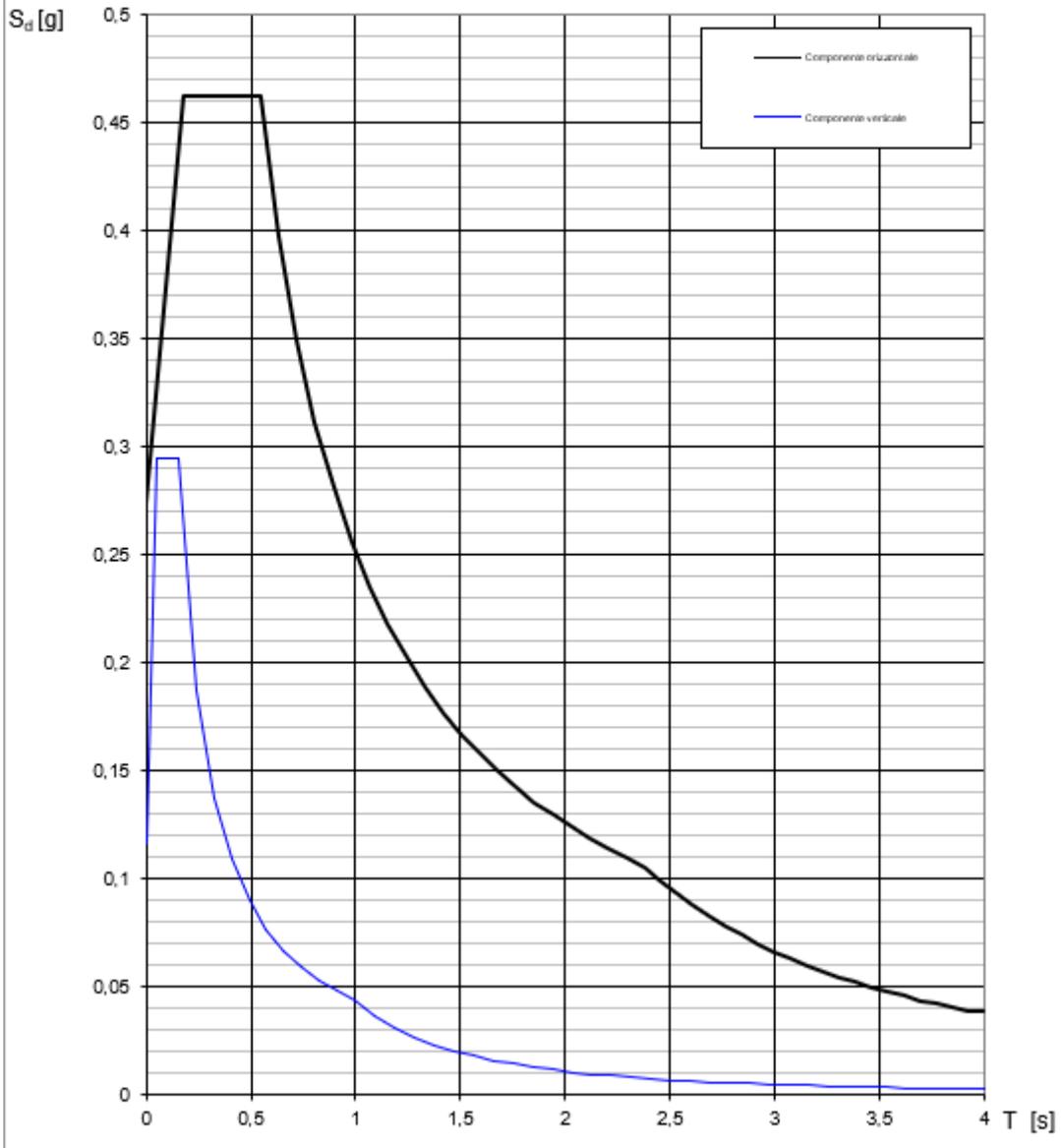


Figura 24 - Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>77</b>

## 7.9.3 Amplificazione sismica di progetto

### 7.9.3.1 Metodo pseudostatico per muri

Con riferimento al § 7.11.6.2 delle NTC 2008 si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

La deformabilità della parete viene tenuta in conto mediante dei coefficienti riduttivi correlati al massimo spostamento  $u_s$  che l'opera di altezza complessiva  $H$ , può ammettere senza riduzioni di resistenza ( $u_{s,max}$ ) e tale per cui sia verificata l'ipotesi di riduzione dell'azione sismica per duttilità strutturale ( $u_{s,min}$ ).

$k_v = \beta_m \cdot S_s \cdot S_T \cdot a_g / g$	coefficiente sismico orizzontale
$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	coefficiente sismico verticale (di solito non considerato nelle paratie)
$S_s = 1.404$	coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale
$S_T = 1.00$	coefficiente di amplificazione topografica
$a_g$	accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	accelerazione di gravità
$\beta_m = 1.00$	(per muri non liberi di seguire spostamenti relativi rispetto al terreno, vedi §7.11.6.2.1 delle NTC2008)

Si aggiunge che, secondo le NTC2018, i valori del coefficiente  $\beta_m$  possono eventualmente essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo §7.11.6.3.2 (coefficiente delle spinte  $\beta_m$  vs spostamenti orizzontali massimi  $u_s$ ).

Secondo il §3.10.3.1 del MdP del Corpo Stradale si ha infatti che:

*“Nelle analisi di muri su pali eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 adottando coefficiente  $\beta_m$  unitario.”*

### 7.9.3.2 Azioni inerziali masse

Le azioni inerziali  $E_h$  e  $E_v$  associate alle masse degli elementi strutturali dei carichi permanenti strutturali e non strutturali sono determinati incrementando le masse schematizzate nel modello di calcolo secondo gli spettri di progetto secondo le seguenti relazioni:

$E_h = G \cdot S_e(T)$	azione inerziale orizzontale
$E_v = G \cdot S_{ve}(T)$	azione inerziale verticale

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2008, si considera in fase sismica il contributo delle azioni accidentali come previsto per i ponti ferroviari, pari al 20% del sovraccarico nominale:

$$G = G_1 + G_2 + \sum \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$G$	massa totale efficace
$G_1$	masse dei pesi propri strutturali
$G_2$	masse dei carichi permanenti non strutturali (permanenti, terreno)
$Q_{kj}$	masse dei carichi accidentali

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>78</b>

$\Psi_{2j} = 0.2$  se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)

Le azioni inerziali orizzontali  $E_x$  e verticali  $E_y$  delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri  $G$  con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica  $k_h$  e  $k_v$ :

$E_x = G \cdot k_h$  azione inerziale orizzontale

$E_y = G \cdot k_v$  azione inerziale verticale

$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q$  masse efficaci sismiche

## 7.9.4 Sovrappinte dinamiche del terreno

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

### 7.9.4.1 Azioni inerziali masse

Le sovrappinte  $\Delta S_{ah,E}$  sono calcolate in spinta attiva secondo il metodo di Mononome-Okabe:

$$\Delta S_{ah,E} = S_{ahE} - S_{ah}$$

$$S_{ah} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot H^2 \cdot K_a \quad \text{spinta attiva statica sulla parete}$$

$$S_{ahE} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{aE} \quad \text{spinta attiva sismica sulla parete}$$

$$K_{aE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\rho + \delta) \cdot \text{sen}(\rho - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{coeff. spinta att. sismica (M-O)}$$

$K_a$  coefficiente di spinta attiva statico

$H^* = H + \Delta H$  altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\Delta H = 0$  incremento dell'altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\gamma^*(z)$  peso specifico del terreno

$\varphi$  angolo attrito del terreno

$\delta$  attrito tra terreno e parete

$\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$k_h$  coefficiente di amplificazione orizzontale

$k_v$  coefficiente di amplificazione verticale

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v))$  terreni sopra falda  $\gamma^* = \gamma_{sat}$

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v)) \cdot (\gamma_{sat} / (\gamma_{sat} - \gamma_w))$  terreni sotto falda  $\gamma^* = \gamma'$

Restando a favore della sicurezza, la risultante  $\Delta S_{ah,E}$  viene applicata su tutta l'altezza  $H^*$  come una pressione orizzontale distribuita  $\Delta \sigma_{h,E}$  pari a:

$$\Delta \sigma_{h,E} = \Delta S_{ah,E} / H^*$$

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>79</b>

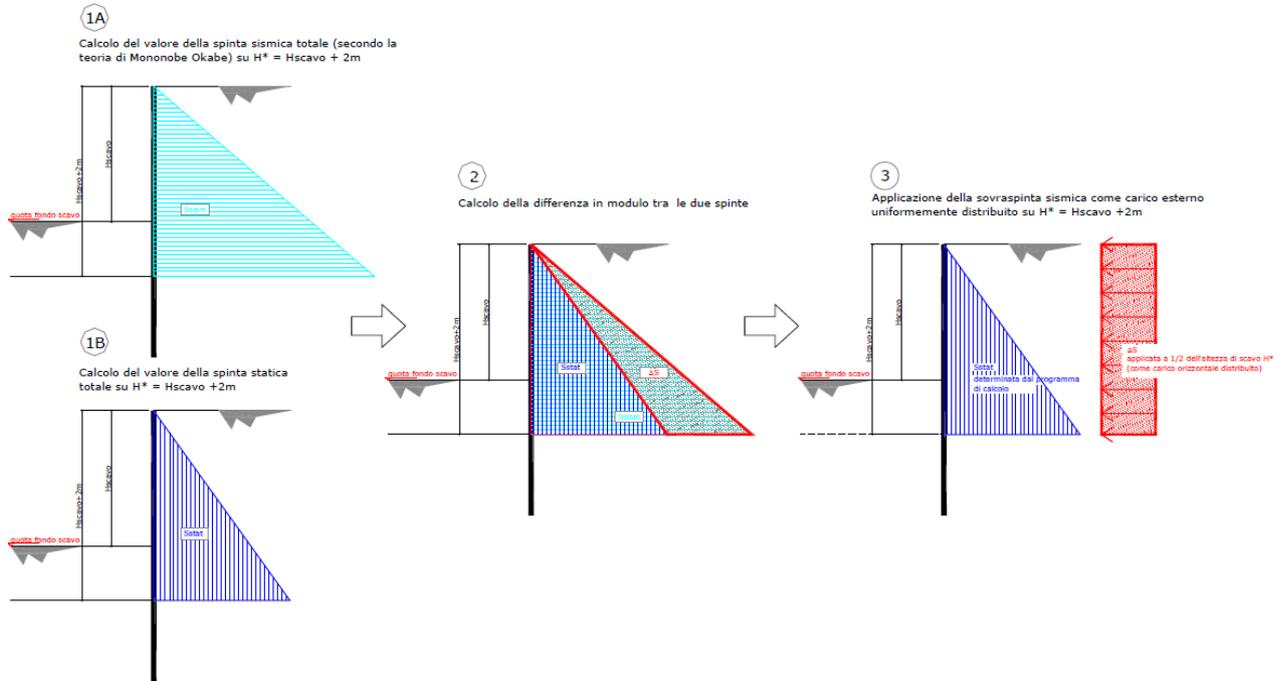


Figura 25 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

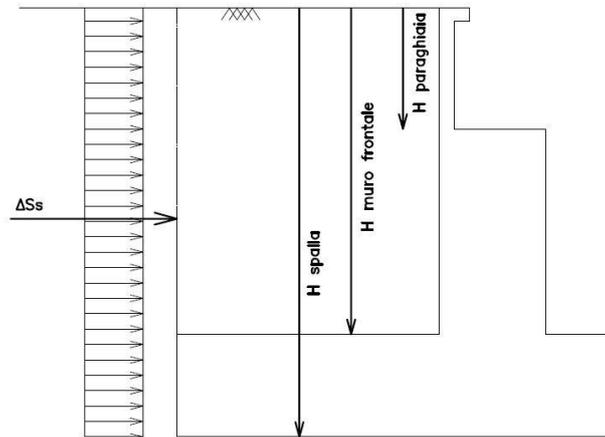


Figura 26: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

#### 7.9.4.2 Spinta attiva in Excel®

Si adotta la formulazione del metodo di Mononome-Okabe prima descritto.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	80

### 7.10 VARIAZIONI TERMICHE (Q<sub>7</sub>)

Essendo le campate isostatiche, tale azione non rientra direttamente nel calcolo delle sottostrutture, ma viene inclusa indirettamente nelle valutazioni sulle azioni agli appoggi (escursioni ed attriti meccanici).

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

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l’impalcato risulta  $\pm 15^\circ$ , ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di  $\pm 22.5^\circ\text{C}$ .

### 7.11 ATTRITO (Q<sub>8</sub>)

Nome	Tipo	$\gamma_E$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
ATTRITO PERM	Permanenti non strutturali	1.00 / 1.50	-	-	-
ATTRITO VAR	Variabili traffico ferroviario	EQU 0.00 / 1.45 (A1) 0.00 / 1.45 (A2) 0.00 / 1.25	0.80	0.50	0.00

Gli effetti dell’attrito sono valutati associando, in corrispondenza degli appoggi scorrevoli, alle reazioni verticali dovute a carichi permanenti ( $V_G$ ) e quelle dovute a carichi accidentali ( $V_Q$ ) le seguenti forze orizzontali in direzione longitudinale, dove il coefficiente di attrito  $f = 3\%$ .

$$Q_8 F_{a,G} = f \cdot (\sum V_{G,i})$$

$$Q_8 F_{a,Q} = f \cdot (\sum V_{Q,i})$$

Per le forze orizzontali associate ubicate ai singoli appoggi, vedi tabella scarichi impalcato.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>81</b>

## 7.12 SCARICHI AGLI APPOGGI

Dalle valutazioni sui carichi derivanti dagli impalcati in appoggio, effettuate mediante metodi semplificati e riportate nei capitoli precedenti per le varie tipologie di azione, si sono considerati i valori nominali degli scarichi riepilogati nella tabella seguente.

Tali scarichi sono stati confrontati rispetto alle calcolazioni di dettaglio effettuate mediante analisi FEM sui singoli impalcati, alle cui relazioni di calcolo si rimanda per ulteriori verifiche di confronto.

IMPALCATO CAP L=25m	Lato Appoggi Scorrevoli											
	Appoggio 5 (M)			Appoggio 6 (UL)			Appoggio 7 (M)			Appoggio 8 (M)		
	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)
	0,00	-3,62	-0,60	0,00	-1,21	-0,60	0,00	1,21	-0,60	0,00	3,62	-0,60
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
<b>Permanenti</b>												
G1 (peso proprio)	0	0	1075	0	0	475	0	0	475	0	0	1075
<b>Ballast</b>												
G2,1 (ballast)	0	0	325	0	0	500	0	0	500	0	0	325
<b>Perm. non strutturali</b>												
G2,2 (velette)	0	0	225	0	0	-138	0	0	-138	0	0	225
G2,3 (arredi)	0	0	425	0	0	-225	0	0	-225	0	0	425
G2,4 (barriere)	0	0	575	0	0	-325	0	0	-325	0	0	575
Q8 Fa,G (attrito)	79	0	0	9	0	0	9	0	0	79	0	0
<b>Accidentali da traffico</b>												
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	-15	0	0	253	0	0	520	0	0	788
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	788	0	0	520	0	0	253	0	0	-15
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	0	0	0	283	0	0	565	0	0	848
Q3,a B1-SW2 (avv)	0	0	0	0	0	20	0	0	40	0	0	60
Q3,a B1-LM71 (avv)	0	0	0	0	0	22	0	0	44	0	0	66
Q3,a B2-LM71 (avv)	0	0	66	0	0	44	0	0	22	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	0	0	21	0	0	42	0	0	63
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	0	0	13	0	0	27	0	0	40
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	40	0	0	27	0	0	13	0	0	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	-25	0	61	-8	0	0	8	0	0	25
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	-63	0	152	-21	0	0	21	0	0	63
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	-63	0	152	-21	0	0	21	0	0	63
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-41	0	100	-14	0	0	14	0	0	41
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	-45	0	110	-15	0	0	15	0	0	45
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-45	0	110	-15	0	0	15	0	0	45
Q8 Fa,Q (attrito)	24	0	0	16	0	0	17	0	0	25	0	0
<b>Effetti ambientali</b>												
Q6 (vento)	0	0	-29	0	234	25	0	0	78	0	0	132

Tabella 21 – Scarichi caratteristici agli appoggi della spalla mobile

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	82

SPALLA S1

SPALLA S2

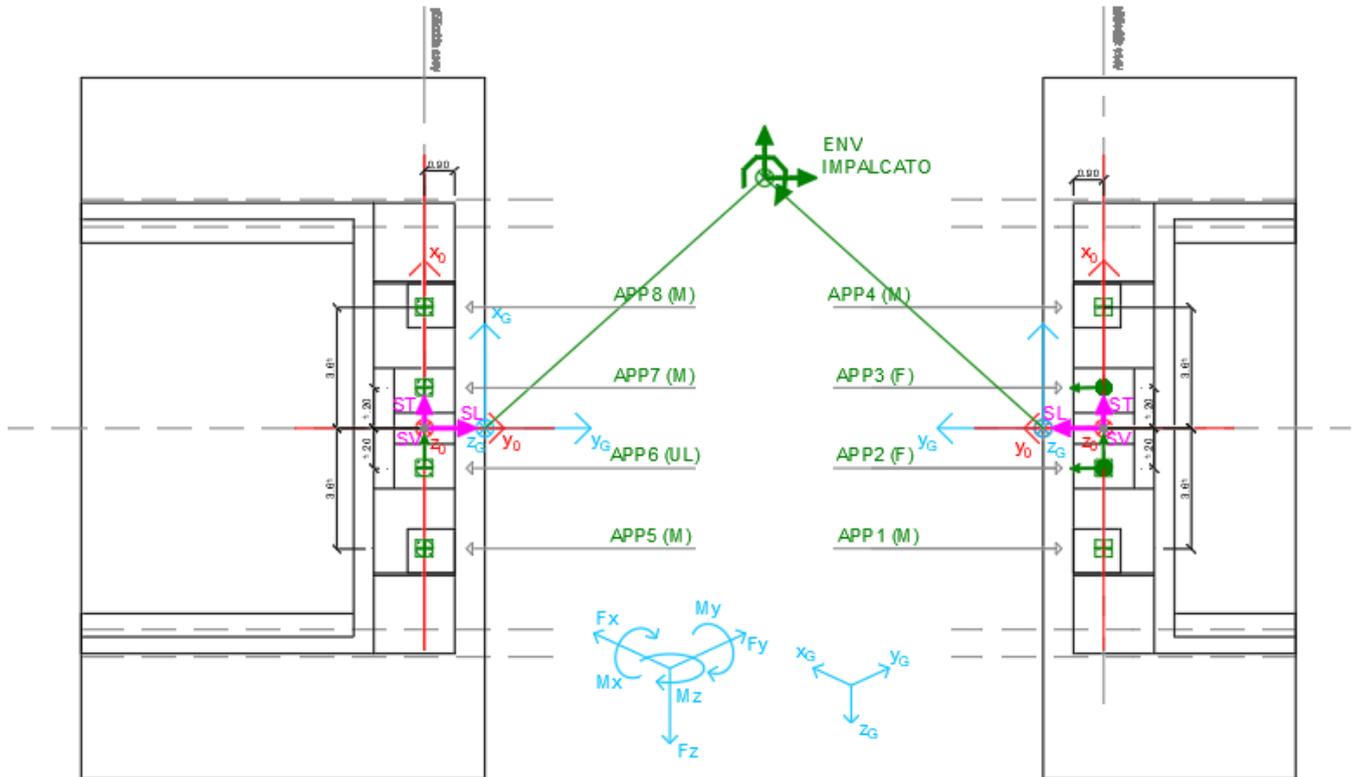


Figura 27- - Schema dei vincoli a terra impalcato

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>83</b>

## 8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate utilizzando i coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_i$  e i coefficienti di combinazione  $\psi_i$  di seguito riportati:

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr <sub>1</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
Gruppi di carico	gr <sub>2</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	-
	gr <sub>3</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
	gr <sub>4</sub>	1,00	1,00 <sup>(2)</sup>	0,0
	Azioni del vento	F <sub>wk</sub>	0,60	0,50
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T <sub>k</sub>	0,60	0,60	0,50

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

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

Tabella 22 – Combinazioni di carico

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>84</b>

## 8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Per la determinazione degli effetti delle azioni da traffico si fa riferimento ai gruppi di carico da 1 a 4 secondo la tabella riportata di seguito:

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 ( $\Phi, \alpha$ , 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.

Nel caso in esame, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 che comportano le maggiori sollecitazioni per le strutture in elevazione e in fondazione.

Nella figura successiva vengono esplicitate le tipologie di combinazioni utilizzate:

- Tipo Comb
- 1  $1,35 \cdot G_{k1} + 1,50 \cdot G_{k2b} + 1,35 \cdot G_{k2v} + 0,73 \cdot Q_{k3a,i} + 0,73 \cdot Q_{k3f,i} + 1,45 \cdot Q_{k4,i} + 1,45 \cdot Q_{k5,i} + 0,9 \cdot Q_{k6} + 1,45 \cdot Q_{k1,i} + 1,35 \cdot Q_{k2g} + 1,45 \cdot Q_{k2q}$
  - 2  $1,35 \cdot G_{k1} + 1,50 \cdot G_{k2b} + 1,35 \cdot G_{k2v} + 1,45 \cdot Q_{k3a,i} + 1,45 \cdot Q_{k3f,i} + 0,73 \cdot Q_{k4,i} + 0,73 \cdot Q_{k5,i} + 0,9 \cdot Q_{k6} + 1,45 \cdot Q_{k1,i} + 1,35 \cdot Q_{k2g} + 1,45 \cdot Q_{k2q}$
  - 3  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 0,73 \cdot Q_{k3a,i} + 0,73 \cdot Q_{k3f,i} + 1,45 \cdot Q_{k4,i} + 1,45 \cdot Q_{k5,i} + 0,9 \cdot Q_{k6} + 1,45 \cdot Q_{k1,i} + 1,35 \cdot Q_{k2g} + 1,45 \cdot Q_{k2q}$
  - 4  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 1,45 \cdot Q_{k3a,i} + 1,45 \cdot Q_{k3f,i} + 0,73 \cdot Q_{k4,i} + 0,73 \cdot Q_{k5,i} + 0,9 \cdot Q_{k6} + 1,45 \cdot Q_{k1,i} + 1,35 \cdot Q_{k2g} + 1,45 \cdot Q_{k2q}$
  - 5  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 1,50 \cdot Q_{k6} + 1,00 \cdot Q_{k2g}$
  - 6  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 1,00 \cdot Q_{k2g} + 0,73 \cdot Q_{k2q}$
  - 7  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 0,8 \cdot Q_{k3a,i} + 0,8 \cdot Q_{k3f,i} + 1,00 \cdot Q_{k4} + 1,00 \cdot Q_{k5} + 0,6 \cdot Q_{k6} + 1,00 \cdot Q_{k1} + 1,00 \cdot Q_{k2g} + 1,00 \cdot Q_{k2q}$
  - 8  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 1,00 \cdot Q_{k3a,i} + 1,00 \cdot Q_{k3f,i} + 0,8 \cdot Q_{k4} + 0,8 \cdot Q_{k5} + 0,6 \cdot Q_{k6} + 1,00 \cdot Q_{k1} + 1,00 \cdot Q_{k2g} + 1,00 \cdot Q_{k2q}$
  - 9  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 1,00 \cdot Q_{k6} + 1,00 \cdot Q_{k2g}$
  - 10  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v}$
  - 11  $1,00 \cdot G_{k1} + 1,00 \cdot G_{k2b} + 1,00 \cdot G_{k2v} + 1,00 \cdot Q_{k2g}$

Figura 28 - Tipologie di combinazioni di carico

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	85

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2v-Perm. non str. vari	Gk3a-Traffico 1	Gk3a-Traffico 2	Gk3a-Traffico 3	Gk3f-Traffico 1	Gk3f-Traffico 2	Gk3f-Traffico 3	Gk4-Traffico 1	Gk4-Traffico 2	Gk4-Traffico 3	Gk5-Traffico 1	Gk5-Traffico 2	Gk5-Traffico 3	Gk6 vento-Q6 (vento)	Gk1-Traffico 1	Gk1-Traffico 2	Gk1-Traffico 3	Gk2g attrito-Q8 Fa, G (attrito)	Gk2q attrito-Q8 Fa, Q (attrito)
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,35	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,35	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	1	3	SLU3	1,35	1,50	1,35	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	2	4	SLU4	1,35	1,50	1,35	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	1	5	SLU5	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	2	6	SLU6	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	3	7	SLU7	1,00	1,00	1,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	4	8	SLU8	1,00	1,00	1,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	3	9	SLU9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	4	10	SLU10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	3	11	SLU11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	4	12	SLU12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	5	13	SLU13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	14	SLU14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	5	15	SLU15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	16	SLU16	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	6	17	SLU17	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,73
SLU	6	18	SLU18	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,73
SLE RA	7	19	RA1	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	20	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	21	RA3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	22	RA4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	23	RA5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	8	24	RA6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	7	25	RA7	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	26	RA8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	27	RA9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	28	RA10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	29	RA11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	8	30	RA12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	9	31	RA13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	32	RA14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	33	RA15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE QP	10	34	QP1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	11	35	QP2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE QP	11	36	QP3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Tabella 23 – Combinazioni di carico Spalla (fondazione ed elevazione)

MANDATARIA  MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	86

## 9. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 9.1 ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

#### 9.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

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

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$  Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$R_d = R(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$  Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$Y_F \cdot F_k$  Azioni di progetto

$X_k / Y_M$  Proprietà del materiale di progetto

$a_d$  Geometria di progetto

$Y_M$  Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

##### 9.1.1.1 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle [12] con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

$M_{Rd}$  Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$

$N_{Ed}$  Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)

$M_{Ed}$  Valore di calcolo della componente flettente dell'azione

##### 9.1.1.2 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle [12], indicato con  $V_{Ed}$  il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

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

*Elementi senza armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left( 0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

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

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

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

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

$d$  Altezza utile della sezione (mm)

$b_w$  Larghezza minima della sezione (mm)

*Elementi provvisti di armature resistenti a taglio*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	87

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\theta$$

$$\cot \theta \leq 2.5)$$

$\alpha$

$A_{sw}$

$s$

$$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

$\alpha_c$

Resistenza di calcolo a taglio

Resistenza a taglio-trazione

Resistenza a taglio-compressione

Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ( $1 \leq$

Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

Area dell'armatura trasversale

Interasse tra due armature trasversali consecutive

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

Coefficienti maggiorativi pari a:

1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$

1.25 per  $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$

$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$  per  $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

### 9.1.1.3 Verifica a punzonamento

In corrispondenza del collegamento tra setti, pilastri o pali di fondazione ed elementi piani (plinti, solette) si hanno sollecitazioni concentrate, con meccanismo resistente a taglio in condizioni di rottura SLU dipendente dalla geometria locale tra i due elementi e le loro condizioni al contorno.

Le verifiche a taglio-punzonamento vengono eseguite in accordo con le UNI EN 1992-1-1: 2005, dove il taglio sollecitante unitario  $v_{Ed}$  si assume distribuito sul perimetro  $u_i$  del cono di rottura:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

$\beta$  coeff. posizioni reciproche tra aree di carico (pilastro interno 1.15, spigolo 1.50, bordo 1.40)

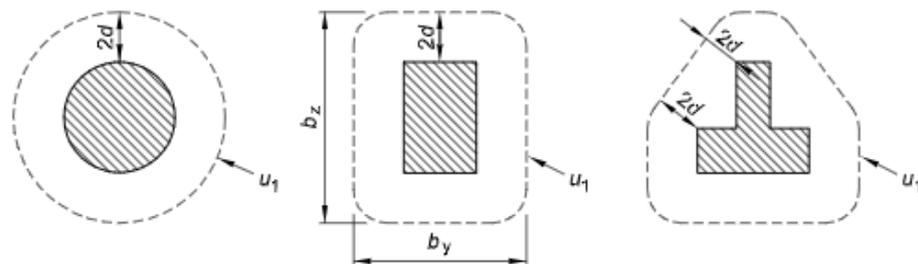
$V_{Ed}$  azione sollecitante di progetto

$u_i$  perimetro della sezione di verifica

$d = \frac{d_y + d_z}{2}$  altezza utile della sezione

$d_y, d_z$  altezze utili delle armature disposte nelle due direzioni principali

figura 6.13 Perimetri di verifica di base tipici intorno ad aree caricate



VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	88

figura 6.15 Perimetro di verifica di base per aree caricate in prossimità di bordi o di angoli

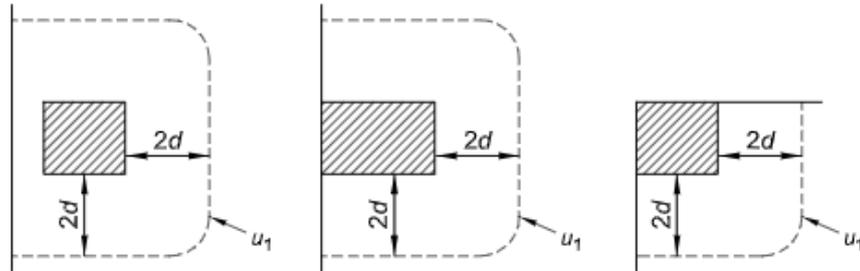


Figura 29 - Schemi aree di carico per diverse geometrie

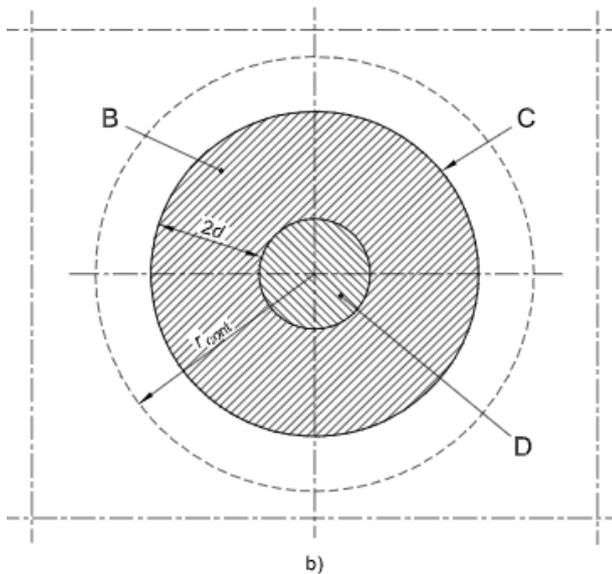
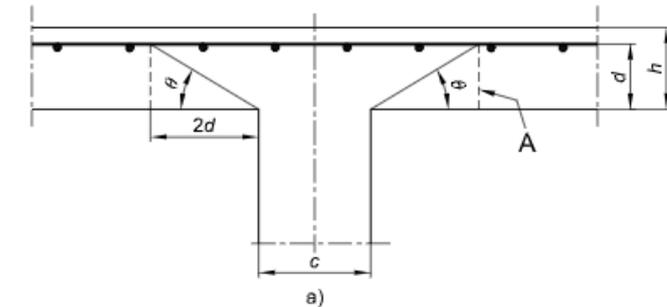


figura 6.12 Modello di verifica a punzonamento allo stato limite ultimo

Legenda

- a) Sezione
- b) Pianta
- A Sezione di base per la verifica
- B Area di verifica di base  $A_{cont}$
- C Perimetro di verifica di base,  $u_1$
- D Area caricata  $A_{load}$
- $r_{cont}$  Ulteriore perimetro di verifica
- $\theta = \arctan(1/2)$   
 $= 26,6^\circ$

Figura 30 – Modello di verifica a punzonamento SLU

Per un elemento a piastra e lungo le sezioni di verifica considerate, si definiscono le seguenti resistenze di progetto a taglio-punzonamento:

$$V_{Rd,c} = \max \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}; V_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \quad \text{per piastra senza armature a punzonamento}$$

$$V_{Rd,cs} = 0.75 \cdot V_{Rd,c} + 1.5 \cdot \left( \frac{d}{s_r} \right) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha \quad \text{per piastra con armature a punzonamento}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	89

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

valore massimo assoluto

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

$$k = \min\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2\right)$$

$$\rho_1 = \min\left(\sqrt{\rho_{1y} \cdot \rho_{1z}}; 0.02\right)$$

$\rho_{1y}, \rho_{1z}$

percentuale di armatura longitudinale nelle due direzioni principali

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$$

$$\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}, \quad \sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

tensioni normali nelle due direzioni principali

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$

azioni normali nelle due direzioni principali

$A_{cy}, A_{cz}$

aree delle due direzioni principali

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

$$k_1 = 0.1$$

(annesso italiano all'Eurocodice)

$s_r$

passo radiale perimetri di armatura a taglio-punzonamento

$A_{sw}$

area armatura a taglio-punzonamento all'interno del perimetro di verifica

$$f_{ywd,ef} = \min(f_{ywd}; 250 + 0.25 \cdot d)$$

resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento

$\alpha$

angolo compreso tra l'armatura a taglio e il piano della piastra

La verifica da effettuare lungo il perimetro del pilastro  $u_0$ , descritto dall'area caricata  $A_{load}$ , è la seguente:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

$u_0$	= sviluppo del perimetro pilastro	pilastro interno
	= $c_2 + 3d \leq c_2 + 2 \cdot c_1$	pilastro di bordo
	= $3d \leq c_1 + c_2$	pilastro d'angolo

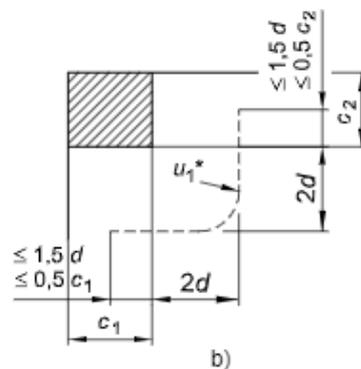
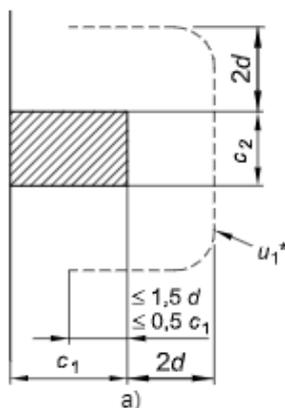


figura 6.20

Perimetro di verifica equivalente  $u_1$ .

Legenda

- a) Pilastro di bordo
- b) Pilastro d'angolo

Figura 31 – Geometria dei perimetri pilastri per elementi d'angolo e di bordo

Le verifiche da effettuare lungo il perimetro di base  $u_1$  sono le seguenti:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \text{piastra senza armature a taglio-punzonamento}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cs} \quad \text{piastra con armature a taglio-punzonamento}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	90

## 9.1.2 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

### 9.1.2.1 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2008, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$E_d \leq C_d$$

$$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione}$$

$$C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate}$$

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

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

### 9.1.2.2 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

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

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

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Tabella 24 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2008

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.p.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	91

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

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

Tabella 25 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2008

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del [15], prevede i seguenti passaggi:

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

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

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

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Gruppo di esigenza	Condizioni ambientali	Combinaz. di azioni	Stato limite	$w_k$
Elevazioni	XC4 – XS1	B	Aggressive	RA	AF	$\leq w_1 = 0.20$ mm
Fondazioni	XC2	A	Ordinarie	RA	AF	$\leq w_2 = 0.30$ mm

Tabella 26 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	92

## 10. MODELLO DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle strutture di spalla sono stati adottati i seguenti diversi modelli di calcolo:

- 1) modello generale della spalla, implementato in un foglio di calcolo Excel, specifico per ricavare le sollecitazioni globali sulle fondazioni partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato; sono considerati i pesi propri degli elementi strutturali, del terreno di riempimento della spalla, le spinte del terreno di rilevato e, in condizioni sismiche, le masse, secondo le ipotesi illustrate nell'analisi dei carichi; il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali;
  - a. modello locale del muro frontale, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
  - b. modello locale del paraghiaia, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
  - c. modello locale in direzione longitudinale della fondazione, implementato in un foglio di calcolo Excel, dove vengono calcolate le sollecitazioni del plinto in direzione longitudinale a partire dagli scarichi sui pali, desunti dalla relazione geotecnica;
  - d. modello locale dei muri laterali, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

Parametri Geotecnici		
$\gamma$	$\varphi'$	$c'$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]
20	38	0

*Tabella 27 – Parametri geotecnici terreno di riempimento*

Tutte le azioni e le combinazioni di carico considerate per le verifiche strutturali e geotecniche sono state sviluppate nell'ipotesi A1-M1.

### 10.1.1 Condizioni statiche

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta.

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno; pertanto, la spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete  $k_0$ .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore equivalente pari ad entrambi i binari carichi con dei modelli di carico LM71, non amplificato per il coefficiente dinamico.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	93

### 10.1.2 Condizioni sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica viene calcolata con la teoria di Mononome-Okabe con  $\beta_m = 1.00$ , in quanto si considera la spalla debolmente deformabile in condizione sismica.

In fase sismica si considerano inoltre le azioni orizzontali e verticali dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	94

## 11. ANALISI SPALLA MOBILE S1

### 11.1 AZIONE IMPALCATI

Mediante l'ausilio di un foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) derivanti dagli scarichi degli impalcati in appoggio, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione spalla, secondo lo schema di riferimento, a quota estradosso muro frontale, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

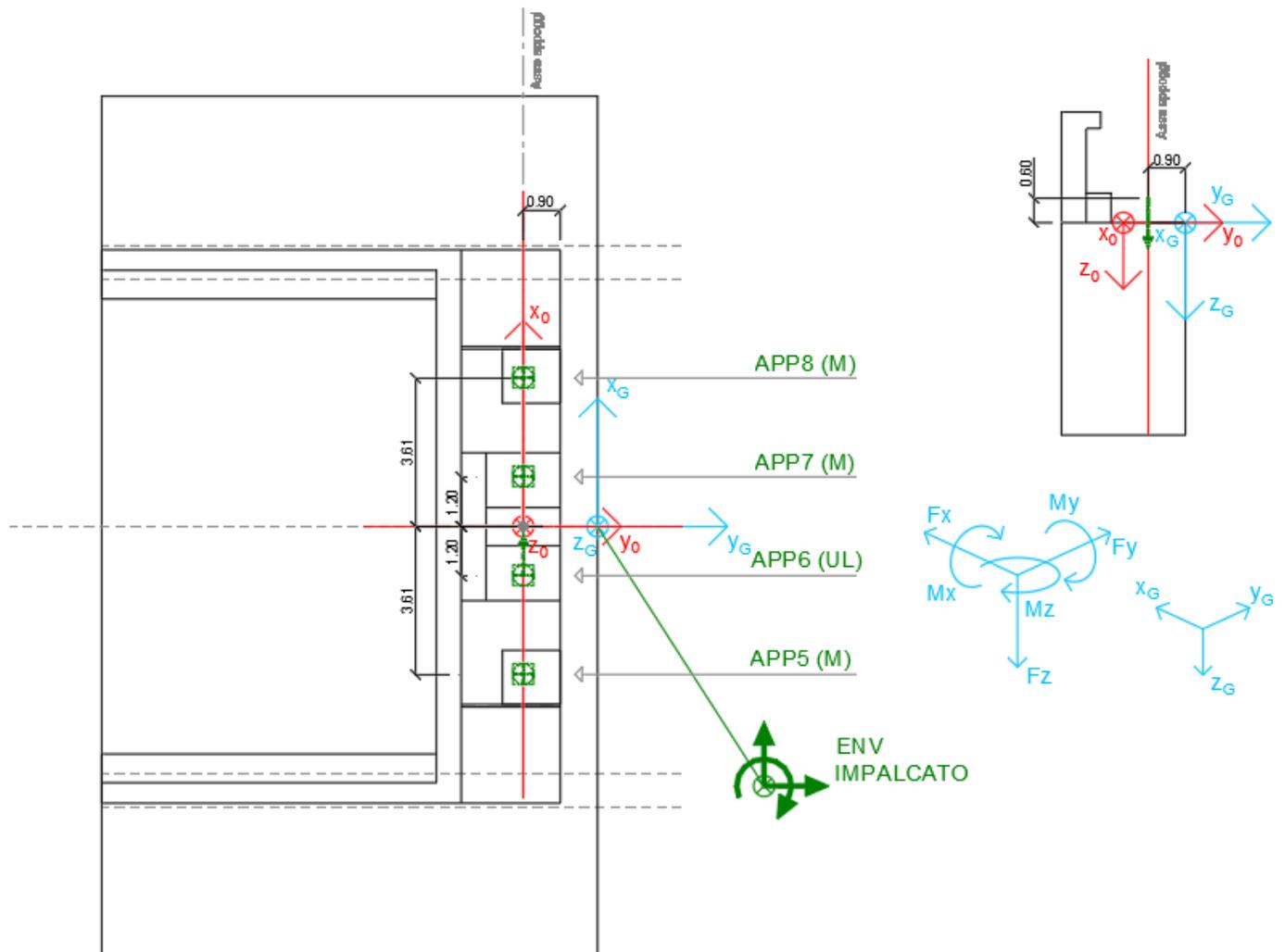


Figura 32 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>95</b>

NOME: SPALLA 1		CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO													
LATI APPOGGI SCORREVOLI (IMPALCATO CAP L=25m)															
APPOGGIO 5 (M)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	1075	-3,62	0,00	-0,60	0	3887	0	0	0	1075	-968	3887	0
G2,1 (ballast)	0	0	325	-3,62	0,00	-0,60	0	1175	0	0	0	325	-293	1175	0
G2,2 (velette)	0	0	225	-3,62	0,00	-0,60	0	813	0	0	0	225	-203	813	0
G2,3 (arredi)	0	0	425	-3,62	0,00	-0,60	0	1536	0	0	0	425	-383	1536	0
G2,4 (barriere)	0	0	575	-3,62	0,00	-0,60	0	2079	0	0	0	575	-518	2079	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	66	-3,62	0,00	-0,60	0	237	0	0	0	66	-59	237	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	40	-3,62	0,00	-0,60	0	144	0	0	0	40	-36	144	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	-25	-3,62	0,00	-0,60	0	-90	0	0	0	-25	23	-90	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	-63	-3,62	0,00	-0,60	0	-227	0	0	0	-63	57	-227	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	-63	-3,62	0,00	-0,60	0	-227	0	0	0	-63	57	-227	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-41	-3,62	0,00	-0,60	0	-149	0	0	0	-41	37	-149	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	-45	-3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	-45	41	-164	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-45	-3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	-45	41	-164	0
Q6 (vento)	0	0	-29	-3,62	0,00	-0,60	0	-106	0	0	0	-29	26	-106	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	-15	-3,62	0,00	-0,60	0	-56	0	0	0	-15	14	-56	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	788	-3,62	0,00	-0,60	0	2850	0	0	0	788	-709	2850	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	79	0	-3,62	0,00	-0,60	47	0	-285	0	79	0	47	0	-285
Q8 Fa,Q (attrito)	0	24	0	-3,62	0,00	-0,60	14	0	-85	0	24	0	14	0	-85
APPOGGIO 6 (UL)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	475	-1,21	0,00	-0,60	0	573	0	0	0	475	-428	573	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	-1,21	0,00	-0,60	0	603	0	0	0	500	-450	603	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	-1,21	0,00	-0,60	0	-166	0	0	0	-138	124	-166	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	-1,21	0,00	-0,60	0	-271	0	0	0	-225	203	-271	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	-1,21	0,00	-0,60	0	-392	0	0	0	-325	293	-392	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	20	-1,21	0,00	-0,60	0	24	0	0	0	20	-18	24	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	22	-1,21	0,00	-0,60	0	26	0	0	0	22	-20	26	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	44	-1,21	0,00	-0,60	0	53	0	0	0	44	-39	53	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	21	-1,21	0,00	-0,60	0	25	0	0	0	21	-19	25	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	13	-1,21	0,00	-0,60	0	16	0	0	0	13	-12	16	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	27	-1,21	0,00	-0,60	0	32	0	0	0	27	-24	32	0
Q4 B1-SW2 (centr)	61	0	-8	-1,21	0,00	-0,60	0	-46	0	61	0	-8	8	-46	55
Q4 B1-LM71 (centr)	152	0	-21	-1,21	0,00	-0,60	0	-117	0	152	0	-21	19	-117	137
Q4 B2-LM71 (centr)	152	0	-21	-1,21	0,00	-0,60	0	-117	0	152	0	-21	19	-117	137
Q5 B1-SW2 (serp)	100	0	-14	-1,21	0,00	-0,60	0	-77	0	100	0	-14	12	-77	90
Q5 B1-LM71 (serp)	110	0	-15	-1,21	0,00	-0,60	0	-84	0	110	0	-15	14	-84	99
Q5 B2-LM71 (serp)	110	0	-15	-1,21	0,00	-0,60	0	-84	0	110	0	-15	14	-84	99
Q6 (vento)	234	0	25	-1,21	0,00	-0,60	0	-111	0	234	0	25	-22	-111	211
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	253	-1,21	0,00	-0,60	0	304	0	0	0	253	-227	304	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	520	-1,21	0,00	-0,60	0	627	0	0	0	520	-468	627	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	283	-1,21	0,00	-0,60	0	340	0	0	0	283	-254	340	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	-1,21	0,00	-0,60	5	0	-10	0	9	0	5	0	-10
Q8 Fa,Q (attrito)	0	16	0	-1,21	0,00	-0,60	9	0	-19	0	16	0	9	0	-19
APPOGGIO 7 (M)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	475	1,21	0,00	-0,60	0	-573	0	0	0	475	-428	-573	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	1,21	0,00	-0,60	0	-603	0	0	0	500	-450	-603	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	1,21	0,00	-0,60	0	166	0	0	0	-138	124	166	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	1,21	0,00	-0,60	0	271	0	0	0	-225	203	271	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	1,21	0,00	-0,60	0	392	0	0	0	-325	293	392	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	40	1,21	0,00	-0,60	0	-48	0	0	0	40	-36	-48	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	44	1,21	0,00	-0,60	0	-53	0	0	0	44	-39	-53	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	22	1,21	0,00	-0,60	0	-26	0	0	0	22	-20	-26	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	42	1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	0	0	42	-38	-51	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	27	1,21	0,00	-0,60	0	-32	0	0	0	27	-24	-32	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	13	1,21	0,00	-0,60	0	-16	0	0	0	13	-12	-16	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	8	1,21	0,00	-0,60	0	-10	0	0	0	8	-8	-10	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	21	1,21	0,00	-0,60	0	-25	0	0	0	21	-19	-25	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	21	1,21	0,00	-0,60	0	-25	0	0	0	21	-19	-25	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	14	1,21	0,00	-0,60	0	-17	0	0	0	14	-12	-17	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	15	1,21	0,00	-0,60	0	-18	0	0	0	15	-14	-18	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	15	1,21	0,00	-0,60	0	-18	0	0	0	15	-14	-18	0
Q6 (vento)	0	0	78	1,21	0,00	-0,60	0	-95	0	0	0	78	-71	-95	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	520	1,21	0,00	-0,60	0	-627	0	0	0	520	-468	-627	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	253	1,21	0,00	-0,60	0	-304	0	0	0	253	-227	-304	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	565	1,21	0,00	-0,60	0	-681	0	0	0	565	-509	-681	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	1,21	0,00	-0,60	5	0	10	0	9	0	5	0	10
Q8 Fa,Q (attrito)	0	17	0	1,21	0,00	-0,60	10	0	20	0	17	0	10	0	20

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>96</b>

APPOGGIO 8 (M)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	1075	3,62	0,00	-0,60	0	-3887	0	0	0	1075	-968	-3887	0
G2,1 (ballast)	0	0	325	3,62	0,00	-0,60	0	-1175	0	0	0	325	-293	-1175	0
G2,2 (velette)	0	0	225	3,62	0,00	-0,60	0	-813	0	0	0	225	-203	-813	0
G2,3 (arredi)	0	0	425	3,62	0,00	-0,60	0	-1536	0	0	0	425	-383	-1536	0
G2,4 (barriere)	0	0	575	3,62	0,00	-0,60	0	-2079	0	0	0	575	-518	-2079	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	60	3,62	0,00	-0,60	0	-216	0	0	0	60	-54	-216	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	66	3,62	0,00	-0,60	0	-237	0	0	0	66	-59	-237	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	63	3,62	0,00	-0,60	0	-229	0	0	0	63	-57	-229	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	40	3,62	0,00	-0,60	0	-144	0	0	0	40	-36	-144	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	25	3,62	0,00	-0,60	0	-90	0	0	0	25	-23	-90	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	63	3,62	0,00	-0,60	0	-227	0	0	0	63	-57	-227	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	63	3,62	0,00	-0,60	0	-227	0	0	0	63	-57	-227	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	41	3,62	0,00	-0,60	0	-149	0	0	0	41	-37	-149	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	45	3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	45	-41	-164	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	45	3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	45	-41	-164	0
Q6 (vento)	0	0	132	3,62	0,00	-0,60	0	-478	0	0	0	132	-119	-478	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	788	3,62	0,00	-0,60	0	-2850	0	0	0	788	-709	-2850	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	-15	3,62	0,00	-0,60	0	56	0	0	0	-15	14	56	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	848	3,62	0,00	-0,60	0	-3064	0	0	0	848	-763	-3064	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	79	0	3,62	0,00	-0,60	47	0	285	0	79	0	47	0	285
Q8 Fa,Q (attrito)	0	25	0	3,62	0,00	-0,60	15	0	92	0	25	0	15	0	92

Tabella 28 - Riepilogo azioni elementari derivanti dagli scarichi degli impalcati

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trav</sub>		V <sub>long</sub>		N <sub>vert</sub>		M <sub>long</sub>		M <sub>trav</sub>		M <sub>torc</sub>	
		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	3101	-2791	0	0	0	0	0	0	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	0	1650	-1485	0	0	0	0	0	0	0	0
Gk2v	G2,2 (arredi vari)	0	0	1075	-968	0	0	0	0	0	0	0	0
Qk3a Avviamento	Traffico 1	0	0	131	-118	-264	0	0	0	0	0	0	0
	Traffico 2	0	0	119	-107	-240	0	0	0	0	0	0	0
	Traffico 3	0	0	119	-107	-240	0	0	0	0	0	0	0
Qk3f Frenatura	Traffico 1	0	0	80	-72	160	0	0	0	0	0	0	0
	Traffico 2	0	0	80	-72	160	0	0	0	0	0	0	0
	Traffico 3	0	0	127	-114	-254	0	0	0	0	0	0	0
Qk4 Centrifuga	Traffico 1	305	0	0	0	-1193	274	0	0	0	0	0	0
	Traffico 2	213	0	0	0	-834	192	0	0	0	0	0	0
	Traffico 3	61	0	0	0	-237	55	0	0	0	0	0	0
Qk5 Serpeggio	Traffico 1	220	0	0	0	-861	198	0	0	0	0	0	0
	Traffico 2	210	0	0	0	-822	189	0	0	0	0	0	0
	Traffico 3	100	0	0	0	-391	90	0	0	0	0	0	0
Qk6 vento	Q6 (vento)	234	0	206	-186	-789	211	0	0	0	0	0	0
Qk1 Treno	Traffico 1	0	0	3092	-2783	0	0	0	0	0	0	0	0
	Traffico 2	0	0	3241	-2917	-176	0	0	0	0	0	0	0
	Traffico 3	0	0	1695	-1526	-3404	0	0	0	0	0	0	0
Qk2g attrito	Q8 Fa,G (attrito)	0	175	0	105	0	0	0	0	0	0	0	0
Qk2q attrito	Q8 Fa,Q (attrito)	0	82	0	49	0	8	0	0	0	0	0	0

Tabella 29 - Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso muro frontale)

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>97</b>

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2v-Perm. non str. vari	Gk3a-Traffico 1	Gk3a-Traffico 2	Gk3a-Traffico 3	Gk3f-Traffico 1	Gk3f-Traffico 2	Gk3f-Traffico 3	Gk4-Traffico 1	Gk4-Traffico 2	Gk4-Traffico 3	Gk5-Traffico 1	Gk5-Traffico 2	Gk5-Traffico 3	Gk6 vento-Q6 (vento)	Gk1-Traffico 1	Gk1-Traffico 2	Gk1-Traffico 3	Gk2g attrito-Q8 Fa.G (attrito)	Gk2q attrito-Q8 Fa.Q (attrito)
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,35	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,35	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	1	3	SLU3	1,35	1,50	1,35	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	2	4	SLU4	1,35	1,50	1,35	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	1	5	SLU5	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	2	6	SLU6	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	3	7	SLU7	1,00	1,00	1,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	4	8	SLU8	1,00	1,00	1,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	3	9	SLU9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	4	10	SLU10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	3	11	SLU11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	4	12	SLU12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	5	13	SLU13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	14	SLU14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	5	15	SLU15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	16	SLU16	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	6	17	SLU17	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,73
SLU	6	18	SLU18	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,73
SLE RA	7	19	RA1	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	20	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	21	RA3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	22	RA4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	23	RA5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	8	24	RA6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	7	25	RA7	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	26	RA8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	27	RA9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	28	RA10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	29	RA11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	8	30	RA12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	9	31	RA13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	32	RA14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	33	RA15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE QP	10	34	QP1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	11	35	QP2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE QP	11	36	QP3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Tabella 30 – Combinazioni di carico adottate

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	98

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Mx (kNm)	Fy (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU4	13286	517	-2282	354	-11745	477
N <sub>vert</sub> Min	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
V <sub>trasv</sub> Max	SLU7	10647	972	-3764	354	-9370	886
V <sub>trasv</sub> Min	SLU16	5517	-351	1184	-175	-5070	-316
M <sub>long</sub> Max	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
M <sub>long</sub> Min	SLU5	10934	444	-6916	354	-9628	411
V <sub>long</sub> Max	SLU12	8826	327	-6818	354	-7731	306
V <sub>long</sub> Min	SLU18	5826	0	0	-234	-5384	-6
M <sub>trasv</sub> Max	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
M <sub>trasv</sub> Min	SLU4	13286	517	-2282	354	-11745	477
M <sub>torc</sub> Max	SLU7	10647	972	-3764	354	-9370	886
M <sub>torc</sub> Min	SLU16	5517	-351	1184	-175	-5070	-316

Tabella 31 – ENV SLU - Azioni totali involuppo

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Mx (kNm)	Fy (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA4	9390	479	-2054	256	-8297	439
N <sub>vert</sub> Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	9210	665	-2611	256	-8135	607
V <sub>trasv</sub> Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
M <sub>long</sub> Max	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
M <sub>long</sub> Min	RA11	7842	301	-4902	-216	-7187	267
V <sub>long</sub> Max	RA15	5826	0	0	256	-5090	8
V <sub>long</sub> Min	RA10	9390	479	-2054	-256	-8604	423
M <sub>trasv</sub> Max	RA15	5826	0	0	256	-5090	8
M <sub>trasv</sub> Min	RA10	9390	479	-2054	-256	-8604	423
M <sub>torc</sub> Max	RA1	9210	665	-2611	256	-8135	607
M <sub>torc</sub> Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
N <sub>vert</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
V <sub>trasv</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M <sub>long</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M <sub>long</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	99

V <sub>long</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
V <sub>long</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M <sub>trasv</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M <sub>torc</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M <sub>torc</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0

*Tabella 32 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involucro*

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	100

## 11.2 SOLLECITAZIONI ELEVAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione pila a quota estradosso fondazione, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

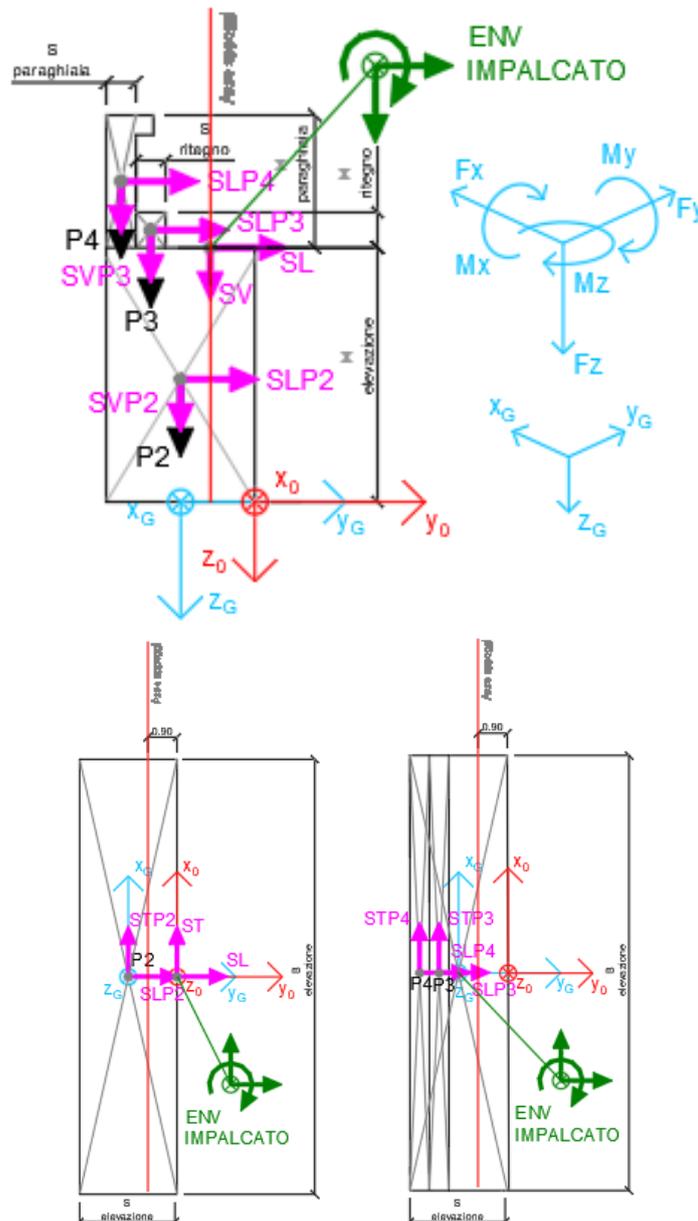


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	101

### 11.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>				0,3878	
Coeff. stratigrafico S <sub>s</sub>		1,163		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>				0,1407									
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Sisma long	SLP2	0	1425	0	0,00	-1,50	-2,50	3562	0	0							
	SLP3	0	52	0	0,00	-2,10	-5,46	286	0	0							
	SLP4	0	177	0	0,00	-2,70	-6,55	1157	0	0							
			0	1654	0				5006	0	0	0	1654	0	5006	0	0
Sisma trasv	STP2	1425	0	0	0,00	-1,50	-2,50	0	-3562	2137							
	STP3	52	0	0	0,00	-2,10	-5,46	0	-286	110							
	STP4	177	0	0	0,00	-2,70	-6,55	0	-1157	477							
			1654	0	0				0	-5006	2724	1654	0	0	0	-5006	243
Sisma vert	SVP2	0	0	712	0,00	-1,50	-2,50	-1069	0	0							
	SVP3	0	0	26	0,00	-2,10	-5,46	-55	0	0							
	SVP4	0	0	88	0,00	-2,70	-6,55	-239	0	0							
			0	0	827				-1362	0	0	0	0	827	-122	0	0
Sisma ballast long	SGBH	0	217	0	0,00	-3,00	-4,05	880	0	0							
		0	217	0				880	0	0	0	217	0	880	0	0	
Sisma terreno long	STHL	0	1811	0	0,00	-3,00	-4,05	7335	0	0							
		0	1811	0				7335	0	0	0	1811	0	7335	0	0	
Sisma impalcato long	SL	0	0	0	0,00	0,00	-5,00	0	0	0							
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sisma impalcato trasv	ST	2552	0	0	0,00	0,00	-5,00	0	-12759	0							
		2552	0	0				0	-12759	0	2552	0	0	0	-12759	-3828	
Sisma impalcato vert	SV	0	0	1276	0,00	0,00	-5,00	0	0	0							
		0	0	1276				0	0	0	0	0	1276	1914	0	0	

Tabella 33 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>102</b>

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO ELEVAZIONE				
H paraghiaia (m)	3,10	H elevazione (m)	5,00	Peso terreno (kN/m3)	20,00	Carico variab. Q LM71 (kPa)		23,15
S paraghiaia (m)	0,60	S elevazione (m)	3,00	Angolo di attrito terreno (*)	38,00	XG elevazione		0,00
H ritegno (m)	0,92	B elevazione (m)	13,50	Coeff. spinta attiva statica ka	0,2379	YG elevazione		-1,50
S ritegno (m)	0,60	Carico perm. Gb ballast (kPa)	9,72	Coeff. spinta riposo statica k0	0,3843	ZG elevazione		0,00

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA												
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
Peso proprio	P2	0	0	5063	0,00	-1,50	-2,50	-7594	0	0						
	P3	0	0	186	0,00	-2,10	-5,46	-391	0	0						
	P4	0	0	628	0,00	-2,70	-6,55	-1695	0	0						
		0	0	5877				-9680	0	0	0	0	5877	-865	0	0
Ballast	GBH	0	408	0	0,00	-3,00	-4,05	1654	0	0						
		0	408	0				1654	0	0	0	408	0	1654	0	0
Spinta terreno	THL	0	3404	0	0,00	-3,00	-2,70	9191	0	0						
		0	3404	0				9191	0	0	0	3404	0	9191	0	0
Sovraccarico long	Q1	0	973	0	0,00	-3,00	-4,05	3940	0	0						
		0	973	0				3940	0	0	0	973	0	3940	0	0

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO												
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
ENV	Nvert Max	517	354	13286	0,00	0,00	-5,00	-11745	-2282	477	517	354	13286	9956	-4869	-299
SLU	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	0,00	-5,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4289	2939	211
	Vtrasv Max	972	354	10647	0,00	0,00	-5,00	-9370	-3764	886	972	354	10647	8373	-8623	-571
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-5,00	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	2331	2939	211
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-5,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4289	2939	211
	Mlong Min	517	354	13286	0,00	0,00	-5,00	-11745	-2282	477	517	354	13286	9956	-4869	-299
	Vlong Max	327	354	8826	0,00	0,00	-5,00	-7731	-6818	306	327	354	8826	7280	-8454	-185
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	0,00	-5,00	-5384	0	-6	0	-234	5826	2185	0	-6
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-5,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4289	2939	211
	Mtrasv Min	444	354	10934	0,00	0,00	-5,00	-9628	-6916	411	444	354	10934	8545	-9135	-255
	Mtorc Max	972	354	10647	0,00	0,00	-5,00	-9370	-3764	886	972	354	10647	8373	-8623	-571
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-5,00	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	2331	2939	211
ENV		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
SLR	Nvert Max	479	256	9390	0,00	0,00	-5,00	-8297	-2054	439	479	256	9390	7070	-4449	-279
	Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-5,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2393	1960	140
	Vtrasv Max	665	256	9210	0,00	0,00	-5,00	-8135	-2611	607	665	256	9210	6962	-5937	-391
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-5,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2393	1960	140
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	0,00	0,00	-5,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2393	1960	140
	Mtrasv Min	301	-216	7842	0,00	0,00	-5,00	-7187	-4902	267	301	-216	7842	3498	-6407	-185
	Vlong Max	0	256	5826	0,00	0,00	-5,00	-5090	0	8	0	256	5826	4932	0	8
	Vlong Min	479	-256	9390	0,00	0,00	-5,00	-8604	-2054	423	479	-256	9390	4198	-4449	-295
	Mlong Max	0	256	5826	0,00	0,00	-5,00	-5090	0	8	0	256	5826	4932	0	8
	Mlong Min	479	-256	9390	0,00	0,00	-5,00	-8604	-2054	423	479	-256	9390	4198	-4449	-295
	Mtorc Max	665	256	9210	0,00	0,00	-5,00	-8135	-2611	607	665	256	9210	6962	-5937	-391
	Mtorc Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-5,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2393	1960	140
ENV		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
SLE QP	Nvert Max	0	175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5139	0	0	0	175	5826	4474	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2517	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5139	0	0	0	175	5826	4474	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2517	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5139	0	0	0	175	5826	4474	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2517	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5139	0	0	0	175	5826	4474	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2517	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5139	0	0	0	175	5826	4474	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2517	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5139	0	0	0	175	5826	4474	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-5,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2517	0	0

Tabella 34 – Riepilogo azioni elementari statiche

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	103

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	N <sub>vert</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>
		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	5877	-865	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	408	0	1654	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	3404	0	9191	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	517	354	13286	9956	-4869	-299
	Nvert Min	-351	175	5517	4289	2939	211
	Vtrasv Max	972	354	10647	8373	-8623	-571
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	2331	2939	211
	Mtrasv Max	-351	175	5517	4289	2939	211
	Mtrasv Min	517	354	13286	9956	-4869	-299
	Vlong Max	327	354	8826	7280	-8454	-185
	Vlong Min	0	-234	5826	2185	0	-6
	Mlong Max	-351	175	5517	4289	2939	211
	Mlong Min	444	354	10934	8545	-9135	-255
	Mtorc Max	972	354	10647	8373	-8623	-571
	Mtorc Min	-351	-175	5517	2331	2939	211
SLE RA Impalcato	Nvert Max	479	256	9390	7070	-4449	-279
	Nvert Min	-234	-175	5620	2393	1960	140
	Vtrasv Max	665	256	9210	6962	-5937	-391
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	2393	1960	140
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	2393	1960	140
	Mtrasv Min	301	-216	7842	3498	-6407	-185
	Vlong Max	0	256	5826	4932	0	8
	Vlong Min	479	-256	9390	4198	-4449	-295
	Mlong Max	0	256	5826	4932	0	8
	Mlong Min	479	-256	9390	4198	-4449	-295
	Mtorc Max	665	256	9210	6962	-5937	-391
	Mtorc Min	-234	-175	5620	2393	1960	140
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	4474	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	2517	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	4474	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	2517	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	4474	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	2517	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	4474	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	2517	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	4474	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	2517	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	4474	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	2517	0	0

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HY</b> pro <small>S.T.F.</small>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	104

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	973	0	3940	0	0
E	Sisma long	0	3682	0	13221	0	0
Sisma	Sisma trasv	4206	0	0	0	-17765	-3584
	Sisma vert	0	0	2103	1792	0	0

*Tabella 35 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)*



**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	106

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU6	21219	517	-4869	7484	30769	-299
N <sub>vert</sub> Min	SLU24	11393	-351	2939	5049	18025	211
V <sub>trasv</sub> Max	SLU3	18581	972	-8623	7484	29186	-571
V <sub>trasv</sub> Min	SLU24	11393	-351	2939	5049	18025	211
M <sub>trasv</sub> Max	SLU2	13450	-351	2939	7304	25102	211
M <sub>trasv</sub> Min	SLU22	16811	444	-9135	5578	24238	-255
V <sub>long</sub> Max	SLU11	18581	972	-8623	7484	29186	-571
V <sub>long</sub> Min	SLU20	11703	0	0	4989	17879	-6
M <sub>long</sub> Max	SLU6	21219	517	-4869	7484	30769	-299
M <sub>long</sub> Min	SLU20	11703	0	0	4989	17879	-6
M <sub>torc</sub> Max	SLU2	13450	-351	2939	7304	25102	211
M <sub>torc</sub> Min	SLU15	16524	972	-8623	5578	24066	-571
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV5	13805	4206	-17765	5092	20213	-3584
N <sub>vert</sub> Min	SLV6	9600	4206	-17765	5092	16629	-3584
V <sub>trasv</sub> Max	SLV5	13805	4206	-17765	5092	20213	-3584
V <sub>trasv</sub> Min	SLV2	11072	1262	-5329	7670	27138	-1075
M <sub>trasv</sub> Max	SLV1	12333	1262	-5329	7670	28213	-1075
M <sub>trasv</sub> Min	SLV6	9600	4206	-17765	5092	16629	-3584
V <sub>long</sub> Max	SLV1	12333	1262	-5329	7670	28213	-1075
V <sub>long</sub> Min	SLV6	9600	4206	-17765	5092	16629	-3584
M <sub>long</sub> Max	SLV1	12333	1262	-5329	7670	28213	-1075
M <sub>long</sub> Min	SLV6	9600	4206	-17765	5092	16629	-3584
M <sub>torc</sub> Max	SLV1	12333	1262	-5329	7670	28213	-1075
M <sub>torc</sub> Min	SLV6	9600	4206	-17765	5092	16629	-3584

Tabella 37 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	107

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA1	15266	479	-4449	5042	20990	-279
N <sub>vert</sub> Min	RA12	11496	-234	1960	4611	16314	140
V <sub>trasv</sub> Max	RA3	15087	665	-5937	5042	20883	-391
V <sub>trasv</sub> Min	RA12	11496	-234	1960	4611	16314	140
M <sub>trasv</sub> Max	RA12	11496	-234	1960	4611	16314	140
M <sub>trasv</sub> Min	RA6	13718	301	-6407	4570	17418	-185
V <sub>long</sub> Max	RA11	15087	665	-5937	5042	20883	-391
V <sub>long</sub> Min	RA8	15266	479	-4449	4529	18118	-295
M <sub>long</sub> Max	RA1	15266	479	-4449	5042	20990	-279
M <sub>long</sub> Min	RA12	11496	-234	1960	4611	16314	140
M <sub>torc</sub> Max	RA12	11496	-234	1960	4611	16314	140
M <sub>torc</sub> Min	RA3	15087	665	-5937	5042	20883	-391
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP1	11703	0	0	3987	14455	0
N <sub>vert</sub> Min	QP12	11703	0	0	3638	12497	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	11703	0	0	3987	14455	0
V <sub>trasv</sub> Min	QP12	11703	0	0	3638	12497	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	11703	0	0	3987	14455	0
M <sub>trasv</sub> Min	QP12	11703	0	0	3638	12497	0
V <sub>long</sub> Max	QP1	11703	0	0	3987	14455	0
V <sub>long</sub> Min	QP12	11703	0	0	3638	12497	0
M <sub>long</sub> Max	QP1	11703	0	0	3987	14455	0
M <sub>long</sub> Min	QP12	11703	0	0	3638	12497	0
M <sub>torc</sub> Max	QP1	11703	0	0	3987	14455	0
M <sub>torc</sub> Min	QP12	11703	0	0	3638	12497	0

*Tabella 38 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*

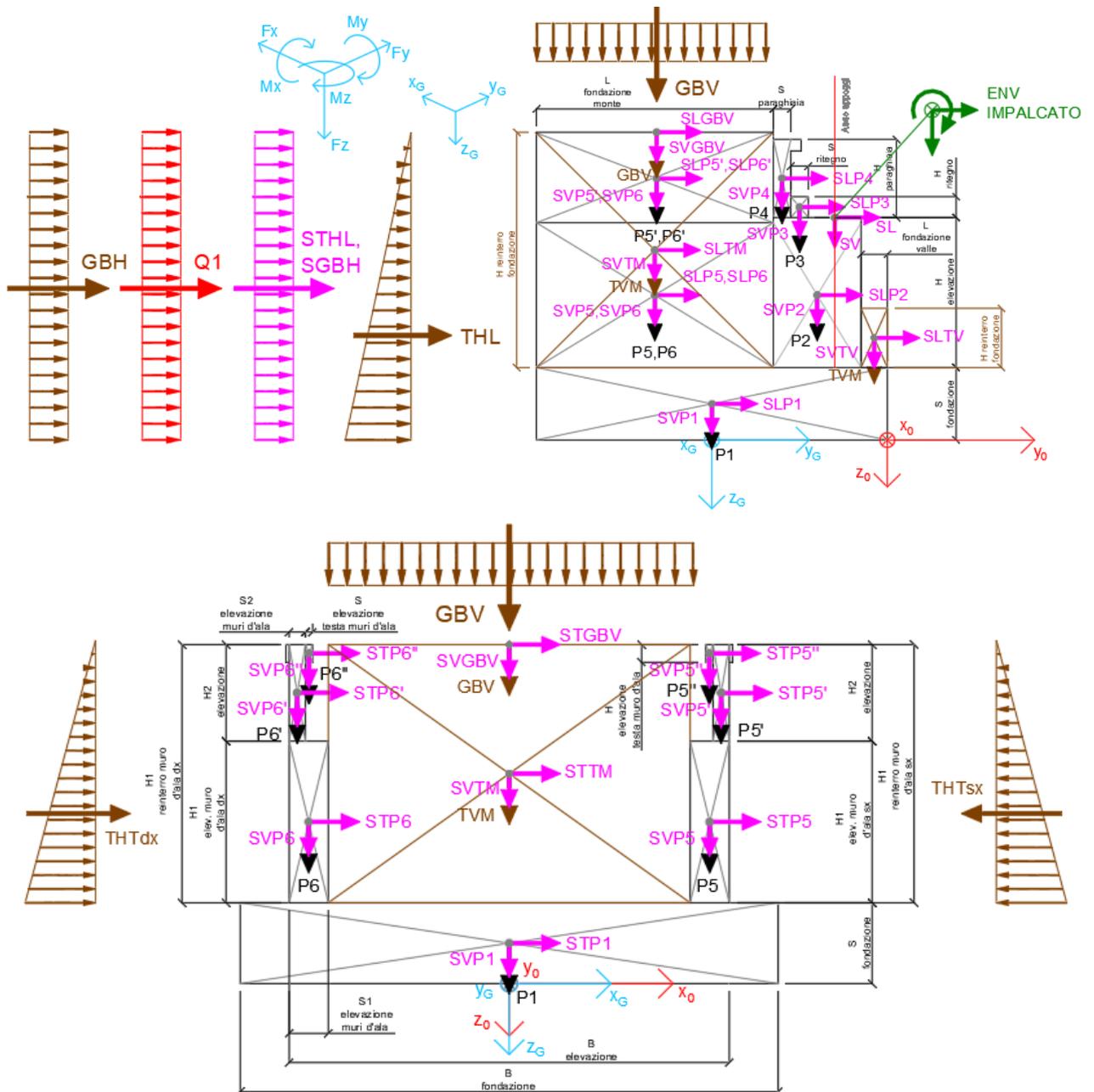
**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	108

### 11.3 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al centro palificata a quota testa pali., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.



VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	109

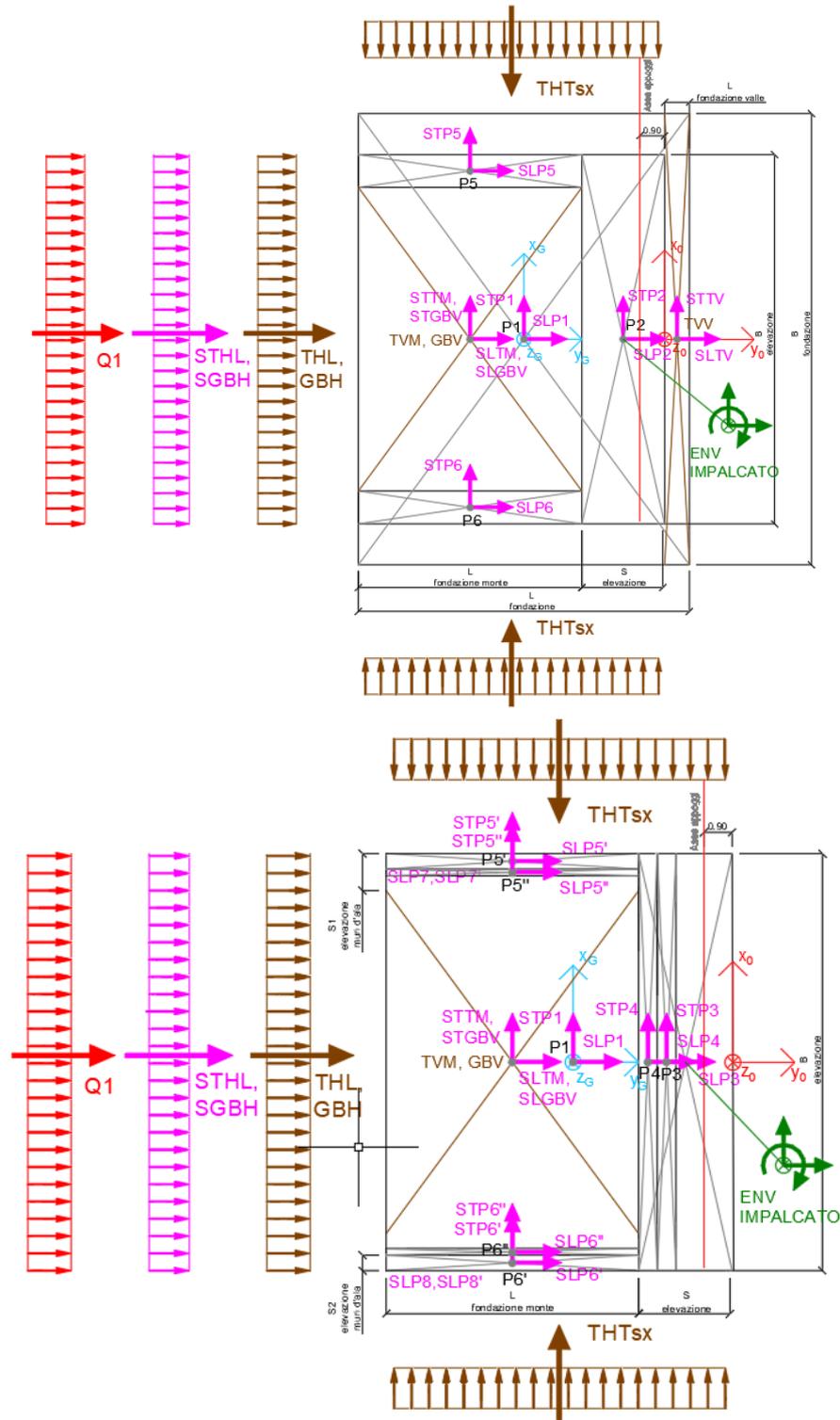


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>												
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	110

### 11.3.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k <sub>AE</sub>				0,3878	
Coeff. stratigrafico SS		1,163		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>				0,1407									
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
	F <sub>X0</sub> (kN)	F <sub>Y0</sub> (kN)	F <sub>Z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>X0</sub> (kNm)	M <sub>Y0</sub> (kNm)	M <sub>Z0</sub> (kNm)	F <sub>XG</sub> (m)	F <sub>YG</sub> (m)	F <sub>ZG</sub> (m)	M <sub>XG</sub> (kNm)	M <sub>YG</sub> (kNm)	M <sub>ZG</sub> (kNm)		
Sisma long	SLP1	0	3483	0	0,00	-6,00	-1,25	4354	0	0							
	SLP2	0	1425	0	0,00	-2,40	-5,00	7124	0	0							
	SLP3	0	52	0	0,00	-3,00	-7,96	417	0	0							
	SLP4	0	177	0	0,00	-3,60	-9,05	1599	0	0							
	SLP5	0	342	0	6,15	-7,95	-5,00	1710	0	2103							
	SLP5'	0	95	0	6,50	-7,95	-9,16	867	0	615							
	SLP5''	0	7	0	6,36	-7,95	-10,55	73	0	44							
	SLP6	0	342	0	-6,15	-7,95	-5,00	1710	0	-2103							
	SLP6'	0	95	0	-6,50	-7,95	-9,16	867	0	-615							
	SLP6''	0	7	0	-6,36	-7,95	-10,55	73	0	-44							
	SLP7	0	1	0	6,50	-12,25	-10,57	9	0	6							
	SLP7'	0	2	0	6,50	-12,17	-9,65	17	0	11							
	SLP8	0	1	0	-6,50	-12,25	-10,57	9	0	-6							
	SLP8'	0	2	0	-6,50	-12,17	-9,65	17	0	-11							
		0	6029	0				18845	0	0	0	6029	0	18845	0	0	
	Sisma trasv	STP1	3483	0	0	0,00	-6,00	-1,25	0	-4354	20897						
STP2		1425	0	0	0,00	-2,40	-5,00	0	-7124	3420							
STP3		52	0	0	0,00	-3,00	-7,96	0	-417	157							
STP4		177	0	0	0,00	-3,60	-9,05	0	-1599	636							
STP5		342	0	0	6,15	-7,95	-5,00	0	-1710	2719							
STP5'		95	0	0	6,50	-7,95	-9,16	0	-867	752							
STP5''		7	0	0	6,36	-7,95	-10,55	0	-73	55							
STP6		342	0	0	-6,15	-7,95	-5,00	0	-1710	2719							
STP6'		95	0	0	-6,50	-7,95	-9,16	0	-867	752							
STP6''		7	0	0	-6,36	-7,95	-10,55	0	-73	55							
STP7		1	0	0	6,50	-12,25	-10,57	0	-9	11							
STP7'		2	0	0	6,50	-12,17	-9,65	0	-17	21							
STP8		1	0	0	-6,50	-12,25	-10,57	0	-9	11							
STP8'		2	0	0	-6,50	-12,17	-9,65	0	-17	21							
		6029	0	0				0	-18845	32226	6029	0	0	0	-18845	-3948	
Sisma vert		SVP1	0	0	1741	0,00	-6,00	-1,25	-10449	0	0						
	SVP2	0	0	712	0,00	-2,40	-5,00	-1710	0	0							
	SVP3	0	0	26	0,00	-3,00	-7,96	-79	0	0							
	SVP4	0	0	88	0,00	-3,60	-9,05	-318	0	0							
	SVP5	0	0	171	6,15	-7,95	-5,00	-1359	-1052	0							
	SVP5'	0	0	47	6,50	-7,95	-9,16	-376	-307	0							
	SVP5''	0	0	3	6,36	-7,95	-10,55	-27	-22	0							
	SVP6	0	0	171	-6,15	-7,95	-5,00	-1359	1052	0							
	SVP6'	0	0	47	-6,50	-7,95	-9,16	-376	307	0							
	SVP6''	0	0	3	-6,36	-7,95	-10,55	-27	22	0							
	SVP7	0	0	0	6,50	-12,25	-10,57	-5	-3	0							
	SVP7'	0	0	1	6,50	-12,17	-9,65	-11	-6	0							
	SVP8	0	0	0	-6,50	-12,25	-10,57	-5	3	0							
	SVP8'	0	0	1	-6,50	-12,17	-9,65	-11	6	0							
		0	0	3015				-16113	0	0	0	0	3015	1974	0	0	
	Sisma ballast long	SLGBV	0	299	0	0,00	-7,95	-10,82	3236	0	0						
SGBH		0	284	0	0,00	-12,00	-5,30	1507	0	0							
	0	583	0				4743	0	0	0	583	0	4743	0	0		
Sisma ballast trasv	STGBV	299	0	0	0,00	-7,95	-10,82	0	-3236	2378							
	299	0	0				0	-3236	2378	299	0	0	0	-3236	583		
Sisma ballast vert	SVGBV	0	0	150	0,00	-7,95	-10,82	-1189	0	0							
	0	0	150				-1189	0	0	0	0	150	-292	0	0		
Sisma terreno long	SLVM	0	4099	0	0,00	-7,95	-6,55	26851	0	0							
	SLVV	0	84	0	0,00	-0,45	-3,00	251	0	0							
	STHL	0	3102	0	0,00	-12,00	-3,53	10959	0	0							
	0	7285	0				38061	0	0	0	7285	0	38061	0	0		
Sisma terreno trasv	STIM	4099	0	0	0,00	-7,95	-6,55	0	-26851	32590							
	STIV	84	0	0	0,00	-0,45	-3,00	0	-251	38							
	4183	0	0				0	-27102	32628	4183	0	0	0	-27102	7530		
Sisma terreno vert	SVTM	0	0	2050	0,00	-7,95	-6,55	-16295	0	0							
	SVTV	0	0	42	0,00	-0,45	-3,00	-19	0	0							
	0	0	2091				-16314	0	0	0	0	2091	-3765	0	0		
Sisma impalcato long	SL	0	0	0	0,00	-0,90	-7,50	0	0	0							
	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sisma impalcato trasv	ST	2552	0	0	0,00	-0,90	-7,50	0	-19139	2297							
	2552	0	0				0	-19139	2297	2552	0	0	0	-19139	-13014		
Sisma impalcato vert	SV	0	0	1276	0,00	-0,90	-7,50	-1148	0	0							
	0	0	1276				-1148	0	0	0	0	1276	6507	0	0		

Tabella 39 – Riepilogo azioni elementari sismiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>111</b>

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE							
H paraghiaia (m)	3,10	S fondazione (m)	2,50	S2 elevazione muri d'ala (m)	0,50	H elev. testa muro d'ala (m)	0,55	Carico variabile (kPa)	23,15
S paraghiaia (m)	0,60	L fondazione monte (m)	8,10	H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,00	H1 orecchia (m)	2,00	Carico ballast (kPa)	9,72
H ritegno (m)	0,92	L fondazione valle (m)	0,90	H1 elev. muro d'ala dx (m)	5,00	H2 orecchia (m)	0,50		
S ritegno (m)	0,60	L fondazione (m)	12,00	H reinterro muro d'ala sx (m)	8,32	S orecchia (m)	0,50		
H elevazione (m)	5,00	B fondazione (m)	16,50	H reinterro muro d'ala dx (m)	8,32	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00	X <sub>G</sub> fondazione	0,00
S elevazione (m)	3,00	H reinterro fondaz. valle (m)	1,00	H2 elev. muro d'ala (m)	3,32	Coeff. spinta attiva statica K <sub>a</sub>	0,2379	Y <sub>G</sub> fondazione	-6,00
B elevazione (m)	13,50	S1 elevazione muri d'ala (m)	1,20	S elev. testa muri d'ala (m)	0,22	Coeff. spinta riposo statica K <sub>0</sub>	0,3843	Z <sub>G</sub> fondazione	0,00

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA															
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Peso proprio	P1	0	0	12375	0,00	-6,00	-1,25	-74250	0	0	0	0	0	21422	14029	0	0
	P2	0	0	5063	0,00	-2,40	-5,00	-12150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3	0	0	186	0,00	-3,00	-7,96	-559	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P4	0	0	628	0,00	-3,60	-9,05	-2260	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P5	0	0	1215	6,15	-7,95	-5,00	-9659	-7472	0	0	0	0	0	0	0	0
	P5'	0	0	336	6,50	-7,95	-9,16	-2672	-2185	0	0	0	0	0	0	0	0
	P5''	0	0	25	6,36	-7,95	-10,55	-195	-156	0	0	0	0	0	0	0	0
	P6	0	0	1215	-6,15	-7,95	-5,00	-9659	7472	0	0	0	0	0	0	0	0
	P6'	0	0	336	-6,50	-7,95	-9,16	-2672	2185	0	0	0	0	0	0	0	0
	P6''	0	0	25	-6,36	-7,95	-10,55	-195	156	0	0	0	0	0	0	0	0
	P7	0	0	3	6,50	-12,25	-10,57	-38	-20	0	0	0	0	0	0	0	0
P7'	0	0	6	6,50	-12,17	-9,65	-76	-41	0	0	0	0	0	0	0	0	
P8	0	0	3	-6,50	-12,25	-10,57	-38	20	0	0	0	0	0	0	0	0	
P8'	0	0	6	-6,50	-12,17	-9,65	-76	41	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ballast		0	0	21422	0,00	-12,00	-5,30	-114500	0	0	0	0	0	21422	14029	0	0
	GBV	0	0	1063	0,00	-7,95	-10,82	-8449	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spinta terreno	GBH	0	535	0	0,00	-12,00	-5,30	2833	0	0	0	0	535	1063	761	0	0
		0	535	1063	0,00	-12,00	-3,53	-5616	0	0	0	0	535	1063	761	0	0
	THL	0	5830	0	0,00	-12,00	-3,53	20599	0	0	0	0	5830	14862	-6155	0	0
	THTsx	4994	0	0	6,75	-6,45	-3,61	0	-18013	32214	0	0	0	0	0	0	0
	THTdx	-4994	0	0	-6,75	-6,45	-3,61	0	18013	-32214	0	0	0	0	0	0	0
	TVM	0	0	14565	0,00	-7,95	-6,55	-115795	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TVV	0	0	297	0,00	-0,45	-3,00	-134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sovaccarico long		0	5830	14862	0,00	-12,00	-5,30	-95330	0	0	0	0	5830	14862	-6155	0	0
	Q1	0	1273	0	0,00	-12,00	-5,30	6748	0	0	0	0	1273	0	6748	0	0

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO															
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
ENV SLU	Nvert Max	517	354	13286	0,00	-0,90	-7,50	-11745	-2282	477	517	354	13286	58671	-6162	-2162	
	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	-0,90	-7,50	-4860	1184	-316	-351	175	5517	24586	3817	1475	
	Vtrasv Max	972	354	10647	0,00	-0,90	-7,50	-9370	-3764	886	972	354	10647	47589	-11052	-4069	
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	-0,90	-7,50	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	21754	3817	1475	
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	-0,90	-7,50	-4860	1184	-316	-351	175	5517	24586	3817	1475	
	Mlong Min	517	354	13286	0,00	-0,90	-7,50	-11745	-2282	477	517	354	13286	58671	-6162	-2162	
	Vlong Max	327	354	8826	0,00	-0,90	-7,50	-7731	-6818	306	327	354	8826	39940	-9272	-1363	
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5384	0	-6	0	-234	5826	22574	0	-6	
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	-0,90	-7,50	-4860	1184	-316	-351	175	5517	24586	3817	1475	
	Mtrasv Min	444	354	10934	0,00	-0,90	-7,50	-9628	-6916	411	444	354	10934	48794	-10244	-1852	
	Mtorc Max	972	354	10647	0,00	-0,90	-7,50	-9370	-3764	886	972	354	10647	47589	-11052	-4069	
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	-0,90	-7,50	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	21754	3817	1475	
ENV SLE RA	Nvert Max	479	256	9390	0,00	-0,90	-7,50	-8297	-2054	439	479	256	9390	41513	-5646	-2004	
	Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-7,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22187	2545	983	
	Vtrasv Max	665	256	9210	0,00	-0,90	-7,50	-8135	-2611	607	665	256	9210	40760	-7600	-2786	
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-7,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22187	2545	983	
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-7,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22187	2545	983	
	Mtrasv Min	301	-216	7842	0,00	-0,90	-7,50	-7187	-4902	267	301	-216	7842	31188	-7160	-1269	
	Vlong Max	0	256	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5090	0	8	0	256	5826	26546	0	8	
	Vlong Min	479	-256	9390	0,00	-0,90	-7,50	-8604	-2054	423	479	-256	9390	37359	-5646	-2020	
	Mlong Max	0	256	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5090	0	8	0	256	5826	26546	0	8	
	Mlong Min	479	-256	9390	0,00	-0,90	-7,50	-8604	-2054	423	479	-256	9390	37359	-5646	-2020	
	Mtorc Max	665	256	9210	0,00	-0,90	-7,50	-8135	-2611	607	665	256	9210	40760	-7600	-2786	
	Mtorc Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-7,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22187	2545	983	
ENV SLE QP	Nvert Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5139	0	0	0	175	5826	25885	0	0	
	Nvert Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5348	0	0	0	-175	5826	23053	0	0	
	Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5139	0	0	0	175	5826	25885	0	0	
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5348	0	0	0	-175	5826	23053	0	0	
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5139	0	0	0	175	5826	25885	0	0	
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5348	0	0	0	-175	5826	23053	0	0	
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5139	0	0	0	175	5826	25885	0	0	
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5348	0	0	0	-175	5826	23053	0	0	
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5139	0	0	0	175	5826	25885	0	0	
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5348	0	0	0	-175	5826	23053	0	0	
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5139	0	0	0	175	5826	25885	0	0	
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-7,50	-5348	0	0	0	-175	5826	23053	0	0	

*Tabella 40 – Riepilogo azioni elementari statiche*

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	112

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasv</sub> F <sub>x</sub> [kN]	V <sub>long</sub> F <sub>y</sub> [kN]	N <sub>vert</sub> F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>long</sub> M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>trasv</sub> M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>torc</sub> M <sub>z</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	21422	14029	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	535	1063	761	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	5830	14862	-6155	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	517	354	13286	58671	-6162	-2162
	Nvert Min	-351	175	5517	24586	3817	1475
	Vtrasv Max	972	354	10647	47589	-11052	-4069
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	21754	3817	1475
	Mtrasv Max	-351	175	5517	24586	3817	1475
	Mtrasv Min	517	354	13286	58671	-6162	-2162
	Vlong Max	327	354	8826	39940	-9272	-1363
	Vlong Min	0	-234	5826	22574	0	-6
	Mlong Max	-351	175	5517	24586	3817	1475
	Mlong Min	444	354	10934	48794	-10244	-1852
	Mtorc Max	972	354	10647	47589	-11052	-4069
Mtorc Min	-351	-175	5517	21754	3817	1475	
SLE RA Impalcato	Nvert Max	479	256	9390	41513	-5646	-2004
	Nvert Min	-234	-175	5620	22187	2545	983
	Vtrasv Max	665	256	9210	40760	-7600	-2786
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	22187	2545	983
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	22187	2545	983
	Mtrasv Min	301	-216	7842	31188	-7160	-1269
	Vlong Max	0	256	5826	26546	0	8
	Vlong Min	479	-256	9390	37359	-5646	-2020
	Mlong Max	0	256	5826	26546	0	8
	Mlong Min	479	-256	9390	37359	-5646	-2020
	Mtorc Max	665	256	9210	40760	-7600	-2786
Mtorc Min	-234	-175	5620	22187	2545	983	
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	25885	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	23053	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	25885	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	23053	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	25885	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	23053	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	25885	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	23053	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	25885	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	23053	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	25885	0	0
Mtorc Min	0	-175	5826	23053	0	0	

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	113

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1273	0	6748	0	0
E	Sisma long	0	13897	0	61649	0	0
Sisma	Sisma trasv	13063	0	0	0	-68321	-8850
	Sisma vert	0	0	6531	4425	0	0

*Tabella 41 – Risultanti azioni elementari al centro della palificata G (quota testa palo)*



**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	115

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU6	66093	517	-6162	11747	79303	-2162
N <sub>vert</sub> Min	SLU24	42863	-351	3817	8036	40173	1475
V <sub>trasv</sub> Max	SLU3	63454	972	-11052	11747	68221	-4069
V <sub>trasv</sub> Min	SLU24	42863	-351	3817	8036	40173	1475
M <sub>trasv</sub> Max	SLU6	58324	-351	3817	11567	45217	1475
M <sub>trasv</sub> Min	SLU24	47994	972	-11052	8565	66008	-4069
V <sub>long</sub> Max	SLU11	63454	972	-11052	11747	68221	-4069
V <sub>long</sub> Min	SLU20	43173	0	0	7976	40993	-6
M <sub>long</sub> Max	SLU2	66093	517	-6162	11747	79303	-2162
M <sub>long</sub> Min	SLU15	42863	-351	3817	8036	40173	1475
M <sub>torc</sub> Max	SLU2	58324	-351	3817	11567	45217	1475
M <sub>torc</sub> Min	SLU15	47994	972	-11052	8565	66008	-4069
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV5	49704	3919	-20496	10708	57439	-2655
N <sub>vert</sub> Min	SLV6	36641	3919	-20496	10708	48589	-2655
V <sub>trasv</sub> Max	SLV3	45132	13063	-68321	10708	54342	-8850
V <sub>trasv</sub> Min	SLV6	36641	3919	-20496	10708	48589	-2655
M <sub>trasv</sub> Max	SLV1	45132	3919	-20496	20436	97496	-2655
M <sub>trasv</sub> Min	SLV6	41213	13063	-68321	10708	51687	-8850
V <sub>long</sub> Max	SLV1	45132	3919	-20496	20436	97496	-2655
V <sub>long</sub> Min	SLV6	36641	3919	-20496	10708	48589	-2655
M <sub>long</sub> Max	SLV1	45132	3919	-20496	20436	97496	-2655
M <sub>long</sub> Min	SLV4	36641	3919	-20496	10708	48589	-2655
M <sub>torc</sub> Max	SLV5	49704	3919	-20496	10708	57439	-2655
M <sub>torc</sub> Min	SLV4	41213	13063	-68321	10708	51687	-8850

Tabella 43 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	116

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	RA1	46736	479	-5646	7894	56895	-2004
N <sub>vert</sub> Min	RA12	42966	-234	2545	7463	37569	983
V <sub>trasv</sub> Max	RA3	46557	665	-7600	7894	56142	-2786
V <sub>trasv</sub> Min	RA12	42966	-234	2545	7463	37569	983
M <sub>trasv</sub> Max	RA1	42966	-234	2545	7463	37569	983
M <sub>trasv</sub> Min	RA12	46557	665	-7600	7894	56142	-2786
V <sub>long</sub> Max	RA11	46557	665	-7600	7894	56142	-2786
V <sub>long</sub> Min	RA8	46736	479	-5646	7381	52741	-2020
M <sub>long</sub> Max	RA12	46736	479	-5646	7894	56895	-2004
M <sub>long</sub> Min	RA3	42966	-234	2545	7463	37569	983
M <sub>torc</sub> Max	RA12	42966	-234	2545	7463	37569	983
M <sub>torc</sub> Min	RA3	46557	665	-7600	7894	56142	-2786
<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	QP1	43173	0	0	6539	34519	0
N <sub>vert</sub> Min	QP12	43173	0	0	6190	31688	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	43173	0	0	6539	34519	0
V <sub>trasv</sub> Min	QP12	43173	0	0	6190	31688	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	43173	0	0	6539	34519	0
M <sub>trasv</sub> Min	QP12	43173	0	0	6190	31688	0
V <sub>long</sub> Max	QP1	43173	0	0	6539	34519	0
V <sub>long</sub> Min	QP12	43173	0	0	6190	31688	0
M <sub>long</sub> Max	QP1	43173	0	0	6539	34519	0
M <sub>long</sub> Min	QP12	43173	0	0	6190	31688	0
M <sub>torc</sub> Max	QP1	43173	0	0	6539	34519	0
M <sub>torc</sub> Min	QP12	43173	0	0	6190	31688	0

*Tabella 44 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	117

#### 11.4 SOLLECITAZIONI MURO PARAGHIAIA

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro paraghiaia della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro del muro paraghiaia a quota estradosso elevazione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

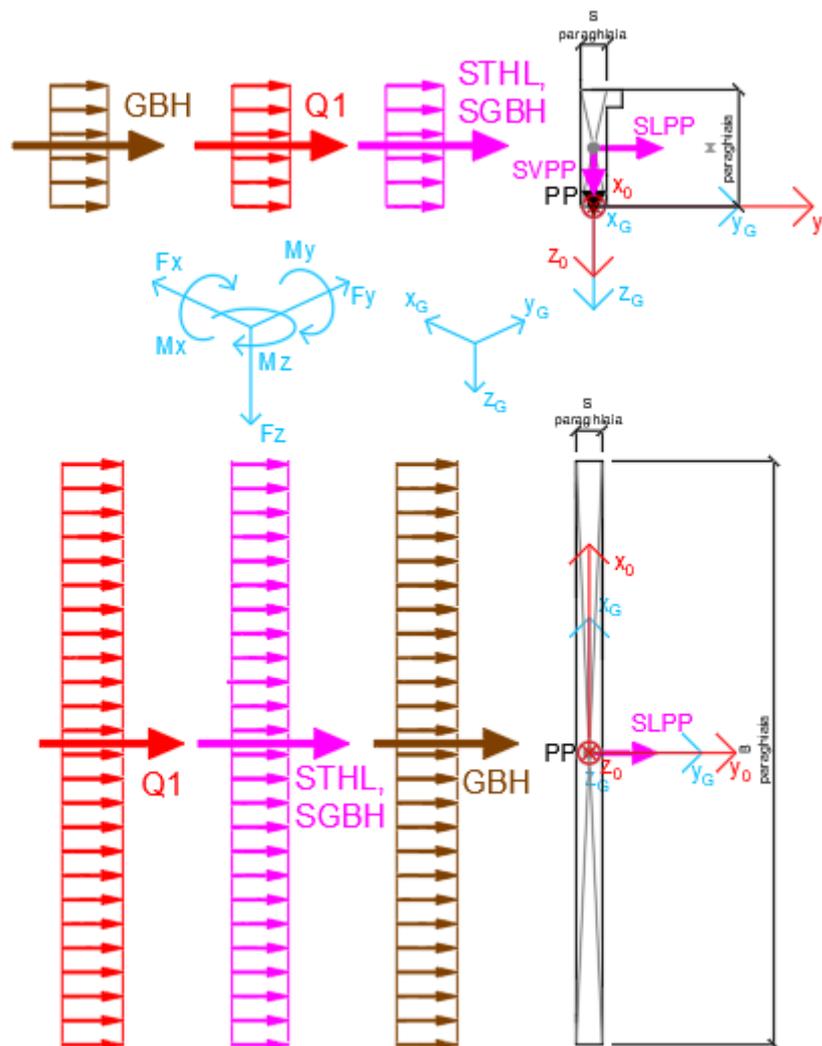


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>118</b>

### 11.4.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: MURO PARAGHIAIA			CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO														
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,242		Coeff. sismico orizz. $k_h$						0,2814	Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$						0,3878	
Coeff. stratigrafico $S_s$	1,163		Coeff. sismico vert. $k_v$						0,1407								
NOME: MURO PARAGHIAIA			CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA														
			$F_{x0}$ (kN)	$F_{y0}$ (kN)	$F_{z0}$ (kN)	$x_0$ (m)	$y_0$ (m)	$z_0$ (m)	$M_{x0}$ (kNm)	$M_{y0}$ (kNm)	$M_{z0}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$F_{yG}$ (m)	$F_{zG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$M_{yG}$ (kNm)	$M_{zG}$ (kNm)
Sisma long	SLPP		0	177	0	0,00	0,00	-1,55	274	0	0	0	177	0	274	0	0
Sisma vert	SVPP		0	0	88	0,00	0,00	-1,55	0	0	0	0	0	88	0	0	0
Sisma ballast long	SGBH		0	83	0	0,00	-0,30	-1,55	129	0	0	0	83	0	129	0	0
Sisma terreno long	STHL		0	265	0	0,00	-0,30	-1,55	411	0	0	0	265	0	411	0	0

Tabella 45 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

NOME: MURO PARAGHIAIA			PARAMETRI DI CALCOLO MURO PARAGHIAIA														
H paraghiaia (m)	3,10	Carico perm. Gb ballast (kPa)	9,72	Angolo di attrito terreno ( $^\circ$ )	38,00	XG elevazione	0,00										
S paraghiaia (m)	0,60	Carico variab. Q LM71 (kPa)	56,18	Coeff. spinta attiva statica $k_a$	0,2379	YG elevazione	0,00										
B paraghiaia (m)	13,50	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00	Coeff. spinta riposo statica $k_0$	0,3843	ZG elevazione	0,00										
NOME: MURO PARAGHIAIA			CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA														
			$F_{x0}$ (kN)	$F_{y0}$ (kN)	$F_{z0}$ (kN)	$x_0$ (m)	$y_0$ (m)	$z_0$ (m)	$M_{x0}$ (kNm)	$M_{y0}$ (kNm)	$M_{z0}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$F_{yG}$ (m)	$F_{zG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$M_{yG}$ (kNm)	$M_{zG}$ (kNm)
Peso proprio	PP		0	0	628	0,00	0,00	-1,55	0	0	0	0	0	628	0	0	0
Ballast	GBH		0	156	0	0,00	-0,30	-1,55	242	0	0	0	156	0	242	0	0
Spinta terreno	THL		0	499	0	0,00	-0,30	-1,03	515	0	0	0	499	0	515	0	0
Sovraccarico long	Q1		0	904	0	0,00	-0,30	-1,55	1401	0	0	0	904	0	1401	0	0

Tabella 46 – Riepilogo azioni elementari statiche

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trav}$	$V_{long}$	$N_{vert}$	$M_{long}$	$M_{trav}$	$M_{torc}$
		$F_x$ [kN]	$F_y$ [kN]	$F_z$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	628	0	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	156	0	242	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	499	0	515	0	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	904	0	1401	0	0
E Sisma	Sisma long	0	525	0	814	0	0
	Sisma vert	0	0	88	0	0	0
	-Sisma vert	0	0	-88	0	0	0

Tabella 47 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	119

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	E-Sisma long	E-Sisma vert	E--Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,50	1,45	0,00	0,00	0,00
SLU	3	3	SLU3	1,00	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	4	4	SLU4	1,00	1,50	1,50	1,45	0,00	0,00	0,00
SLU	5	5	SLU5	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00
SLV	6	6	SLV1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	6	7	SLV2	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	6	8	SLV3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	6	9	SLV4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,30	0,00	1,00
SLE RA	7	10	RA1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	8	11	RA2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	8	12	QP1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	13	QP2	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Tabella 48 – Combinazioni di carico adottate*

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	120

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU2	847	2293	3167
N <sub>vert</sub> Min	SLU5	628	1310	2031
V <sub>long</sub> Max	SLU2	847	2293	3167
V <sub>long</sub> Min	SLU3	628	982	1136
M <sub>long</sub> Max	SLU2	847	2293	3167
M <sub>long</sub> Min	SLU3	628	982	1136
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV3	716	812	1002
N <sub>vert</sub> Min	SLV4	539	812	1002
V <sub>long</sub> Max	SLV1	654	1180	1571
V <sub>long</sub> Min	SLV4	539	812	1002
M <sub>long</sub> Max	SLV1	654	1180	1571
M <sub>long</sub> Min	SLV4	539	812	1002

*Tabella 49 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo*

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA1	628	1559	2158
N <sub>vert</sub> Min	RA2	628	655	758
V <sub>long</sub> Max	RA1	628	1559	2158
V <sub>long</sub> Min	RA2	628	655	758
M <sub>long</sub> Max	RA1	628	1559	2158
M <sub>long</sub> Min	RA2	628	655	758
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP1	628	655	758
N <sub>vert</sub> Min	QP2	628	0	0
V <sub>long</sub> Max	QP1	628	655	758
V <sub>long</sub> Min	QP2	628	0	0
M <sub>long</sub> Max	QP1	628	655	758
M <sub>long</sub> Min	QP2	628	0	0

*Tabella 50 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	121

## 11.5 SOLLECITAZIONI MURO D'ALA

### 11.5.1 Sezione superiore muro d'ala

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala alla quota del ringrosso della sezione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

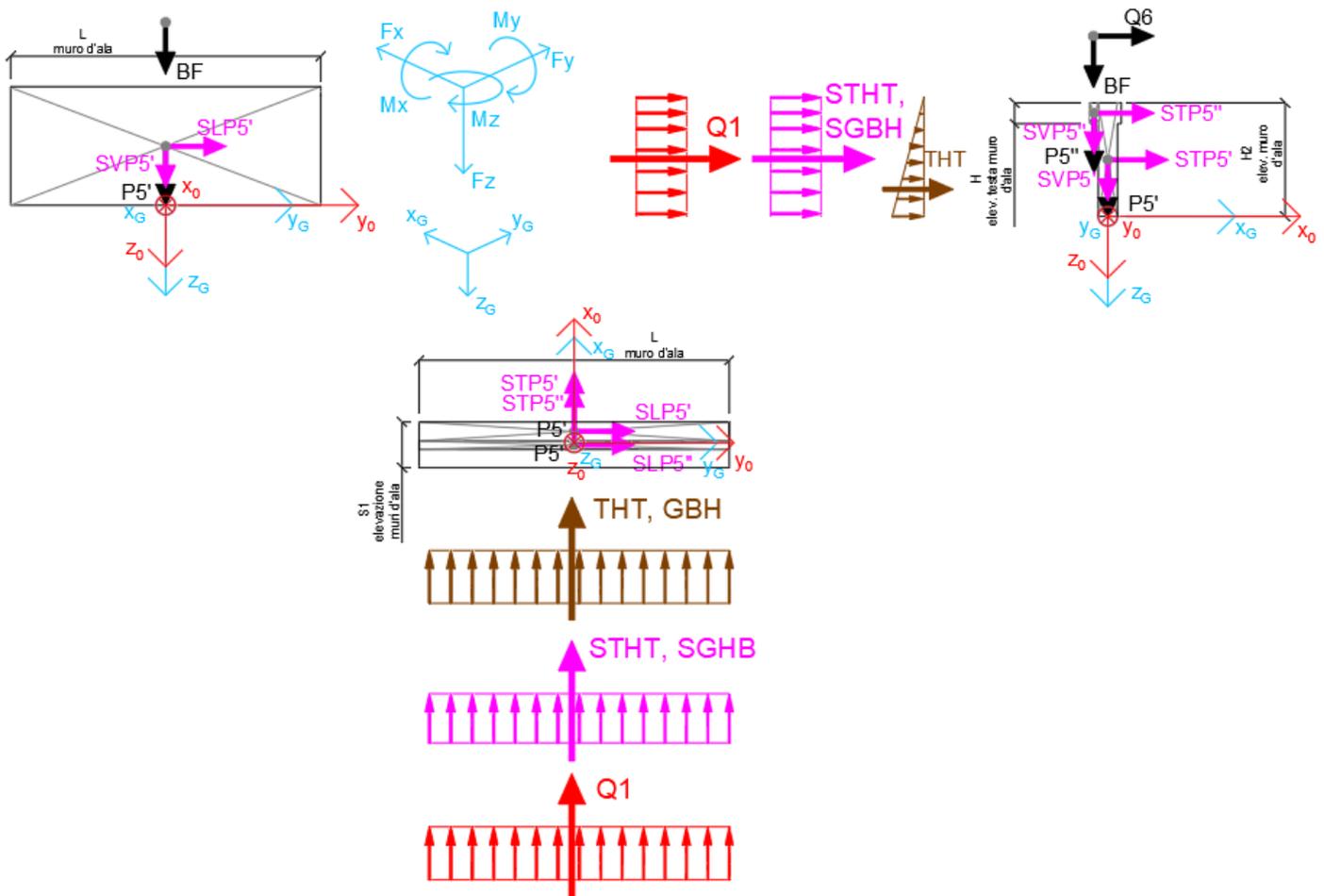


Figura 33 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	122

### 11.5.1.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>				0,3878	
Coeff. stratigrafico SS		1,163		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>				0,1407									
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)		
Sisma trasv	STP5'	95	0	0	0,00	0,00	-1,66	0	-157	0							
	STP5"	7	0	0	0,49	0,00	-3,05	0	-21	0							
	STP7	1	0	0	0,00	-4,30	-3,07	0	-3	4							
	STP7'	2	0	0	0,00	-4,22	-2,15	0	-4	7							
	104	0	0							11	104	0	0	0	-185		
Sisma vert	SVP5'	0	0	47	0,00	0,00	-1,66	0	0	0							
	SVP5"	0	0	3	0,49	0,00	-3,05	0	-2	0							
	SVP7	0	0	0	0,00	-4,30	-3,07	-2	0	0							
	SVP7'	0	0	1	0,00	-4,22	-2,15	-4	0	0							
	0	0	52							-2	0	0	52	-6	-2		
Sisma ballast trasv	SGBH	53	0	0	-0,25	0,00	-1,66	0	-89	0							
		53	0	0						-89	0	53	0	0	-89		
Sisma terreno trasv	STHT	183	0	0	-0,25	0,00	-1,11	0	-202	0							
	183	0	0							-202	0	183	0	0	-202		

Tabella 51 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA											
S1 elevazione muri d'ala (m)		1,20		L muro d'ala (m)		8,10		S orecchia (m)		0,50		Carico variab. Q LM71 (kPa)		23,15	
S2 elevazione muri d'ala (m)		0,50		S elev. testa muri d'ala (m)		0,22		Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )		20,00		Carico ballast (kPa)		9,72	
H1 elev. muro d'ala sx (m)		5,00		H elev. testa muro d'ala (m)		0,55		Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>		0,2379		X <sub>G</sub> muro sx		0,00	
H2 elev. muro d'ala (m)		3,32		H1 orecchia (m)		2,00		Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>		0,3843		Y <sub>G</sub> muro sx		0,00	
H reinterro muro d'ala sx (m)		8,32		H2 orecchia (m)		0,50						Z <sub>G</sub> muro sx		0,00	
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
Peso proprio	P5'	0	0	336	0,00	0,00	-1,66	0	0	0					
	P5"	0	0	25	0,49	0,00	-3,05	0	-12	0					
	P7	0	0	3	0,00	-4,30	-3,07	-13	0	0					
	P7'	0	0	6	0,00	-4,22	-2,15	-26	0	0					
	0	0	370							-40	-12	0	0	370	-40
Barriera fonosorbente	BF	0	0	162	-0,35	0,00	-5,82	0	57	0					
		0	0	162						57	0	0	162	0	57
Ballast	GBH	100	0	0	-0,25	0,00	-1,66	0	-167	0					
		100	0	0						-167	0	100	0	0	-167
Spinta terreno	THT	343	0	0	-0,25	0,00	-1,11	0	-380	0					
		343	0	0						-380	0	343	0	0	-380
Sovraccarico traffico	Q1	239	0	0	-0,25	0,00	-1,66	0	-397	0					
		239	0	0						-397	0	239	0	0	-397
Vento	Q6	81	0	0	-0,35	0,00	-5,82	0	-469	0					
		81	0	0						-469	0	81	0	0	-469

Tabella 52 – Riepilogo azioni elementari statiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	123

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trav</sub> F <sub>x</sub> [kN]	V <sub>long</sub> F <sub>y</sub> [kN]	N <sub>vert</sub> F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>long</sub> M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>trav</sub> M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>torc</sub> M <sub>z</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	370	-40	-12	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	100	0	0	0	-167	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	162	0	57	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	343	0	0	0	-380	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	239	0	0	0	-397	0
Qk6 Vento	Vento MAX	81	0	0	0	-469	0
	Vento MIN	-81	0	0	0	469	0
E Sisma	Sisma trasv	340	0	0	0	-475	11
	-Sisma trasv	-340	0	0	0	475	-11
	Sisma vert	0	0	52	-6	-2	0
	-Sisma vert	0	0	-52	6	2	0

**Tabella 53 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota ringrosso sezione)**

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (barriera)	Gk2 Perm. Non Str. altri-G2,3 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	Qk6-Vento MAX	Qk6-Vento MIN	E-Sisma trasv	E-Sisma trasv	E-Sisma vert	E-Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	3	SLU3	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	3	4	SLU4	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	4	5	SLU5	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLV	5	6	SLV1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	7	SLV2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	8	SLV3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	9	SLV4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	10	SLV5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	11	SLV6	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	12	SLV7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	13	SLV8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	14	SLV9	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	15	SLV10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	16	SLV11	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	17	SLV12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	18	SLV13	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	19	SLV14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	20	SLV15	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	0,00	1,00
SLV	5	21	SLV16	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00
SLE RA	6	22	RA1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	6	23	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	24	RA3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	25	RA4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	8	26	QP1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	27	QP2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	28	QP3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabella 54 – Combinazioni di carico adottate**

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	124

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU3	743	940	-905
N <sub>vert</sub> Min	SLU5	743	1012	-1327
V <sub>trasv</sub> Max	SLU2	743	1085	-1749
V <sub>trasv</sub> Min	SLU4	743	786	-1454
M <sub>trasv</sub> Max	SLU5	743	940	-905
M <sub>trasv</sub> Min	SLU4	743	1085	-1749
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV14	584	301	-126
N <sub>vert</sub> Min	SLV15	480	382	-592
V <sub>trasv</sub> Max	SLV3	516	824	-1211
V <sub>trasv</sub> Min	SLV10	548	63	208
M <sub>trasv</sub> Max	SLV12	516	63	209
M <sub>trasv</sub> Min	SLV1	548	824	-1212

*Tabella 55 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo*

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA4	532	554	-350
N <sub>vert</sub> Min	RA3	532	716	-1289
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	532	731	-1180
V <sub>trasv</sub> Min	RA4	532	554	-350
M <sub>trasv</sub> Max	RA4	532	554	-350
M <sub>trasv</sub> Min	RA3	532	716	-1289
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP3	532	403	-267
N <sub>vert</sub> Min	QP2	532	484	-736
V <sub>trasv</sub> Max	QP2	532	484	-736
V <sub>trasv</sub> Min	QP3	532	403	-267
M <sub>trasv</sub> Max	QP3	532	403	-267
M <sub>trasv</sub> Min	QP2	532	484	-736

*Tabella 56 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo*

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	125

### 11.5.2 Sezione base muro d'ala

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala a quota estradosso plinto., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

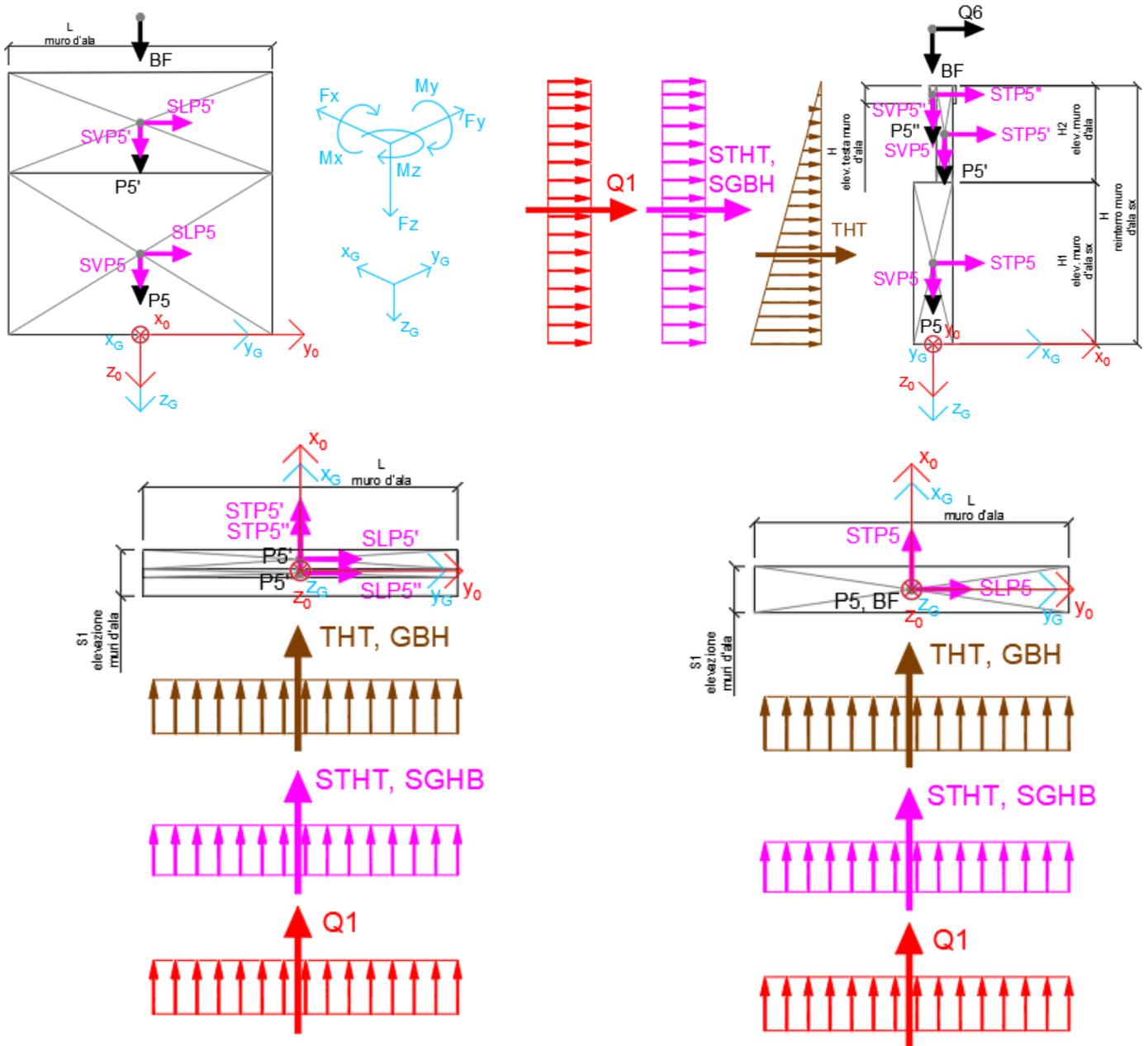


Figura 34 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>126</b>

### 11.5.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>				0,3878	
Coeff. stratigrafico SS		1,163		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>				0,1407									
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Sisma trasv	STP5	342	0	0	0,00	0,00	-2,50	0	-855	0							
	STP5'	95	0	0	0,35	0,00	-6,66	0	-630	0							
	STP5"	7	0	0	-0,01	0,00	-8,05	0	-55	0							
	STP7	1	0	0	0,35	-4,30	-8,07	0	-7	4							
	STP7'	2	0	0	0,35	-4,22	-7,15	0	-13	7							
		446	0	0				0	-1560	11	446	0	0	0	-1560	11	
Sisma vert	SVP5	0	0	171	0,00	0,00	-2,50	0	0	0							
	SVP5'	0	0	47	0,35	0,00	-6,66	0	-17	0							
	SVP5"	0	0	3	-0,01	0,00	-8,05	0	0	0							
	SVP7	0	0	0	0,35	-4,30	-8,07	-2	0	0							
	SVP7'	0	0	1	0,35	-4,22	-7,15	-4	0	0							
		0	0	223				-6	-17	0	0	0	223	-6	-17	0	
Sisma ballast trasv	SGBH	134	0	0	-0,60	0,00	-4,16	0	-557	0							
		134	0	0				0	-557	0	134	0	0	0	-557	0	
Sisma terreno trasv	STHT	1146	0	0	-0,60	0,00	-2,77	0	-3180	0							
		1146	0	0				0	-3180	0	1146	0	0	0	-3180	0	

Tabella 57 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA													
S1 elevazione muri d'ala (m)		1,20		L muro d'ala (m)		8,10		S orecchia (m)		0,50		Carico variab. Q LM71 (kPa)				23,15	
S2 elevazione muri d'ala (m)		0,50		S elev. testa muri d'ala (m)		0,22		Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )		20,00		Carico ballast (kPa)				9,72	
H1 elev. muro d'ala sx (m)		5,00		H elev. testa muro d'ala (m)		0,55		Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>		0,2379		X <sub>G</sub> muro sx				0,00	
H2 elev. muro d'ala (m)		3,32		H1 orecchia (m)		2,00		Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>		0,3843		Y <sub>G</sub> muro sx				0,00	
H reinterro muro d'ala sx (m)		8,32		H2 orecchia (m)		0,50						Z <sub>G</sub> muro sx				0,00	
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA													
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Peso proprio	P5	0	0	1215	0,00	0,00	-2,50	0	0	0							
	P5'	0	0	336	0,35	0,00	-6,66	0	-118	0							
	P5"	0	0	25	-0,01	0,00	-8,05	0	0	0							
	P7	0	0	3	0,35	-4,30	-8,07	-13	-1	0							
	P7'	0	0	6	0,35	-4,22	-7,15	-26	-2	0							
		0	0	1585				-40	-121	0	0	0	1585	-40	-121	0	
Barriera fonoassorbente	BF	0	0	162	0,00	0,00	-10,82	0	0	0							
		0	0	162				0	0	0	0	0	162	0	0	0	
Ballast	GBH	252	0	0	-0,60	0,00	-4,16	0	-1047	0							
		252	0	0				0	-1047	0	252	0	0	0	-1047	0	
Spinta terreno	THT	2155	0	0	-0,60	0,00	-2,77	0	-5977	0							
		2155	0	0				0	-5977	0	2155	0	0	0	-5977	0	
Sovraccarico traffico	Q1	600	0	0	-0,60	0,00	-4,16	0	-2494	0							
		600	0	0				0	-2494	0	600	0	0	0	-2494	0	
Vento	Q6	81	0	0	0,00	0,00	-10,82	0	-872	0							
		81	0	0				0	-872	0	81	0	0	0	-872	0	

Tabella 58 – Riepilogo azioni elementari statiche

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	127

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasv</sub> F <sub>x</sub> [kN]	V <sub>long</sub> F <sub>y</sub> [kN]	N <sub>vert</sub> F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>long</sub> M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>trasv</sub> M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>torc</sub> M <sub>z</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	1585	-40	-121	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	252	0	0	0	-1047	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	162	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	2155	0	0	0	-5977	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	600	0	0	0	-2494	0
Qk6 Vento	Vento MAX	81	0	0	0	-872	0
	Vento MIN	-81	0	0	0	872	0
E Sisma	Sisma trasv	1726	0	0	0	-5297	11
	-Sisma trasv	-1726	0	0	0	5297	-11
	Sisma vert	0	0	223	-6	-17	0
	-Sisma vert	0	0	-223	6	17	0

**Tabella 59 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota estradosso fondazione)**

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (barriera)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,3 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	Qk6-Vento MAX	Qk6-Vento MIN	E-Sisma trasv	E-Sisma trasv	E-Sisma vert	E-Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	3	SLU3	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	3	4	SLU4	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	4	5	SLU5	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLV	5	6	SLV1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	7	SLV2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	8	SLV3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	9	SLV4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	10	SLV5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	11	SLV6	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	12	SLV7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	13	SLV8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	14	SLV9	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	15	SLV10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	16	SLV11	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	17	SLV12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	18	SLV13	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	19	SLV14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	20	SLV15	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	0,00	1,00
SLV	5	21	SLV16	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00
SLE RA	6	22	RA1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	6	23	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	24	RA3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	25	RA4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	8	26	QP1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	27	QP2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	28	QP3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabella 60 – Combinazioni di carico adottate**

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	128

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU4	2383	3731	-12007
N <sub>vert</sub> Min	SLU5	2383	4479	-14315
V <sub>trasv</sub> Max	SLU2	2383	4552	-15100
V <sub>trasv</sub> Min	SLU4	2383	3731	-12007
M <sub>trasv</sub> Max	SLU5	2383	3731	-12007
M <sub>trasv</sub> Min	SLU5	2383	4552	-15100
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV14	1970	1848	-5136
N <sub>vert</sub> Min	SLV15	1524	1929	-5974
V <sub>trasv</sub> Max	SLV3	1680	4174	-12872
V <sub>trasv</sub> Min	SLV10	1814	640	-1417
M <sub>trasv</sub> Max	SLV12	1680	640	-1406
M <sub>trasv</sub> Min	SLV1	1814	4174	-12882

Tabella 61 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA4	1747	2806	-8268
N <sub>vert</sub> Min	RA3	1747	2967	-10012
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	1747	3055	-10162
V <sub>trasv</sub> Min	RA4	1747	2806	-8268
M <sub>trasv</sub> Max	RA4	1747	2806	-8268
M <sub>trasv</sub> Min	RA1	1747	3055	-10162
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP3	1747	2366	-6708
N <sub>vert</sub> Min	QP2	1747	2447	-7580
V <sub>trasv</sub> Max	QP2	1747	2447	-7580
V <sub>trasv</sub> Min	QP3	1747	2366	-6708
M <sub>trasv</sub> Max	QP3	1747	2366	-6708
M <sub>trasv</sub> Min	QP2	1747	2447	-7580

Tabella 62 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	129

## 11.6 VERIFICHE MURO FRONTALE

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.6.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 24/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 156 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

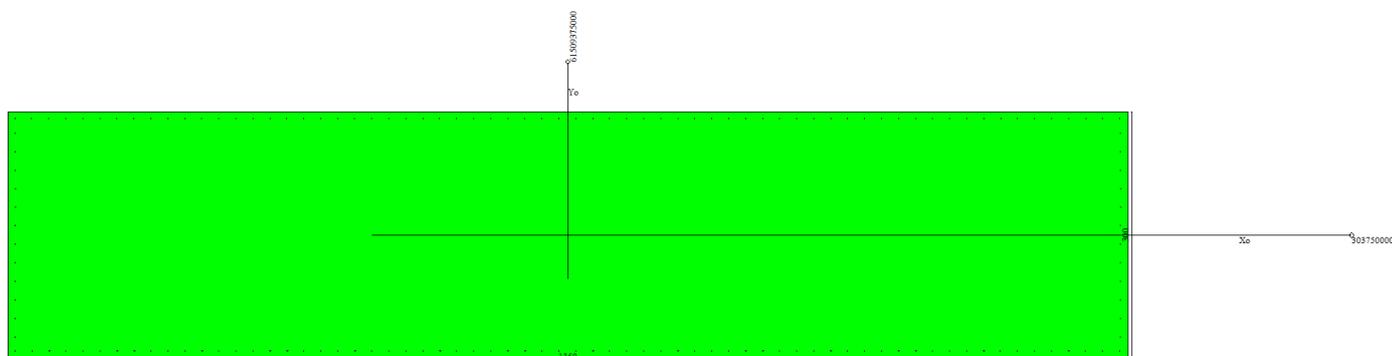


Figura 35 – Sezione trasversale spalla 1 e relativa armatura

## Dati

<b>Nome sezione:</b>	SEZIONE SPALLA S1	
Tipo sezione	Rettangolare	
Base	1350,0	[cm]
Altezza	300,0	[cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	405000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	61509375000,0	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	3037500000,0	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 675,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 150,00$	[cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

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

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>d</b>	<b><math>\omega</math></b>
-----------	----------	----------	----------	----------------------------

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	130

1	1341,00	291,00	20	3,14
2	1320,51	291,00	20	3,14
3	1300,02	291,00	20	3,14
4	1279,52	291,00	20	3,14
5	1259,03	291,00	20	3,14
6	1238,54	291,00	20	3,14
7	1218,05	291,00	20	3,14
8	1197,55	291,00	20	3,14
9	1177,06	291,00	20	3,14
10	1156,57	291,00	20	3,14
11	1136,08	291,00	20	3,14
12	1115,58	291,00	20	3,14
13	1095,09	291,00	20	3,14
14	1074,60	291,00	20	3,14
15	1054,11	291,00	20	3,14
16	1033,62	291,00	20	3,14
17	1013,12	291,00	20	3,14
18	992,63	291,00	20	3,14
19	972,14	291,00	20	3,14
20	951,65	291,00	20	3,14
21	931,15	291,00	20	3,14
22	910,66	291,00	20	3,14
23	890,17	291,00	20	3,14
24	869,68	291,00	20	3,14
25	849,18	291,00	20	3,14
26	828,69	291,00	20	3,14
27	808,20	291,00	20	3,14
28	787,71	291,00	20	3,14
29	767,22	291,00	20	3,14
30	746,72	291,00	20	3,14
31	726,23	291,00	20	3,14
32	705,74	291,00	20	3,14
33	685,25	291,00	20	3,14
34	664,75	291,00	20	3,14
35	644,26	291,00	20	3,14
36	623,77	291,00	20	3,14
37	603,28	291,00	20	3,14
38	582,78	291,00	20	3,14
39	562,29	291,00	20	3,14
40	541,80	291,00	20	3,14
41	521,31	291,00	20	3,14
42	500,82	291,00	20	3,14
43	480,32	291,00	20	3,14
44	459,83	291,00	20	3,14
45	439,34	291,00	20	3,14
46	418,85	291,00	20	3,14
47	398,35	291,00	20	3,14
48	377,86	291,00	20	3,14
49	357,37	291,00	20	3,14
50	336,88	291,00	20	3,14
51	316,38	291,00	20	3,14
52	295,89	291,00	20	3,14
53	275,40	291,00	20	3,14
54	254,91	291,00	20	3,14
55	234,42	291,00	20	3,14
56	213,92	291,00	20	3,14
57	193,43	291,00	20	3,14
58	172,94	291,00	20	3,14
59	152,45	291,00	20	3,14
60	131,95	291,00	20	3,14

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>131</b>

61	111,46	291,00	20	3,14
62	90,97	291,00	20	3,14
63	70,48	291,00	20	3,14
64	49,98	291,00	20	3,14
65	29,49	291,00	20	3,14
66	9,00	291,00	20	3,14
67	9,20	9,20	24	4,52
68	29,69	9,20	24	4,52
69	50,17	9,20	24	4,52
70	70,66	9,20	24	4,52
71	91,14	9,20	24	4,52
72	111,63	9,20	24	4,52
73	132,12	9,20	24	4,52
74	152,60	9,20	24	4,52
75	173,09	9,20	24	4,52
76	193,58	9,20	24	4,52
77	214,06	9,20	24	4,52
78	234,55	9,20	24	4,52
79	255,03	9,20	24	4,52
80	275,52	9,20	24	4,52
81	296,01	9,20	24	4,52
82	316,49	9,20	24	4,52
83	336,98	9,20	24	4,52
84	357,46	9,20	24	4,52
85	377,95	9,20	24	4,52
86	398,44	9,20	24	4,52
87	418,92	9,20	24	4,52
88	439,41	9,20	24	4,52
89	459,90	9,20	24	4,52
90	480,38	9,20	24	4,52
91	500,87	9,20	24	4,52
92	521,35	9,20	24	4,52
93	541,84	9,20	24	4,52
94	562,33	9,20	24	4,52
95	582,81	9,20	24	4,52
96	603,30	9,20	24	4,52
97	623,78	9,20	24	4,52
98	644,27	9,20	24	4,52
99	664,76	9,20	24	4,52
100	685,24	9,20	24	4,52
101	705,73	9,20	24	4,52
102	726,22	9,20	24	4,52
103	746,70	9,20	24	4,52
104	767,19	9,20	24	4,52
105	787,67	9,20	24	4,52
106	808,16	9,20	24	4,52
107	828,65	9,20	24	4,52
108	849,13	9,20	24	4,52
109	869,62	9,20	24	4,52
110	890,10	9,20	24	4,52
111	910,59	9,20	24	4,52
112	931,08	9,20	24	4,52
113	951,56	9,20	24	4,52
114	972,05	9,20	24	4,52
115	992,54	9,20	24	4,52
116	1013,02	9,20	24	4,52
117	1033,51	9,20	24	4,52
118	1053,99	9,20	24	4,52
119	1074,48	9,20	24	4,52
120	1094,97	9,20	24	4,52

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>132</b>

121	1115,45	9,20	24	4,52
122	1135,94	9,20	24	4,52
123	1156,42	9,20	24	4,52
124	1176,91	9,20	24	4,52
125	1197,40	9,20	24	4,52
126	1217,88	9,20	24	4,52
127	1238,37	9,20	24	4,52
128	1258,86	9,20	24	4,52
129	1279,34	9,20	24	4,52
130	1299,83	9,20	24	4,52
131	1320,31	9,20	24	4,52
132	1340,80	9,20	24	4,52
133	1341,00	30,69	20	3,14
134	1341,00	52,38	20	3,14
135	1341,00	74,08	20	3,14
136	1341,00	95,77	20	3,14
137	1341,00	117,46	20	3,14
138	1341,00	139,15	20	3,14
139	1341,00	160,85	20	3,14
140	1341,00	182,54	20	3,14
141	1341,00	204,23	20	3,14
142	1341,00	225,92	20	3,14
143	1341,00	247,62	20	3,14
144	1341,00	269,31	20	3,14
145	9,00	269,31	20	3,14
146	9,00	247,62	20	3,14
147	9,00	225,92	20	3,14
148	9,00	204,23	20	3,14
149	9,00	182,54	20	3,14
150	9,00	160,85	20	3,14
151	9,00	139,15	20	3,14
152	9,00	117,46	20	3,14
153	9,00	95,77	20	3,14
154	9,00	74,08	20	3,14
155	9,00	52,38	20	3,14
156	9,00	30,69	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

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

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

**Simbologia adottata**

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sfuerzo normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>133</b>

T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]

VD verifica di dominio

VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	21219,3400	30769,4600	-4868,7800	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	11393,1800	18024,8200	2939,2500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	13449,9700	25102,3800	2939,2500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	16810,8800	24238,4400	-9134,6400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	21219,3400	30769,4600	-4868,7800	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	11702,5500	17879,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	13805,4300	-17764,7100	20213,1700	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	9599,6700	-17764,7100	16628,9100	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	12333,4100	-5329,4100	28213,0400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	9599,6700	-17764,7100	16628,9100	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	12333,4100	-5329,4100	28213,0400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	9599,6700	-17764,7100	16628,9100	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	15266,1400	-4448,7100	20990,2800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	11496,3000	1959,5000	16313,6700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	11496,3000	1959,5000	16313,6700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	13718,1000	-6407,4300	17418,1600	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	15266,1400	-4448,7100	20990,2800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	11496,3000	1959,5000	16313,6700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
19	11702,5500	0,0000	14454,8800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
20	11702,5500	0,0000	12497,3500	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
21	11702,5500	0,0000	14454,8800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
22	11702,5500	0,0000	12497,3500	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
23	11702,5500	0,0000	14454,8800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
24	11702,5500	0,0000	12497,3500	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	134

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

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

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
13	565,12	13,63	(1350,00; 581,49)	(-1048,61; 0,00)
14	803,25	-22,29	(-768,06; 300,00)	(1350,00; -568,10)
15	803,25	-22,29	(-768,06; 300,00)	(1350,00; -568,10)
16	400,87	8,02	(1350,00; 404,82)	(-1524,85; 0,00)
17	565,12	13,63	(1350,00; 581,49)	(-1048,61; 0,00)
18	803,25	-22,29	(-768,06; 300,00)	(1350,00; -568,10)
19	1916,99	-85,75	(-572,28; 300,00)	(1350,00; -25565,10)
20	2109,86	-85,09	(-767,64; 300,00)	(1350,00; -24335,12)
21	1916,99	-85,75	(-572,28; 300,00)	(1350,00; -25565,10)
22	2109,86	-85,09	(-767,64; 300,00)	(1350,00; -24335,12)
23	1916,99	-85,75	(-572,28; 300,00)	(1350,00; -25565,10)
24	2109,86	-85,09	(-767,64; 300,00)	(1350,00; -24335,12)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
13	0,799	0,000	0,000	11,753	-0,713
14	0,547	0,000	0,000	8,085	0,262
15	0,547	0,000	0,000	8,085	0,262
16	0,829	0,000	0,000	12,106	-2,303
17	0,799	0,000	0,000	11,753	-0,713
18	0,547	0,000	0,000	8,085	0,262
19	0,440	0,000	0,000	6,565	1,922
20	0,419	0,000	0,000	6,255	2,231
21	0,440	0,000	0,000	6,565	1,922
22	0,419	0,000	0,000	6,255	2,231
23	0,440	0,000	0,000	6,565	1,922
24	0,419	0,000	0,000	6,255	2,231

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Storzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
141734,3035	-32520,9522	205524,2049	6,68

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	135

<u>744030,6178</u>	<u>-170717,9107</u>	<u>30769,4600</u>	35,06
<u>142112,0186</u>	<u>-4868,7800</u>	<u>206071,9170</u>	6,70
<u>755697,8474</u>	<u>-4868,7800</u>	<u>30769,4600</u>	35,61
21219,3400	<u>-265854,3734</u>	30769,4600	54,60
21219,3400	<u>-10527,6915</u>	<u>66532,3513</u>	2,16
21219,3400	<u>-4868,7800</u>	<u>66546,7024</u>	2,16

Combinazione n° 2

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>110433,2851</u>	<u>28489,9416</u>	<u>174713,3009</u>	9,69
<u>745160,7186</u>	<u>192239,0098</u>	18024,8200	65,40
<u>110723,0610</u>	2939,2500	<u>175171,7470</u>	9,72
<u>766558,7863</u>	2939,2500	18024,8200	67,28
11393,1800	<u>211980,0176</u>	18024,8200	72,12
11393,1800	<u>8673,9177</u>	<u>53192,4150</u>	2,95
11393,1800	2939,2500	<u>53205,3208</u>	2,95

Combinazione n° 3

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>67489,7229</u>	<u>14748,6699</u>	<u>125959,5874</u>	5,02
<u>748032,8226</u>	<u>163469,1731</u>	25102,3800	55,62
<u>67568,6128</u>	2939,2500	<u>126106,8236</u>	5,02
<u>760588,7335</u>	2939,2500	25102,3800	56,55
13449,9700	<u>221978,6804</u>	25102,3800	75,52
13449,9700	<u>6558,6201</u>	<u>56013,2595</u>	2,23
13449,9700	2939,2500	<u>56020,8018</u>	2,23

Combinazione n° 4

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>142037,5929</u>	<u>-77179,9143</u>	<u>204794,1378</u>	8,45
<u>704594,5480</u>	<u>-382860,2394</u>	24238,4400	41,91
<u>144319,1280</u>	-9134,6400	<u>208083,7246</u>	8,58
<u>761245,9668</u>	-9134,6400	24238,4400	45,28
16810,8800	<u>-242553,6250</u>	24238,4400	26,55
16810,8800	<u>-22809,7353</u>	<u>60524,8154</u>	2,50
16810,8800	-9134,6400	<u>60581,9735</u>	2,50

Combinazione n° 5

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>141734,3035</u>	<u>-32520,9522</u>	<u>205524,2049</u>	6,68
<u>744030,6178</u>	<u>-170717,9107</u>	30769,4600	35,06
<u>142112,0186</u>	-4868,7800	<u>206071,9170</u>	6,70
<u>755697,8474</u>	-4868,7800	<u>30769,4600</u>	35,61
21219,3400	<u>-265854,3734</u>	30769,4600	54,60
21219,3400	<u>-10527,6915</u>	<u>66532,3513</u>	2,16
21219,3400	<u>-4868,7800</u>	<u>66546,7024</u>	2,16

Combinazione n° 6

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>122631,9012</u>	0,0000	<u>187355,3851</u>	10,48
<u>766706,7422</u>	0,0000	17879,0000	65,52
11702,5500	0,0000	<u>53633,4069</u>	3,00

Combinazione n° 7

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	136

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>160570,2127</u>	<u>235098,2915</u>	<u>-206620,3851</u>	11,63
<u>596453,3480</u>	<u>873294,9948</u>	<u>-17764,7100</u>	43,20
<u>180406,1104</u>	20213,1700	<u>-232145,0497</u>	13,07
<u>774596,4513</u>	20213,1700	<u>-17764,7100</u>	56,11
13805,4300	<u>223058,3899</u>	<u>-17764,7100</u>	11,04
13805,4300	<u>52706,8742</u>	<u>-46322,3895</u>	2,61
13805,4300	20213,1700	<u>-46576,0210</u>	2,62

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>52571,1672</u>	<u>91065,7562</u>	<u>-97285,7963</u>	5,48
<u>566408,2286</u>	<u>981153,6705</u>	<u>-17764,7100</u>	59,00
<u>54086,1488</u>	16628,9100	<u>-100089,3519</u>	5,63
<u>774675,2157</u>	16628,9100	<u>-17764,7100</u>	80,70
9599,6700	<u>197375,2789</u>	<u>-17764,7100</u>	11,87
9599,6700	<u>38041,8444</u>	<u>-40640,2064</u>	2,29
9599,6700	16628,9100	<u>-40771,7856</u>	2,30

Combinazione n° 9

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>401504,9236</u>	<u>918454,3829</u>	<u>-173494,9503</u>	32,55
<u>506614,7509</u>	<u>1158896,2203</u>	<u>-5329,4100</u>	41,08
<u>552145,3349</u>	28213,0400	<u>-238588,4252</u>	44,77
<u>779934,1927</u>	28213,0400	<u>-5329,4100</u>	63,24
12333,4100	<u>218403,6859</u>	<u>-5329,4100</u>	7,74
12333,4100	<u>191033,6992</u>	<u>-36086,0406</u>	6,77
12333,4100	28213,0400	<u>-44500,5430</u>	8,35

Combinazione n° 10

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>52571,1672</u>	<u>91065,7562</u>	<u>-97285,7963</u>	5,48
<u>566408,2286</u>	<u>981153,6705</u>	<u>-17764,7100</u>	59,00
<u>54086,1488</u>	16628,9100	<u>-100089,3519</u>	5,63
<u>774675,2157</u>	16628,9100	<u>-17764,7100</u>	80,70
9599,6700	<u>197375,2789</u>	<u>-17764,7100</u>	11,87
9599,6700	<u>38041,8444</u>	<u>-40640,2064</u>	2,29
9599,6700	16628,9100	<u>-40771,7856</u>	2,30

Combinazione n° 11

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>401504,9236</u>	<u>918454,3829</u>	<u>-173494,9503</u>	32,55
<u>506614,7509</u>	<u>1158896,2203</u>	<u>-5329,4100</u>	41,08
<u>552145,3349</u>	28213,0400	<u>-238588,4252</u>	44,77
<u>779934,1927</u>	28213,0400	<u>-5329,4100</u>	63,24
12333,4100	<u>218403,6859</u>	<u>-5329,4100</u>	7,74
12333,4100	<u>191033,6992</u>	<u>-36086,0406</u>	6,77
12333,4100	28213,0400	<u>-44500,5430</u>	8,35

Combinazione n° 12

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>52571,1672</u>	<u>91065,7562</u>	<u>-97285,7963</u>	5,48
<u>566408,2286</u>	<u>981153,6705</u>	<u>-17764,7100</u>	59,00
<u>54086,1488</u>	16628,9100	<u>-100089,3519</u>	5,63
<u>774675,2157</u>	16628,9100	<u>-17764,7100</u>	80,70

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>137</b>

9599,6700	197375,2789	-17764,7100	11,87
9599,6700	38041,8444	-40640,2064	2,29
9599,6700	16628,9100	-40771,7856	2,30

### Risultati fessurazione

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>t</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>t</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
13	123957,4426	-26271,7179	-329,187	-22,475	104956,60	0,0000	0	0,0000
14	151156,3486	18155,9922	-404,743	-27,400	142257,09	0,0000	0	0,0000
15	151156,3486	18155,9922	-404,743	-27,400	142257,09	0,0000	0	0,0000
16	90111,7621	-33148,4386	-355,090	-24,415	122392,77	0,0000	0	0,0000
17	123957,4426	-26271,7179	-329,187	-22,475	104956,60	0,0000	0	0,0000
18	151156,3486	18155,9922	-404,743	-27,400	142257,09	0,0000	0	0,0000
19	231165,1512	0,0000	-679,590	-45,711	162195,50	0,0000	0	0,0000
20	231161,9208	0,0000	-679,576	-45,710	162195,50	0,0000	0	0,0000
21	231165,1512	0,0000	-679,590	-45,711	162195,50	0,0000	0	0,0000
22	231161,9208	0,0000	-679,576	-45,710	162195,50	0,0000	0	0,0000
23	231165,1512	0,0000	-679,590	-45,711	162195,50	0,0000	0	0,0000
24	231161,9208	0,0000	-679,576	-45,710	162195,50	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche a pressoflessione

#### Simbologia adottata

N	Storzo normale espresso in [kN]
M <sub>x</sub>	Momento in direzione X espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento in direzione Y espresso in [kNm]
N <sub>u</sub>	Storzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>x,u</sub>	Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]
M <sub>y,u</sub>	Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza
Comb.	Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1

N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N	M <sub>x,u</sub>	M <sub>y,u</sub>	FS	Comb.
13449,97	2939,25	25102,38	67489,72	14748,67	125959,59	5.018	3
21219,34	-4868,78	30769,46	744030,62	-170717,91	30769,46	35.064	1
11702,55	0,00	17879,00	11702,55	0,00	53633,41	3.000	6
21219,34	-4868,78	30769,46	755697,85	-4868,78	30769,46	35.614	1
12333,41	28213,04	-5329,41	12333,41	218403,69	-5329,41	7.741	9
21219,34	-4868,78	30769,46	21219,34	-10527,69	66532,35	2.162	1
21219,34	-4868,78	30769,46	21219,34	-4868,78	66546,70	2.163	1

### Inviluppo verifiche tensionali

#### Simbologia adottata

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

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	138

Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,440	14,940	0,126	3,099	1,922	6,565	450,000	19
SLER	0,829	18,260	-0,175	3,099	-2,303	12,106	337,500	16

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

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

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-679,590	-45,711	15906,198	0,0000	0,000	0,000	0,200	19
SLER	-329,187	-22,475	10292,890	0,0000	0,000	0,000	0,200	13

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>

### 11.6.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato elevazione (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SLV TRASV	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)										Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO				CALCESTRUZZO			
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
3,00	13,41	45,00	1,00	-13805,4	4205,8	20213,2	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391,3	14	20	3,14	43,98						
		0	0	0,00	0,00	0,0					
Dywidag Y1050	826,1	0	0	0,00	0,00	0,0					
Trefoli Y1670	1452,2	0	0	0,00	0,00	0,0					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	43,98	0,15	1,12	0,01%	0,24	0,34	1,02	11714,6	35,9%	VERIFICA OK	

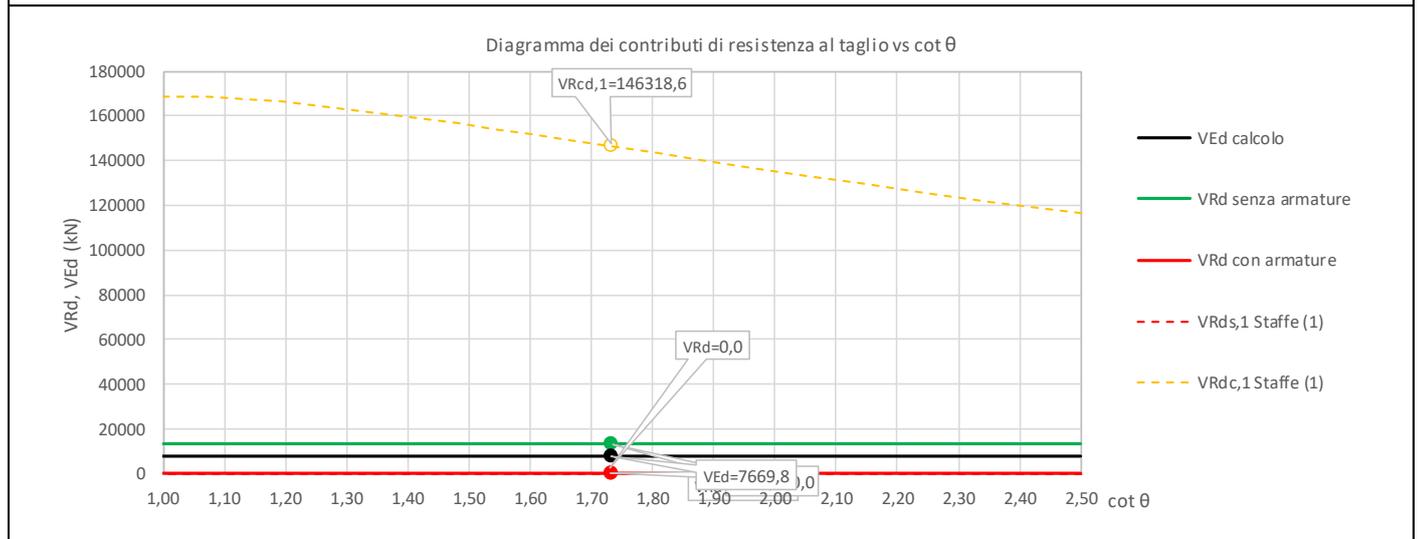


Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	140

NOME: <b>SLV LONG</b>		CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1		
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
13,50	2,91	30,00	1,73	-12333,4	7669,8	5329,4	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\varnothing$	$A_{sl,\varnothing}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391,3	66	24	4,52	298,58						
		0	0	0,00	0,00	0,0					
Dywidag Y1050	826,1	0	0	0,00	0,00	0,0					
Trefoli Y1670	1452,2	0		0,00	0,00	0,0					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$V_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	298,58	0,15	1,26	0,08%	0,29	0,31	1,02	13077,5	58,6% VERIFICA OK		



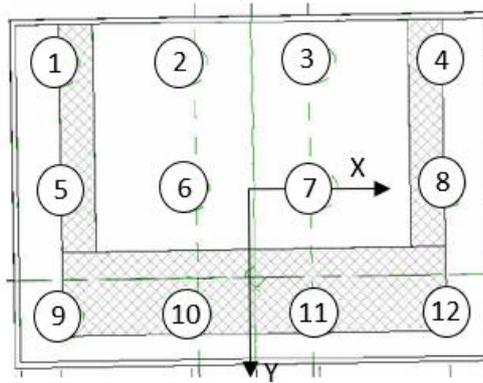
Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>141</b>

### 11.7 VERIFICHE PLINTO FONDAZIONE

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo riportate nella specifica relazione di dimensionamento geotecnico delle palificate, di cui di seguito si riportano gli schemi generali e le azioni calcolate per i vari stati limite.



Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata													Hmax, singolo palo	Mmax, singolo palo
Combo		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	N [kN]	[kNm]	
		N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]			
Nvert Max	SLU6	3406	3314	3221	3129	5726	5634	5542	5450	8046	7954	7862	7770	982	3770	
Nvert Min	SLU24	2277	2428	2484	2541	3487	3544	3600	3657	4603	4660	4716	4773	670	2574	
Vtrasv Max	SLU3	3095	3439	3275	3111	5610	5446	5282	5118	7617	7453	7289	7126	984	3780	
Vtrasv Min	SLU24	2277	2428	2484	2541	3487	3544	3600	3657	4603	4660	4716	4773	670	2574	
Mtrasv Max	SLU6	3347	3576	3633	3689	4775	4832	4889	4945	6031	6088	6145	6201	964	3703	
Mtrasv Min	SLU24	1943	2218	2051	1884	4315	4149	3982	3815	6246	6079	5913	5746	717	2752	
Vlong Max	SLU11	3095	3439	3275	3111	5610	5446	5282	5118	7617	7453	7289	7126	984	3780	
Vlong Min	SLU20	2285	2462	2462	2462	3598	3598	3598	3598	4734	4734	4734	4734	664	2549	
Mlong Max	SLU2	3006	3314	3221	3129	5726	5634	5542	5450	8046	7954	7862	7770	982	3770	
Mlong Min	SLU19	2277	2428	2484	2541	3487	3544	3600	3657	4603	4660	4716	4773	670	2574	
Mtorc Max	SLU2	3347	3576	3633	3689	4775	4832	4889	4945	6031	6088	6145	6201	964	3703	
Mtorc Min	SLU15	1939	2212	2048	1884	4321	4158	3994	3830	6267	6103	5940	5776	720	2766	
Nvert Max	SLV5	2303	2696	2386	2076	4615	4305	3995	3685	6223	5913	5604	5294	952	3655	
Nvert Min	SLV6	1471	1864	1554	1244	3510	3201	2891	2581	4847	4537	4227	3917	952	3655	
Vtrasv Max	SLV3	2012	2766	1733	701	5313	4280	3247	2214	6826	5793	4760	3728	1420	5451	
Vtrasv Min	SLV6	1471	1864	1554	1244	3510	3201	2891	2581	4847	4537	4227	3917	952	3655	
Mtrasv Max	SLV1	597	1206	896	586	4228	3918	3608	3299	6940	6630	6321	6011	1735	6662	
Mtrasv Min	SLV6	1762	2517	1484	451	4981	3949	2916	1883	6413	5380	4347	3315	1420	5451	
Vlong Max	SLV1	597	1206	896	586	4228	3918	3608	3299	6940	6630	6321	6011	1735	6662	
Vlong Min	SLV6	1471	1864	1554	1244	3510	3201	2891	2581	4847	4537	4227	3917	952	3655	
Mlong Max	SLV1	597	1206	896	586	4228	3918	3608	3299	6940	6630	6321	6011	1735	6662	
Mlong Min	SLV4	1471	1864	1554	1244	3510	3201	2891	2581	4847	4537	4227	3917	952	3655	
Mtorc Max	SLV5	2303	2696	2386	2076	4615	4305	3995	3685	6223	5913	5604	5294	952	3655	
Mtorc Min	SLV4	1762	2517	1484	451	4981	3949	2916	1883	6413	5380	4347	3315	1420	5451	

SLU	3576	3633	5634	5542	984
SLV	2766	2386	4305	3995	1735

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>142</b>

Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata												Hmax, singolo palo	Mmax, singolo palo
Combo		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	N [kN]	[kNm]
		N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]		
Nvert Max	RA1	2415	2331	2246	2162	4076	3992	3908	3824	5737	5653	5569	5485	660	2536
Nvert Min	RA12	2480	2518	2556	2593	3524	3562	3599	3637	4568	4605	4643	4681	622	2389
Vtrasv Max	RA3	2464	2352	2239	2127	4101	3989	3876	3763	5738	5625	5513	5400	662	2540
Vtrasv Min	RA12	2480	2518	2556	2593	3524	3562	3599	3637	4568	4605	4643	4681	622	2389
Mtrasv Max	RA1	2480	2518	2556	2593	3524	3562	3599	3637	4568	4605	4643	4681	622	2389
Mtrasv Min	RA12	2637	2521	2404	2288	3969	3853	3736	3620	5301	5185	5068	4952	618	2374
Vlong Max	RA11	2464	2352	2239	2127	4101	3989	3876	3763	5738	5625	5513	5400	662	2540
Vlong Min	RA8	2538	2453	2369	2285	4076	3992	3908	3824	5614	5530	5446	5362	615	2362
Mlong Max	RA12	2415	2331	2246	2162	4076	3992	3908	3824	5737	5653	5569	5485	660	2536
Mlong Min	RA6	2480	2518	2556	2593	3524	3562	3599	3637	4568	4605	4643	4681	622	2389
Mtorc Max	RA12	2480	2518	2556	2593	3524	3562	3599	3637	4568	4605	4643	4681	622	2389
Mtorc Min	RA3	2464	2352	2239	2127	4101	3989	3876	3763	5738	5625	5513	5400	662	2540
Nvert Max	QP1	2639	2639	2639	2639	3598	3598	3598	3598	4557	4557	4557	4557	545	2093
Nvert Min	QP12	2718	2718	2718	2718	3598	3598	3598	3598	4478	4478	4478	4478	516	1981
Vtrasv Max	QP1	2639	2639	2639	2639	3598	3598	3598	3598	4557	4557	4557	4557	545	2093
Vtrasv Min	QP12	2718	2718	2718	2718	3598	3598	3598	3598	4478	4478	4478	4478	516	1981
Mtrasv Max	QP1	2639	2639	2639	2639	3598	3598	3598	3598	4557	4557	4557	4557	545	2093
Mtrasv Min	QP12	2718	2718	2718	2718	3598	3598	3598	3598	4478	4478	4478	4478	516	1981
Vlong Max	QP1	2639	2639	2639	2639	3598	3598	3598	3598	4557	4557	4557	4557	545	2093
Vlong Min	QP12	2718	2718	2718	2718	3598	3598	3598	3598	4478	4478	4478	4478	516	1981
Mlong Max	QP1	2639	2639	2639	2639	3598	3598	3598	3598	4557	4557	4557	4557	545	2093
Mlong Min	QP12	2718	2718	2718	2718	3598	3598	3598	3598	4478	4478	4478	4478	516	1981
Mtorc Max	QP1	2639	2639	2639	2639	3598	3598	3598	3598	4557	4557	4557	4557	545	2093
Mtorc Min	QP12	2718	2718	2718	2718	3598	3598	3598	3598	4478	4478	4478	4478	516	1981

SLE RA	2521	2556	3992	3908	662
SLE QP	2718	2718	3598	3598	545

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	143

### 11.7.1 Verifiche a flessione (SLU, SLV, SLE)

Per valutare lo stato di sollecitazione del plinto di fondazione, si considera uno schema di trave a mensola incastrata con luce libera  $L$  che va dal filo esterno dell'elevazione spalla fino al bordo libero della fondazione, applicato alla coppia dei pali più sollecitati all'interno della fondazione, con larghezza di collaborazione  $B$  determinata dall'interasse tra i pali. La mensola è sollecitata da due azioni verticali  $N_{Ed1}$ ,  $N_{Ed2}$  e da una massima orizzontale  $H_{Ed}$  applicate ad una distanza  $x_1$ ,  $x_2$  dall'incastro, e stabilizzate dall'azione distribuita del peso proprio strutturale  $PP$  e del peso del terreno  $PT$  di reinterro del plinto (valutati a favore di sicurezza con coefficiente 1.35 e 1.50).

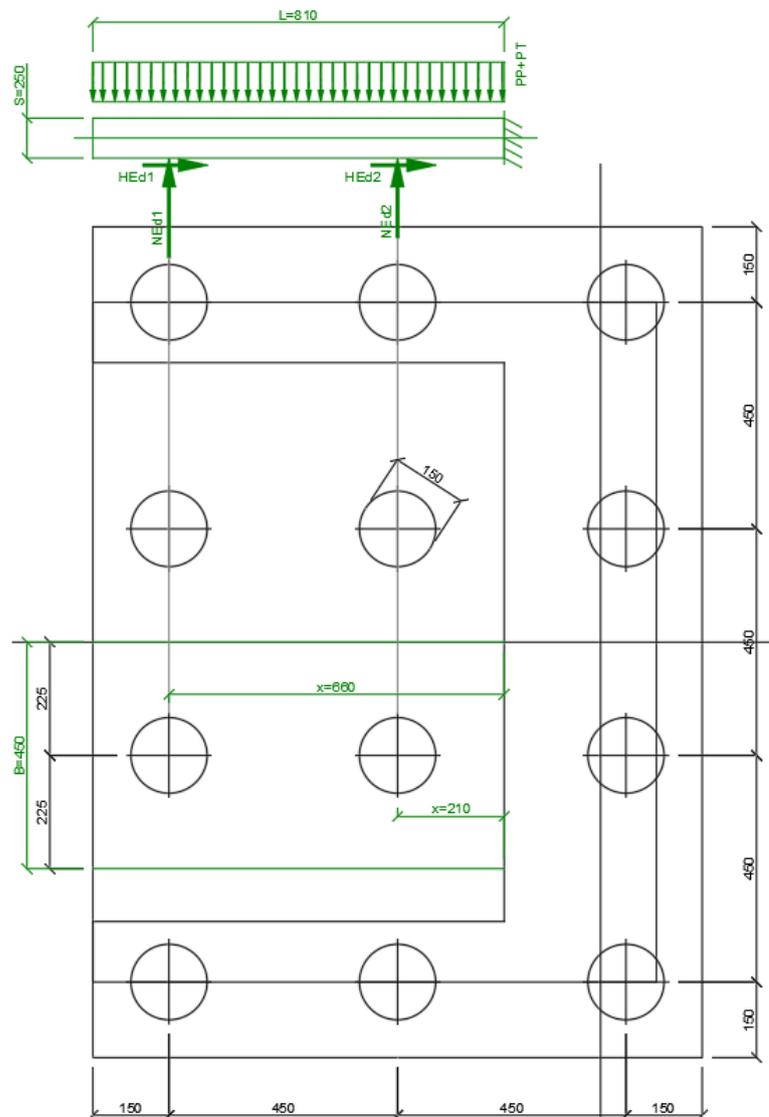
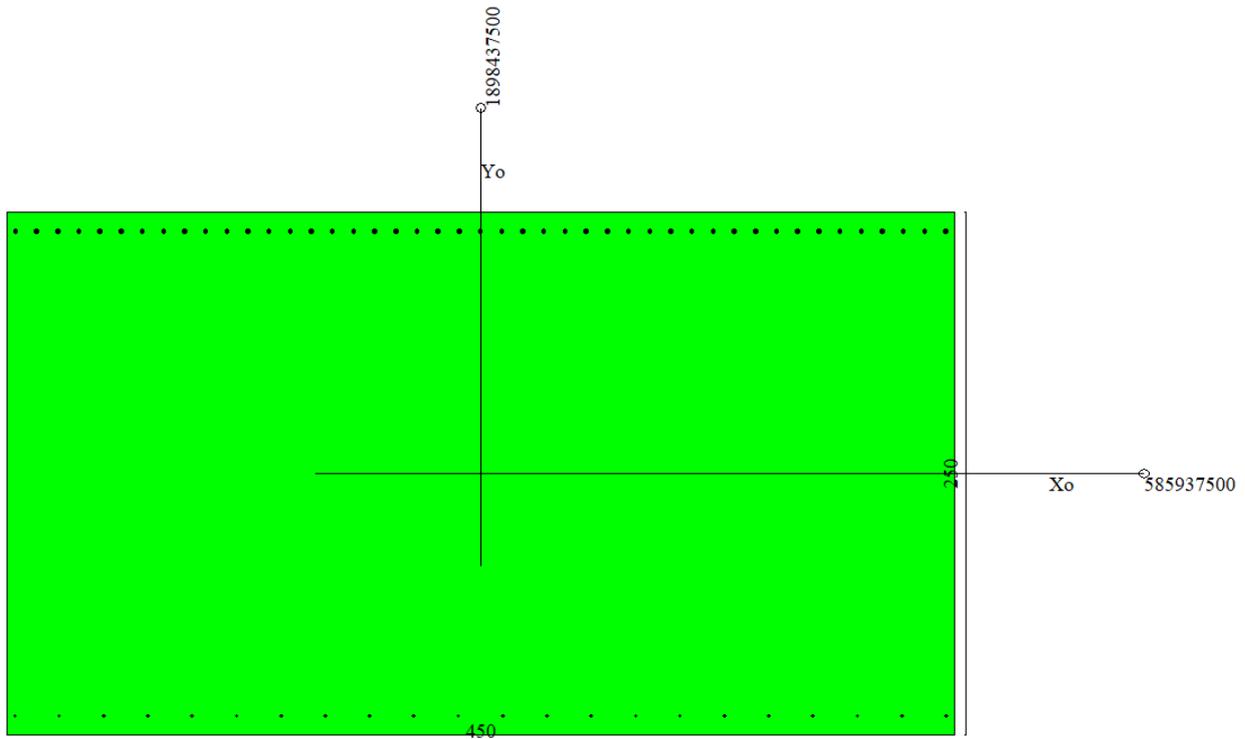


Figura 36 – Schema delle verifiche a flessione del plinto per i pali interni ed esterni più caricati

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	144

NOME: <b>PALO 2-6, 3-7</b>			CALCOLO MOMENTI PLINTO			
HT (m)	B (m)	S (m)	PP (kN/m)	PT (kN/m)	L (m)	
8,32	4,50	2,50	281,3	748,8	8,10	
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 2	6,60	N <sub>Ed1</sub> (kN)	3576	2766	2521	2718
Palo 6	2,10	N <sub>Ed2</sub> (kN)	5634	4305	3992	3598
		H <sub>Ed1</sub> =H <sub>Ed2</sub> (kN)	984	1735	662	545
		M <sub>Ed</sub> (kNm)	-12639	-4326	-7941	-7615
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 3	6,60	N <sub>Ed1</sub> (kN)	3633	2386	2556	2718
Palo 7	2,10	N <sub>Ed2</sub> (kN)	5542	3995	3908	3598
		H <sub>Ed1</sub> =H <sub>Ed2</sub> (kN)	984	1735	662	545
		M <sub>Ed</sub> (kNm)	-12456	-7485	-7887	-7615



Dati

Nome sezione:

SPALLA S1

Tipo sezione

Rettangolare

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	145

Base 450,0 [cm]  
Altezza 250,0 [cm]

**Caratteristiche geometriche**

Area sezione 112500,00 [cmq]  
Inerzia in direzione X 1898437500,0 [cm^4]  
Inerzia in direzione Y 585937500,0 [cm^4]  
Inerzia in direzione XY 0,0 [cm^4]  
Ascissa baricentro sezione  $X_G = 225,00$  [cm]  
Ordinata baricentro sezione  $Y_G = 125,00$  [cm]

**Elenco ferri**

*Simbologia adottata*

Posizione riferita all'origine

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

N°	X	Y	d	ω
1	4,30	8,60	26	5,31
2	25,32	8,60	26	5,31
3	46,34	8,60	26	5,31
4	67,36	8,60	26	5,31
5	88,38	8,60	26	5,31
6	109,40	8,60	26	5,31
7	130,41	8,60	26	5,31
8	151,43	8,60	26	5,31
9	172,45	8,60	26	5,31
10	193,47	8,60	26	5,31
11	214,49	8,60	26	5,31
12	235,51	8,60	26	5,31
13	256,53	8,60	26	5,31
14	277,55	8,60	26	5,31
15	298,57	8,60	26	5,31
16	319,59	8,60	26	5,31
17	340,60	8,60	26	5,31
18	361,62	8,60	26	5,31
19	382,64	8,60	26	5,31
20	403,66	8,60	26	5,31
21	424,68	8,60	26	5,31
22	445,70	8,60	26	5,31
23	445,70	241,40	26	5,31
24	435,67	241,40	26	5,31
25	425,64	241,40	26	5,31
26	415,60	241,40	26	5,31
27	405,57	241,40	26	5,31
28	395,54	241,40	26	5,31
29	385,51	241,40	26	5,31
30	375,48	241,40	26	5,31
31	365,45	241,40	26	5,31
32	355,41	241,40	26	5,31
33	345,38	241,40	26	5,31
34	335,35	241,40	26	5,31
35	325,32	241,40	26	5,31
36	315,29	241,40	26	5,31
37	305,25	241,40	26	5,31

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	146

38	295,22	241,40	26	5,31
39	285,19	241,40	26	5,31
40	275,16	241,40	26	5,31
41	265,13	241,40	26	5,31
42	255,10	241,40	26	5,31
43	245,06	241,40	26	5,31
44	235,03	241,40	26	5,31
45	225,00	241,40	26	5,31
46	214,97	241,40	26	5,31
47	204,94	241,40	26	5,31
48	194,90	241,40	26	5,31
49	184,87	241,40	26	5,31
50	174,84	241,40	26	5,31
51	164,81	241,40	26	5,31
52	154,78	241,40	26	5,31
53	144,75	241,40	26	5,31
54	134,71	241,40	26	5,31
55	124,68	241,40	26	5,31
56	114,65	241,40	26	5,31
57	104,62	241,40	26	5,31
58	94,59	241,40	26	5,31
59	84,55	241,40	26	5,31
60	74,52	241,40	26	5,31
61	64,49	241,40	26	5,31
62	54,46	241,40	26	5,31
63	44,43	241,40	26	5,31
64	34,40	241,40	26	5,31
65	24,36	241,40	26	5,31
66	14,33	241,40	26	5,31
67	4,30	241,40	26	5,31

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	30,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

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

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

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

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0,0000	-12639,2200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-12456,2200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	147

3	0,0000	-4325,9400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-7484,9400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	-7941,4900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-7886,8900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	-7614,9400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-7614,9400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

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

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
5	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)
6	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)
7	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)
8	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
5	2,690	0,000	0,000	33,648	-147,666
6	2,671	0,000	0,000	33,416	-146,651
7	2,579	0,000	0,000	32,264	-141,594
8	2,579	0,000	0,000	32,264	-141,594

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	-21743,5395	1,72

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	-21743,5395	1,75

#### Combinazione n° 3

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	148

$N_u$                        $M_{Xu}$                        $M_{Yu}$                       FS  
 0,0000                      0,0000                      -21743,5395                      5,03

Combinazione n° 4

$N_u$                        $M_{Xu}$                        $M_{Yu}$                       FS  
 0,0000                      0,0000                      -21743,5395                      2,90

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

$N^\circ$       numero d'ordine della combinazione  
 $M_x$       Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_y$       Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]  
 $\sigma$       Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
 $\sigma_c$       Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
 $A_{eff}$       Area efficace a trazione, espressa in [cmq]  
 $\epsilon$       Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]  
 $S_{rm}$       Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 $w$       Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
5	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

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

**Sezione n° 2 - SPALLA S1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,579	9,960	-9,868	2,558	-141,594	32,264	450,000	7
SLER	2,690	13,695	-10,291	2,558	-147,666	33,648	337,500	5

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

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

**Sezione n° 2 - SPALLA S1**

TC	sf	sc	$A_{eff}$	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-179,491	-12,509	1240,071	0,0000	0,000	0,000	0,300	7
SLER	-179,491	-12,509	1240,071	0,0000	0,000	0,000	0,300	5

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	149

### 11.7.2 Verifiche a taglio-punzonamento (SLU, SLV)

La verifica a taglio-punzonamento viene condotta, in accordo con i paragrafi descrittivi iniziali, rispetto al palo di bordo più caricato (quello interno è più carico ma il cono di rottura è più grande) con la massima reazione verticale di  $V_{Ed} = 5634$  kN, vedi schemi di calcolo seguenti.

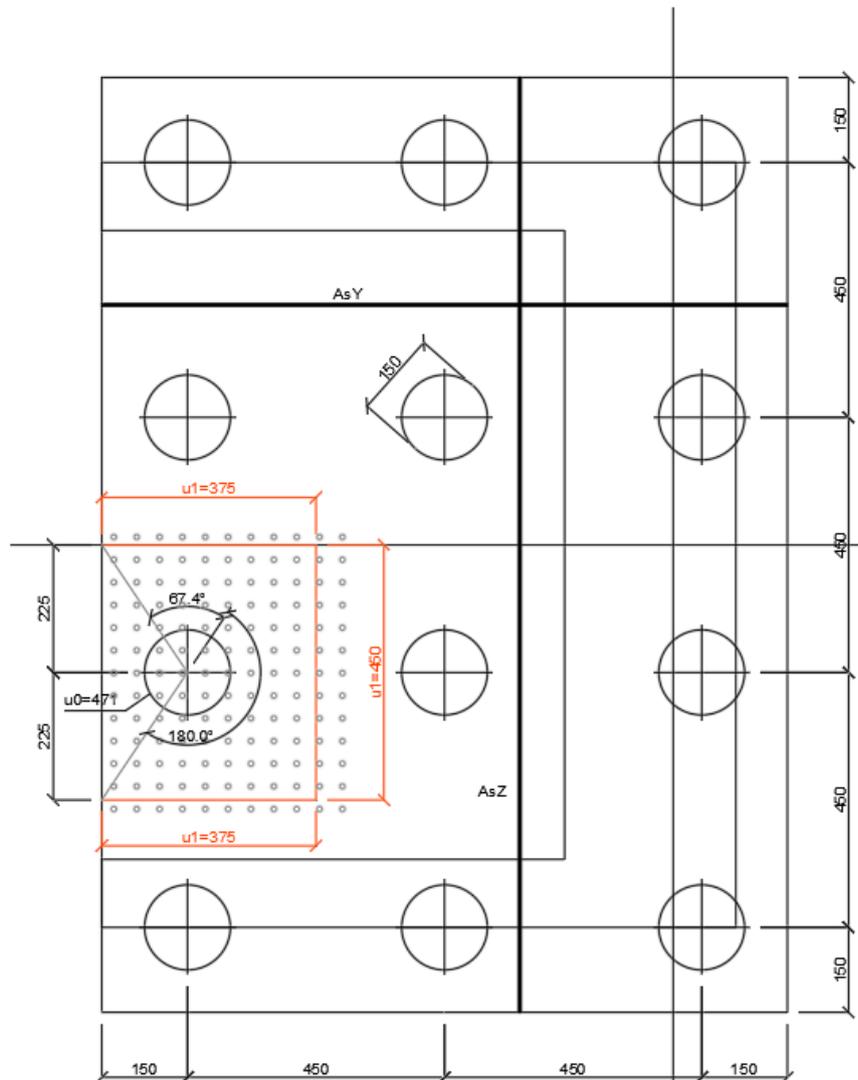


Figura 37 – Schema delle verifiche a taglio-punzonamento per il palo più caricato

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	150

NOME: SPALLA S1		CALCOLO TAGLIO-PUNZONAMENTO - UNI ENV 1992-1-1: 2005							Rev. 10		
DATI SEZIONE E ARMATURE						AZIONE CALCOLO		CALCESTRUZZO			
	d	A <sub>c</sub>	A <sub>s</sub>	ρ <sub>l</sub>	N <sub>Ed</sub>	σ <sub>cp</sub>	V <sub>Ed</sub>	β	f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	γ <sub>c</sub>
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(%)	(kN)	(MPa)	(kN)		(MPa)	(MPa)	
direzione Y	2,41	2,41	53,07	0,22%	0,0	0,00	5634,0	1,40	24,90	14,11	1,50
direzione Z	2,39	2,39	53,07	0,22%	0,0	0,00					
VERIFICA AREA CARICATA (§6.4.5)											
Verifiche a taglio-punzonamento eseguite sul perimetro u <sub>1</sub> posto a 0,85d < 2d da bordo pilastro						c	u <sub>0</sub>	v	V <sub>Ed</sub>	V <sub>Rd,max</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,max</sub>
						(m)	(m)		(MPa)	(MPa)	
						1,50	4,71	0,54	0,70	3,81	18,3% VERIFICA OK
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§6.4.4)											
Angolo settore di verifica (°)	a	k <sub>1</sub>	k	d	ρ <sub>l</sub>	V <sub>min</sub>	σ <sub>cp</sub>	V <sub>Ed</sub>	V <sub>Rd,c</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,c</sub>	
	(m)			(m)	(%)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
247	2,03	0,10	1,29	2,40	0,22%	0,26	0,00	0,27	0,65	42,4% VERIFICA OK	
A	Perimetro di verifica più esterno che richiede armatura a taglio						Perimetro A (u <sub>1</sub> con V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd,cs</sub> )		u <sub>1</sub> (m)	r <sub>u1</sub> (m)	
B	Primo perimetro di verifica entro il quale non è richiesta armatura a taglio						da bordo pilastro a 0,85d		12,00	2,78	
							Perimetro B (u <sub>out,ef</sub> con V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd,c</sub> )		u <sub>out,ef</sub> (m)	r <sub>min</sub> (m)	
							oltre 0,18d da bordo pilastro		5,09	1,18	
(*) Staffe / Fiole: n° totale barre su una fila di passo radiale s <sub>r</sub> , estesa a u <sub>1</sub> Ferri piegati: n° totale barre all'interno del campo radiale s <sub>r</sub> =1,5d esteso a u <sub>1</sub>											

Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	151

## 11.8 VERIFICHE MURO D'ALA

### 11.8.1 Verifica sezione superiore muro d'ala

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni alla quota del ringrosso della sezione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 11.8.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato tesso di  $\Phi 20/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 16/10$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 20 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

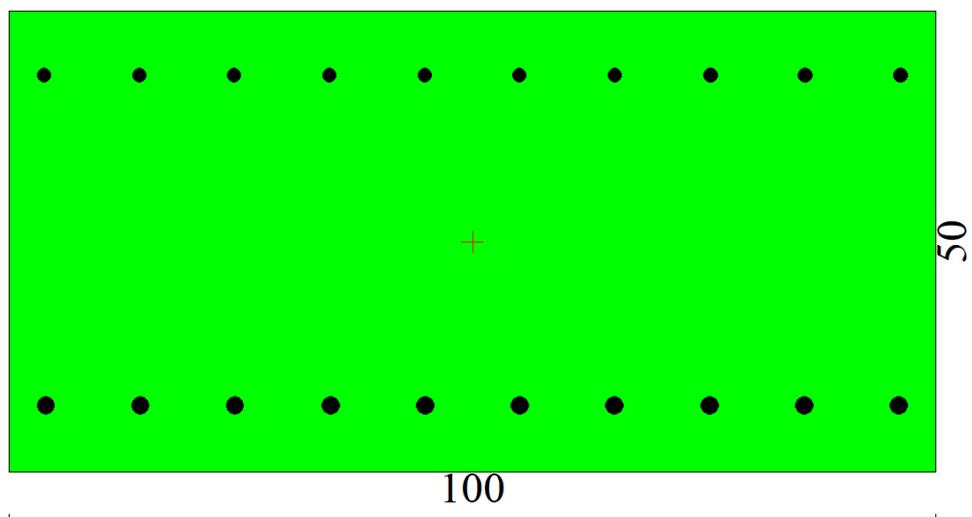


Figura 38 – Sezione trasversale muro d'ala e relativa armatura

## Dati

Nome sezione: SEZIONE SUP MURO D'ALA SP1

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 100,0 [cm]  
 Altezza: 50,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 5000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 4166666,7 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 1041666,7 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 50,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 25,00$  [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	152

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

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

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	7,20	20	3,14
2	14,22	7,20	20	3,14
3	24,44	7,20	20	3,14
4	34,67	7,20	20	3,14
5	44,89	7,20	20	3,14
6	55,11	7,20	20	3,14
7	65,33	7,20	20	3,14
8	75,56	7,20	20	3,14
9	85,78	7,20	20	3,14
10	96,00	7,20	20	3,14
11	96,20	43,00	16	2,01
12	85,93	43,00	16	2,01
13	75,67	43,00	16	2,01
14	65,40	43,00	16	2,01
15	55,13	43,00	16	2,01
16	44,87	43,00	16	2,01
17	34,60	43,00	16	2,01
18	24,33	43,00	16	2,01
19	14,07	43,00	16	2,01
20	3,80	43,00	16	2,01

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

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

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	205942,924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

## Combinazioni

### Simbologia adottata

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

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	91,6700	111,6800	0,0000	0,0000	0,0000	116,0200	SI	NO
2	91,6700	163,8000	0,0000	0,0000	0,0000	124,9800	SI	NO

**LINEA PESCARA – BARI**

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

<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55: Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	153

3	91,6700	111,6800	0,0000	0,0000	0,0000	116,0200	SI	NO
4	91,6700	215,9200	0,0000	0,0000	0,0000	133,9300	SI	NO
5	72,1100	15,6000	0,0000	0,0000	0,0000	37,1900	SI	NO
6	59,2500	73,0900	0,0000	0,0000	0,0000	47,1400	SI	NO
7	63,7500	25,7400	0,0000	0,0000	0,0000	7,8000	SI	NO
8	67,6100	149,6400	0,0000	0,0000	0,0000	101,7300	SI	NO
9	65,6800	43,2700	0,0000	0,0000	0,0000	68,4400	NO	SLER
10	65,6800	159,0800	0,0000	0,0000	0,0000	88,3400	NO	SLER
11	65,6800	43,2700	0,0000	0,0000	0,0000	68,4400	NO	SLER
12	65,6800	159,0800	0,0000	0,0000	0,0000	88,3400	NO	SLER
13	65,6800	33,0000	0,0000	0,0000	0,0000	49,7900	NO	SLEQP
14	65,6800	90,9000	0,0000	0,0000	0,0000	59,7400	NO	SLEQP
15	65,6800	33,0000	0,0000	0,0000	0,0000	49,7900	NO	SLEQP
16	65,6800	90,9000	0,0000	0,0000	0,0000	59,7400	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>154</b>

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

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

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
9	18,41	0,00	(0,00; 31,59)	(100,00; 31,59)
10	15,68	0,00	(0,00; 34,32)	(100,00; 34,32)
11	18,41	0,00	(0,00; 31,59)	(100,00; 31,59)
12	15,68	0,00	(0,00; 34,32)	(100,00; 34,32)
13	19,70	0,00	(0,00; 30,30)	(100,00; 30,30)
14	16,41	0,00	(0,00; 33,59)	(100,00; 33,59)
15	19,70	0,00	(0,00; 30,30)	(100,00; 30,30)
16	16,41	0,00	(0,00; 33,59)	(100,00; 33,59)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
9	1,359	0,000	0,000	12,634	-27,001
10	4,819	0,000	0,000	40,018	-124,977
11	1,359	0,000	0,000	12,634	-27,001
12	4,819	0,000	0,000	40,018	-124,977
13	1,048	0,000	0,000	10,133	-18,432
14	2,786	0,000	0,000	23,966	-67,201
15	1,048	0,000	0,000	10,133	-18,432
16	2,786	0,000	0,000	23,966	-67,201

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>465.9388</u>	0,0000	<u>567.6453</u>	5,08
<u>10408.7230</u>	0,0000	111,6800	113,55
91,6700	0,0000	<u>499.4863</u>	4,47

#### Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>301.0680</u>	0,0000	<u>537.9617</u>	3,28
<u>10117.3926</u>	0,0000	163,8000	110,37

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	155

91,6700                      0,0000                      499,4863                      3,05

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
465,9388	0,0000	<u>567,6453</u>	5,08
<u>10408,7230</u>	0,0000	111,6800	113,55
91,6700	0,0000	<u>499,4863</u>	4,47

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>222,2933</u>	0,0000	<u>523,5909</u>	2,42
<u>9821,7333</u>	0,0000	215,9200	107,14
91,6700	0,0000	<u>499,4863</u>	2,31

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>4168,3114</u>	0,0000	<u>901,7565</u>	57,80
<u>10933,0821</u>	0,0000	15,6000	151,62
72,1100	0,0000	<u>495,8468</u>	31,79

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>459,1804</u>	0,0000	<u>566,4388</u>	7,75
<u>10621,3822</u>	0,0000	73,0900	179,26
59,2500	0,0000	<u>493,4496</u>	6,75

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>2002,0771</u>	0,0000	<u>808,3681</u>	31,41
<u>10878,5543</u>	0,0000	25,7400	170,64
63,7500	0,0000	<u>494,2888</u>	19,20

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>237,8547</u>	0,0000	<u>526,4395</u>	3,52
<u>10196,9862</u>	0,0000	149,6400	150,82
67,6100	0,0000	<u>495,0084</u>	3,31

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

N°	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$\sigma_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
$\epsilon$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
$S_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	w
9	0,0000	120,7503	-92,486	-7,821	1700,61	0,0000	0	0,0000
10	0,0000	120,7548	-92,489	-7,822	1700,61	0,0441	182	0,1362
11	0,0000	120,7503	-92,486	-7,821	1700,61	0,0000	0	0,0000

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>156</b>

12	0,0000	120,7548	-92,489	-7,822	1700,61	0,0441	182	0,1362
13	0,0000	120,7465	-92,482	-7,821	1700,61	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	120,7532	-92,488	-7,822	1700,61	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	120,7465	-92,482	-7,821	1700,61	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	120,7532	-92,488	-7,822	1700,61	0,0000	0	0,0000

#### Inviluppo verifiche tensionali

##### *Simbologia adottata*

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

#### **Sezione n° 2 - SEZIONE SUP MURO D'ALA SP1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,786	14,940	-5,702	3,099	-67,201	23,966	450,000	14
SLER	4,819	18,260	-10,544	3,099	-124,977	40,018	337,500	10

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### *Simbologia adottata*

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

#### **Sezione n° 2 - SEZIONE SUP MURO D'ALA SP1**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-92,482	-7,821	166,775	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-92,489	-7,822	166,776	0,0441	181,777	0,136	0,200	10

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

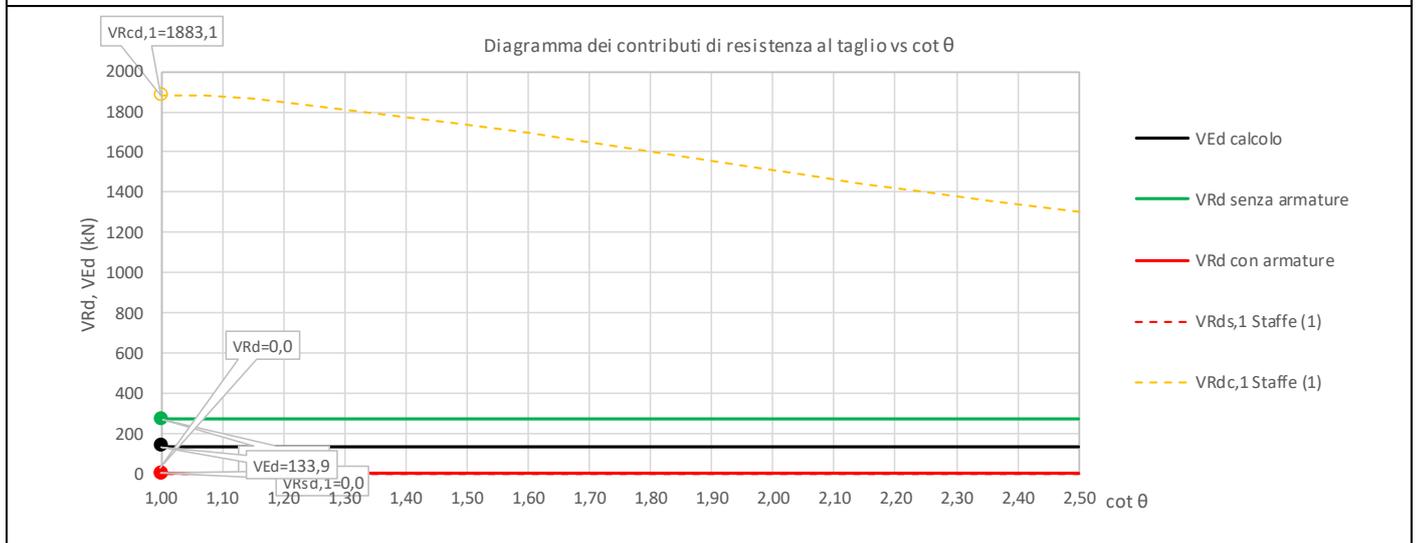
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	157

**11.8.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV**

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro d’ala (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2. Non si è reso necessario l’inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

NOME: SEZ SUP				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	0,44	45,00	1,00	-91,7	133,9	215,9	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\varnothing$	$A_{sl,\varnothing}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391,3	10	20	3,14	31,42						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	31,42	0,15	1,67	0,71%	0,44	0,21	1,01	267,7	50,0%	VERIFICA OK	



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	158

## 11.8.2 Verifica sezione base muro d'ala

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.8.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 30/10$  primo strato e  $\Phi 30/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 24/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 20 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

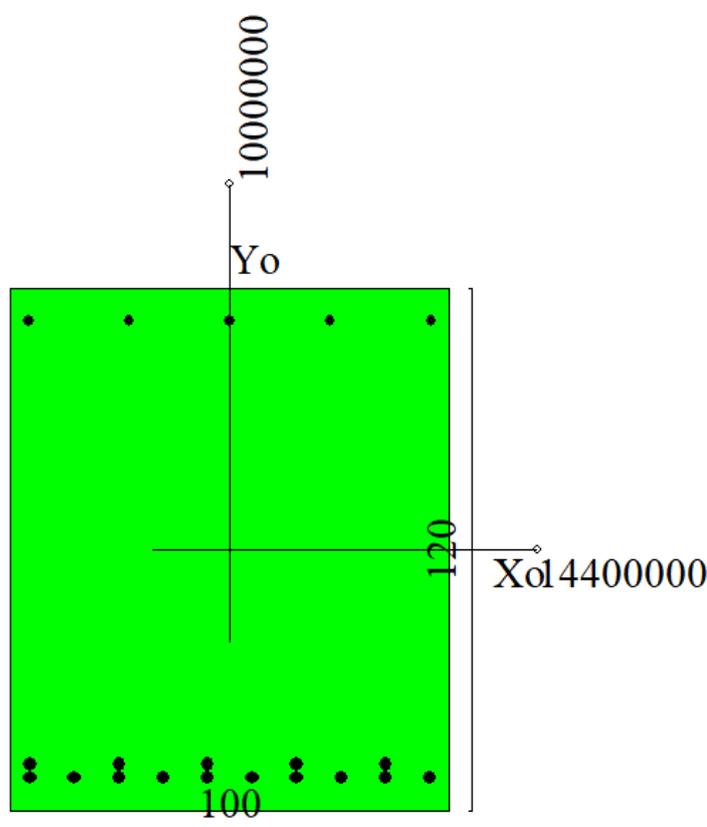


Figura 39 – Sezione trasversale muro d'ala e relativa armatura

## Dati

<b>Nome sezione:</b>	SEZIONE BASE MURO D'ALA SP1
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	120,0 [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	159

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	12000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	10000000,0	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	14400000,0	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	X <sub>G</sub> = 50,00	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y <sub>G</sub> = 60,00	[cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

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

N°	X	Y	d	ω
1	4,50	7,70	30	7,07
2	14,61	7,70	30	7,07
3	24,72	7,70	30	7,07
4	34,83	7,70	30	7,07
5	44,94	7,70	30	7,07
6	55,06	7,70	30	7,07
7	65,17	7,70	30	7,07
8	75,28	7,70	30	7,07
9	85,39	7,70	30	7,07
10	95,50	7,70	30	7,07
11	4,50	10,70	30	7,07
12	24,72	10,70	30	7,07
13	44,94	10,70	30	7,07
14	65,17	10,70	30	7,07
15	85,39	10,70	30	7,07
16	95,80	112,60	24	4,52
17	72,90	112,60	24	4,52
18	50,00	112,60	24	4,52
19	27,10	112,60	24	4,52
20	4,20	112,60	24	4,52

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

#### Caratteristiche calcestruzzo

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

#### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	205942,924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

### Combinazioni

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	160

N sforzo normale espresso in [kN]  
M<sub>y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]  
M<sub>x</sub> momento lungo X espresso in [kNm]  
M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]  
T<sub>y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]  
T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]  
VD verifica di dominio  
VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	294,1700	1482,2800	0,0000	0,0000	0,0000	460,6100	SI	NO
2	294,1700	1767,2900	0,0000	0,0000	0,0000	553,0200	SI	NO
3	294,1700	1482,2800	0,0000	0,0000	0,0000	460,6100	SI	NO
4	294,1700	1864,1800	0,0000	0,0000	0,0000	561,9700	SI	NO
5	243,2200	634,1100	0,0000	0,0000	0,0000	228,2100	SI	NO
6	188,1500	737,5700	0,0000	0,0000	0,0000	238,1600	SI	NO
7	207,4200	173,6300	0,0000	0,0000	0,0000	79,0000	SI	NO
8	223,9400	1590,4100	0,0000	0,0000	0,0000	515,2500	SI	NO
9	215,6800	1020,7000	0,0000	0,0000	0,0000	346,3900	NO	SLER
10	215,6800	1236,0200	0,0000	0,0000	0,0000	366,2900	NO	SLER
11	215,6800	1020,7000	0,0000	0,0000	0,0000	346,3900	NO	SLER
12	215,6800	1254,5400	0,0000	0,0000	0,0000	377,1200	NO	SLER
13	215,6800	828,1900	0,0000	0,0000	0,0000	292,1500	NO	SLEQP
14	215,6800	935,8500	0,0000	0,0000	0,0000	302,1000	NO	SLEQP
15	215,6800	828,1900	0,0000	0,0000	0,0000	292,1500	NO	SLEQP
16	215,6800	935,8500	0,0000	0,0000	0,0000	302,1000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>161</b>

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

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

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
9	48,64	1,69	(-2412,20; 0,00)	(1645,56; 120,00)
10	48,05	1,73	(-2385,94; 0,00)	(1594,50; 120,00)
11	48,64	1,69	(-2412,20; 0,00)	(1645,56; 120,00)
12	48,01	1,73	(-2384,11; 0,00)	(1590,98; 120,00)
13	49,44	1,65	(-2447,58; 0,00)	(1716,16; 120,00)
14	48,95	1,68	(-2425,95; 0,00)	(1672,75; 120,00)
15	49,44	1,65	(-2447,58; 0,00)	(1716,16; 120,00)
16	48,95	1,68	(-2425,95; 0,00)	(1672,75; 120,00)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
9	4,570	0,000	-0,003	57,950	-93,616
10	5,500	0,000	-0,003	69,586	-115,182
11	4,570	0,000	-0,003	57,950	-93,616
12	5,580	0,000	-0,003	70,587	-117,038
13	3,738	0,000	-0,002	47,537	-74,348
14	4,203	0,000	-0,002	53,362	-85,121
15	3,738	0,000	-0,002	47,537	-74,348
16	4,203	0,000	-0,002	53,362	-85,121

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>917,0343</u>	0,0000	<u>4620,8030</u>	3,12
<u>20961,2500</u>	0,0000	1482,2800	71,26
294,1700	0,0000	<u>4372,5409</u>	2,95

#### Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>759,0527</u>	0,0000	<u>4560,1733</u>	2,58
<u>20308,2603</u>	0,0000	1767,2900	69,04

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	162

294,1700                      0,0000                      4372,5409                      2,47

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
917,0343	0,0000	<u>4620,8030</u>	3,12
<u>20961,2500</u>	0,0000	1482,2800	71,26
294,1700	0,0000	<u>4372,5409</u>	2,95

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>717,0204</u>	0,0000	<u>4543,8185</u>	2,44
<u>20084,8747</u>	0,0000	1864,1800	68,28
294,1700	0,0000	<u>4372,5409</u>	2,35

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>1902,4168</u>	0,0000	<u>4959,8780</u>	7,82
<u>22864,1211</u>	0,0000	634,1100	94,01
243,2200	0,0000	<u>4351,0313</u>	6,86

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>1205,4627</u>	0,0000	<u>4725,5547</u>	6,41
<u>22635,5363</u>	0,0000	737,5700	120,31
188,1500	0,0000	<u>4327,6547</u>	5,87

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>7009,1654</u>	0,0000	<u>5867,3291</u>	33,79
<u>23868,0840</u>	0,0000	173,6300	115,07
207,4200	0,0000	<u>4335,8497</u>	24,97

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>635,2828</u>	0,0000	<u>4511,7447</u>	2,84
<u>20714,2542</u>	0,0000	1590,4100	92,50
223,9400	0,0000	<u>4342,8623</u>	2,73

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

N° numero d'ordine della combinazione  
 $M_x$  Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_y$  Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]  
 $\sigma_f$  Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
 $\sigma_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cmq]  
 $\epsilon$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]  
 $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 $w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
9	0,0000	796,9733	-71,225	-5,317	3125,75	0,0323	176	0,0967
10	0,0000	796,9553	-71,223	-5,317	3125,75	0,0452	176	0,1355
11	0,0000	796,9733	-71,225	-5,317	3125,75	0,0323	176	0,0967

**LINEA PESCARA – BARI**

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

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	163

12	0,0000	796,9514	-71,223	-5,317	3125,75	0,0463	176	0,1387
13	0,0000	796,9711	-71,225	-5,317	3125,75	0,0195	176	0,0585
14	0,0000	796,9348	-71,221	-5,316	3125,75	0,0269	176	0,0805
15	0,0000	796,9711	-71,225	-5,317	3125,75	0,0195	176	0,0585
16	0,0000	796,9348	-71,221	-5,316	3125,75	0,0269	176	0,0805

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

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

**Sezione n° 1 - SEZIONE BASE MURO D'ALA SP1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	4,203	14,940	-6,347	3,099	-85,121	53,362	450,000	14
SLER	5,580	18,260	-8,713	3,099	-117,038	70,587	337,500	12

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

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

**Sezione n° 1 - SEZIONE BASE MURO D'ALA SP1**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-71,221	-5,316	306,537	0,0269	176,161	0,080	0,200	14
SLER	-71,223	-5,317	306,537	0,0463	176,161	0,139	0,200	12

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

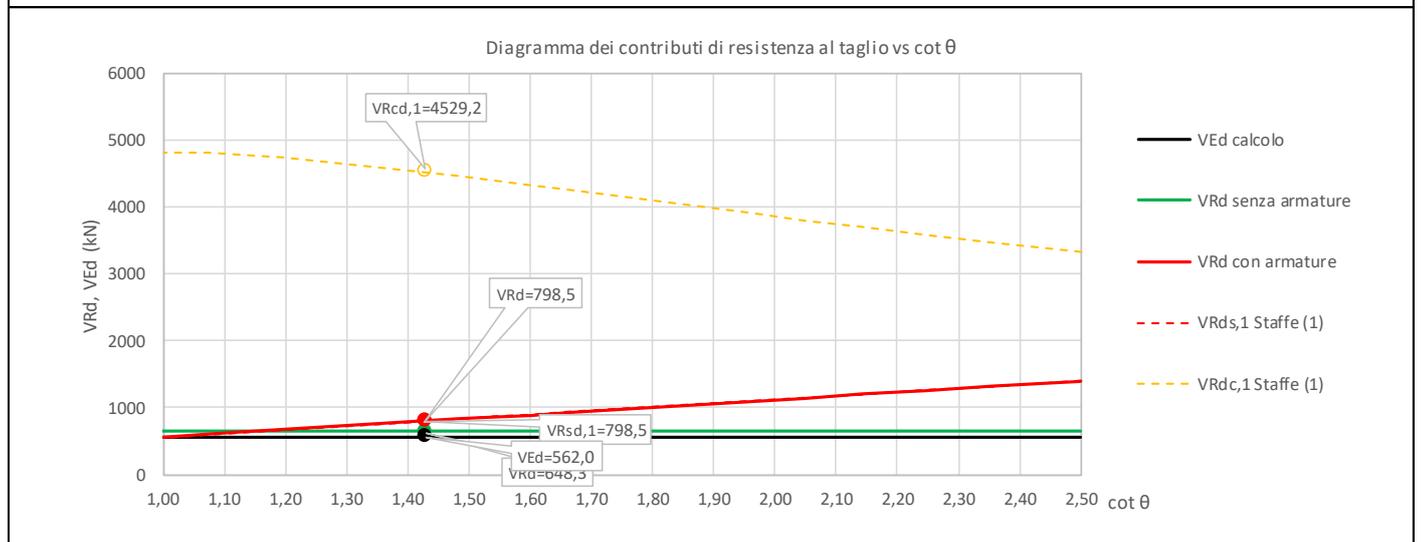
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	164

**11.8.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV**

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro d’ala (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2. Non si è reso necessario l’inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

NOME: SEZ. BASE		CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO			
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$	
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)		
1,00	1,12	35,00	1,43	-294,2	562,0	1864,2	33,20	18,81	1,50	
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$						
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$f_{yd}$	$n$	$\varnothing$	$A_{sl,\varnothing}$	$A_{sl}$					
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )					
Barre B450C	391,3	15	30	7,07	106,03					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
	106,03	0,15	1,42	0,94%	0,34	0,26	1,01	648,3	86,7%	VERIFICA OK



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>

## 11.9 VERIFICHE MURO PARAGHIAIA

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso elevazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.9.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 16/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 14/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

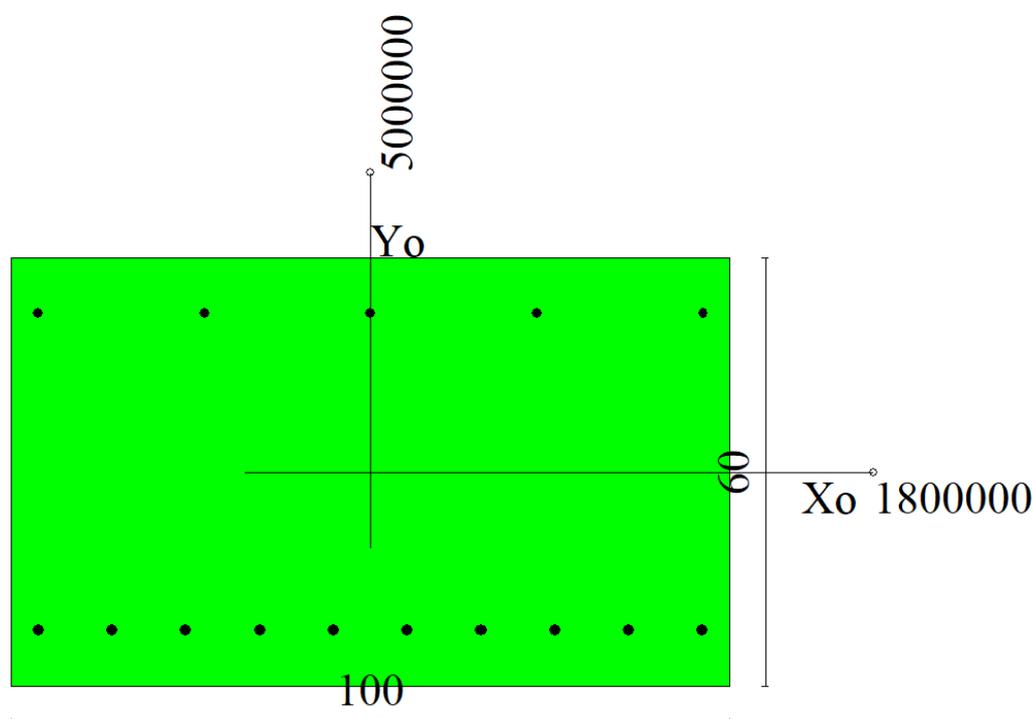


Figura 40 – Sezione trasversale muro paraghiaia e relativa armatura

## Dati

Nome sezione: SEZIONE MURO PARAGHIAIA

Tipo sezione: Rettangolare  
Base: 100,0 [cm]  
Altezza: 60,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 6000,00 [cmq]  
Inerzia in direzione X: 5000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
Inerzia in direzione Y: 1800000,0 [cm<sup>4</sup>]  
Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 50,00$  [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	166

Ordinata baricentro sezione

$Y_G = 30,00$  [cm]

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
$\omega$	Area del ferro espresso in [cm <sup>2</sup> ]

N°	X	Y	d	$\omega$
1	3,80	7,80	16	2,01
2	14,07	7,80	16	2,01
3	24,33	7,80	16	2,01
4	34,60	7,80	16	2,01
5	44,87	7,80	16	2,01
6	55,13	7,80	16	2,01
7	65,40	7,80	16	2,01
8	75,67	7,80	16	2,01
9	85,93	7,80	16	2,01
10	96,20	7,80	16	2,01
11	96,30	52,30	14	1,54
12	73,15	52,30	14	1,54
13	50,00	52,30	14	1,54
14	26,85	52,30	14	1,54
15	3,70	52,30	14	1,54

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

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

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

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

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
$M_Y$	momento lungo Y espresso in [kNm]
$M_X$	momento lungo X espresso in [kNm]
$M_t$	momento torcente espresso in [kNm]
$T_Y$	taglio lungo Y espresso in [kN]
$T_X$	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	$M_Y$	$M_X$	$M_t$	$T_Y$	$T_X$	VD	VT
1	62,7800	234,6100	0,0000	0,0000	0,0000	169,8300	SI	NO
2	46,5000	150,4400	0,0000	0,0000	0,0000	97,0600	SI	NO
3	62,7800	234,6100	0,0000	0,0000	0,0000	169,8300	SI	NO
4	46,5000	84,1700	0,0000	0,0000	0,0000	72,7700	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	167

5	53,0400	74,2000	0,0000	0,0000	0,0000	60,1800	SI	NO
6	39,9600	74,2000	0,0000	0,0000	0,0000	60,1800	SI	NO
7	48,4600	116,4000	0,0000	0,0000	0,0000	87,4100	SI	NO
8	39,9600	74,2000	0,0000	0,0000	0,0000	60,1800	SI	NO
9	46,5000	159,8600	0,0000	0,0000	0,0000	115,4500	NO	SLER
10	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLER
11	46,5000	159,8600	0,0000	0,0000	0,0000	115,4500	NO	SLER
12	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLER
13	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLEQP
14	46,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLEQP
16	46,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

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

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
9	15,39	0,00	(0,00; 44,61)	(100,00; 44,61)
10	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
11	15,39	0,00	(0,00; 44,61)	(100,00; 44,61)
12	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
13	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
14	516,82	0,00	(0,00; -456,82)	(100,00; -456,82)
15	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
16	516,82	0,00	(0,00; -456,82)	(100,00; -456,82)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
$\sigma_{c-max}$	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{c-min}$	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{f-max}$	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
$\sigma_{f-min}$	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
9	4,387	0,000	0,000	32,886	-157,383
10	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
11	4,387	0,000	0,000	32,886	-157,383
12	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
13	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
14	0,077	0,000	0,000	1,138	1,039
15	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
16	0,077	0,000	0,000	1,138	1,039

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M <sub>Xu</sub>	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>Yu</sub>	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	168

Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>112,0500</u>	0,0000	<u>418,7329</u>	1,78
<u>10846,4332</u>	0,0000	234,6100	172,77
62,7800	0,0000	<u>406,4890</u>	1,73

Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>130,8666</u>	0,0000	<u>423,3886</u>	2,81
<u>11240,3692</u>	0,0000	150,4400	241,73
46,5000	0,0000	<u>402,4266</u>	2,67

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>112,0500</u>	0,0000	<u>418,7329</u>	1,78
<u>10846,4332</u>	0,0000	234,6100	172,77
62,7800	0,0000	<u>406,4890</u>	1,73

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>250,0419</u>	0,0000	<u>452,6027</u>	5,38
<u>11543,9062</u>	0,0000	84,1700	248,26
46,5000	0,0000	<u>402,4266</u>	4,78

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>338,8642</u>	0,0000	<u>474,0521</u>	6,39
<u>11588,9996</u>	0,0000	74,2000	218,50
53,0400	0,0000	<u>404,0595</u>	5,45

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>242,7978</u>	0,0000	<u>450,8408</u>	6,08
<u>11588,9965</u>	0,0000	74,2000	290,01
39,9600	0,0000	<u>400,7924</u>	5,40

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>181,4534</u>	0,0000	<u>435,8477</u>	3,74
<u>11397,0824</u>	0,0000	116,4000	235,19
48,4600	0,0000	<u>402,9161</u>	3,46

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>242,7978</u>	0,0000	<u>450,8408</u>	6,08
<u>11588,9965</u>	0,0000	74,2000	290,01
39,9600	0,0000	<u>400,7924</u>	5,40

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

N° numero d'ordine della combinazione

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>169</b>

M<sub>x</sub> Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>y</sub> Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]  
σ<sub>f</sub> Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
σ<sub>c</sub> Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
A<sub>eff</sub> Area efficace a trazione, espressa in [cm<sup>2</sup>]  
ε Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]  
S<sub>rm</sub> Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
9	0,0000	154,0838	-151,294	-12,226	1980,00	0,0403	220	0,1509
10	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
11	0,0000	154,0838	-151,294	-12,226	1980,00	0,0403	220	0,1509
12	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
13	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	0,0000	1,039	0,068	0,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	0,0000	1,039	0,068	0,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

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

**Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	1,561	14,940	-3,922	3,099	-48,134	12,865	450,000	13
SLER	4,387	18,260	-12,716	3,099	-157,383	32,886	337,500	9

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
sf tensione nell'acciaio espresso in [MPa]  
sc tensione nel cls espresso in [MPa]  
A<sub>eff</sub> Area efficace a trazione espresso in [cm<sup>2</sup>]  
Esp Deformazione espressa in [‰]  
sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA**

TC	sf	sc	A <sub>eff</sub>	Exp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-151,294	-12,226	194,175	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-151,294	-12,226	194,175	0,0403	220,115	0,151	0,200	9

**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

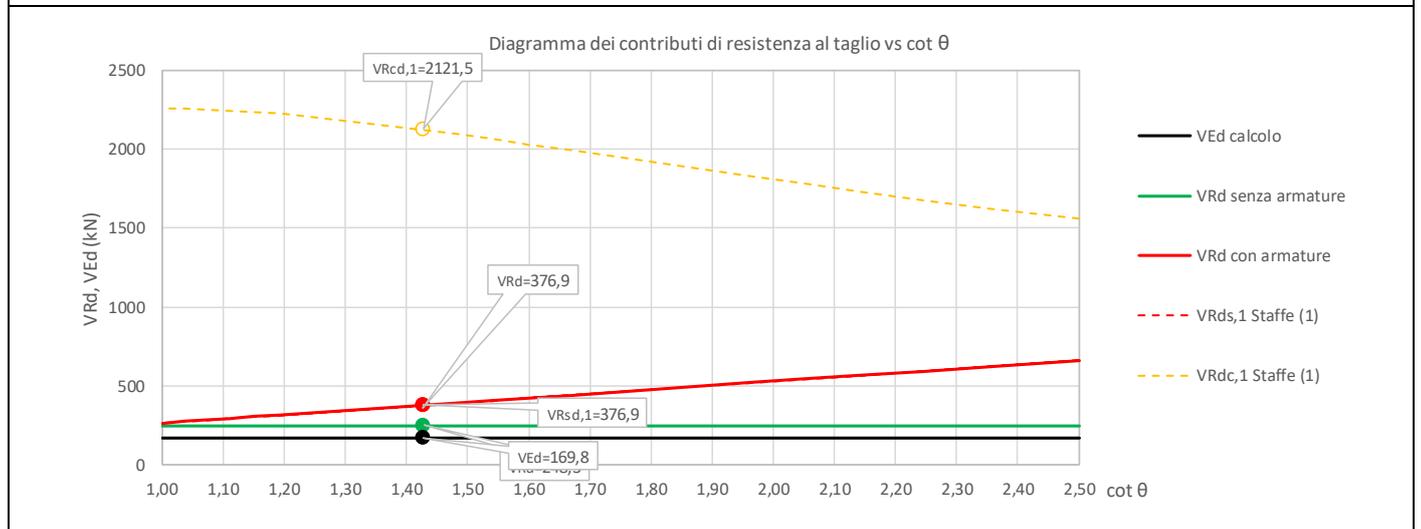
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	170

### 11.9.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro paraghiaia (estradosso elevazione) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO PARAGHIAIA				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	0,53	35,00	1,43	-62,8	169,8	234,6	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{s1,\emptyset}$	$A_{s1}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391,3	10	16	2,01	20,11						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{s1}$	$k_1$	$k$	$\rho_1$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	20,11	0,15	1,61	0,38%	0,41	0,12	1,01	248,3	68,4%	<b>VERIFICA OK</b>	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	171

## 12. VERIFICHE LOCALI

### 12.1 BAGGIOLI

Si procede alla verifica del baggiolo tipologico di dimensioni 150x180x30 cm, armato in verticale con (2x14+2x17)Ø14 distribuiti sui lati perimetrali, armato in orizzontale con 1Ø12/10 staffe cerchianti esterne (n°2 braccia per direzione) e 6Ø12/10 ganci interni (n°6 braccia per direzione).

Al fine di mantenere un abbondante margine di sicurezza, i carichi di progetto verticale  $N_{Ed}$  ed orizzontale  $V_{Ed}$  sono stati ipotizzati come i massimi concomitanti previsti su tutti gli appoggi (F)-(UT)-(UL)-(M), vedi tabelle specifiche, inoltre l'impronta degli appoggi stessi è stata assunta cautelativamente assunta di 80x80 cm.

Le verifiche sono state svolte secondo le indicazioni del CEB-FIP Model Code 90 e secondo quanto riportato in letteratura riguardo gli studi di diffusione delle tensioni di compressione e trazione su un volume generico di calcestruzzo (Leonhardt, 1973).

Per le azioni dell'appoggio si considera una eccentricità addizionale di 5 cm, quindi una centratura non ottimale delle azioni sul volume di calcestruzzo del baggiolo con conseguente riduzione dell'area efficace di contatto.

Si sono considerate le armature di cerchiatura come collaboranti per il 0% ai fini dell'aumento della resistenza a compressione del calcestruzzo in zona compressa (Region I), mentre per le tensioni di trazione interna si sono considerate solo le armature trasversali interne (Region II).

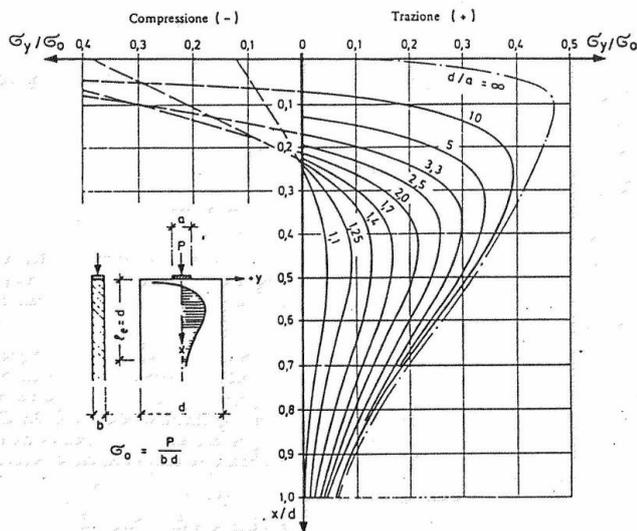


Fig. 3.6: Curve e grandezza delle tensioni trasversali  $\sigma_y$ , riferite a  $\sigma_0 = \frac{P}{b \cdot d}$ , lungo l'asse x per condizioni diverse  $d/a$  (40)

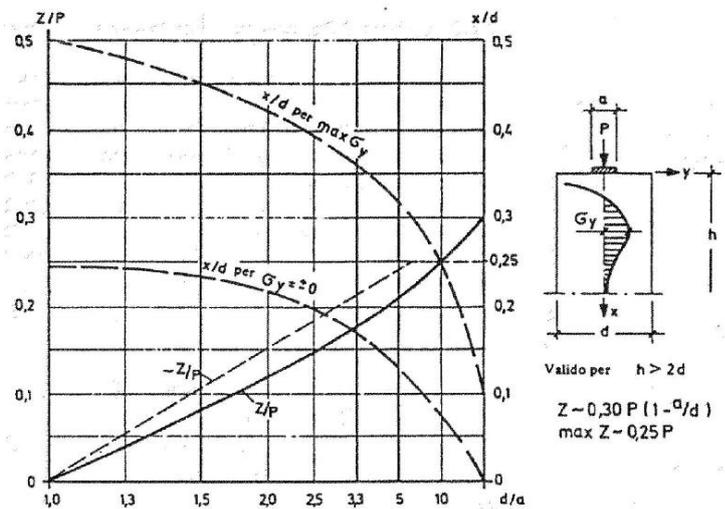


Fig. 3.8: Grandezza della forza di fenditura risultante Z, riferita al carico P, distanza della tensione massima trasversale  $\max \sigma_y$  e distanza del punto con  $\sigma_y = 0$  dal bordo caricato in lastre con  $h > 2d$  (40)

Figura 41 – Grafici da F. Leonhardt, 1973 "Casi speciali di dimensionamento delle strutture in c.a. e c.a.p."

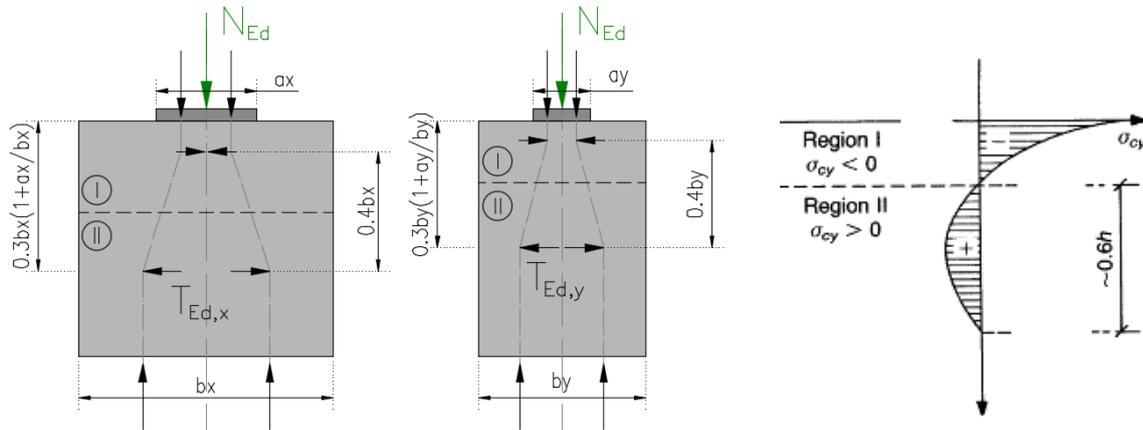
**VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	172

NOME: **BAGGIOLO TIPO**

VERIFICA BAGGIOLI (CEB-FIP MODEL CODE 90, F. LEONHARDT - 1973)

Rev. 09



GEOMETRIA, AZIONI E MATERIALI VOLUME DI CALCOLO (MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

$N_{Ed}$ (kN)	4450,0	$b_x$ (m)	1,500	$f_{y,d}$ (MPa)	391,3
$M_{Ed}$ (kNm)	222,5	$b_y$ (m)	1,800	$f_{ck}$ (MPa)	33,2
$e_{max}$ (m)	0,050	$a_x$ (m)	0,800	$a'_{cc}$	0,85
		$a_y$ (m)	0,800	$a'_y$ (m)	0,750

Direz.	Altezza (m)	Posiz. $T_{Ed}$ (m)	Altezza zona (m)		Posizione zona		Posizione zona		$b/a'$
			Region II	Region I	Region II	Region I			
X	1,50	0,69	0,90	0,22	0,22	1,12	0,00	0,22	2,00
Y	1,80	0,78	1,08	0,23	0,23	1,31	0,00	0,23	2,40

VERIFICA ARMATURE ORIZZONTALI (Trazione, Region II, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

Direz.	$A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )	$T_{Rd}$ (kN)	$T_{Ed}$ (kN)	$T_{Ed}/T_{Rd}$	VERIFICA
X	3x6Ø12	20,35	796,2	> 667,5	83,8% VERIFICA OK
Y	3x6Ø12	20,35	796,2	> 778,8	97,8% VERIFICA OK

VERIFICA CALCESTRUZZO CONFINATO (Compressione, Region I, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

Direz.	$A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (MPa)	$\alpha$	$\sigma_2$ (MPa)	$f_{ck,c}$ (MPa)	$f_{cd,c}$ (MPa)	$\sigma_{Ed}$ (MPa)	$\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$	VERIFICA
X	2x2Ø12	3,77	0,08	0,00	0,00	33,2	18,8	> 10,8	57,3% VERIFICA OK
Y	2x2Ø12	3,77	0,08	0,00	0,00	33,2	18,8	> 10,3	54,8% VERIFICA OK

$v = 0,20$  (formule cls confinato da EN 1992-1-1: 2005, NTC2018) (stress compression  $\sigma_{Ed}$  con distribuzione approssimata triangolare)  
 $C_{Ed}$  (kN) 890,0 ( $C_{Ed} = v \cdot N_{Ed}$ )

VERIFICA ARMATURE VERTICALI (Giunto di taglio, MC90 §6.10.2)

$V_{Ed,x}$ (kN)	4550,0	$N_{Ed,min}$ (kN)	1350,0	$\mu$	0,60
$V_{Ed,y}$ (kN)	3100,0	$\sigma_{Ed,min}$ (MPa)	2,40	$\beta_{fctd}$ (MPa)	0,00
$V_{Ed}$ (kN)	5505,7	$f_{cd,c}$ (MPa)	18,8	$A_{sv}$ (cm <sup>2</sup> )	89,24 <-- (2x14+2x17)Ø14

$$\tau_{Rd} = \beta f_{ctd} + \mu(\rho f_{yd} + \sigma_{cd}) < 0,25 f_{cd}$$

$T_{Rd}$ (MPa)	2,22	$T_{Ed}$ (MPa)	2,04	$T_{Ed}/T_{Rd}$	92,0% VERIFICA OK
----------------	------	----------------	------	-----------------	-------------------

Figura 42 – Baggioli tipo – Verifica del calcestruzzo armato a compressione e trazione

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>B</b>	FOGLIO <b>173</b>

## 12.2 DEFORMABILITÀ SPALLA

### 12.2.1 Verifiche sicurezza del binario

Per la sicurezza del binario occorre garantire quanto riportato al §2.5.1.4.5.2-3 del MdP.

“Al fine di garantire la sicurezza del binario rispetto a fenomeni di instabilità per compressione e rottura per trazione della rotaia, nonché rispetto ad eccessivi scorrimenti nel ballast, causa di un suo rapido deterioramento, occorre che vengano rispettati i seguenti limiti sull'incremento delle tensioni nel binario e sugli spostamenti relativi tra binario ed estradosso dell'impalcato o del rilevato. L'incremento massimo consentito di tensione nella rotaia causato dall'interazione binario-struttura prodotta dalle azioni indicate in 2.5.1.4.5.1 sarà assunto pari a:

$\Delta\sigma_{c,max} = 60 \text{ N/mm}^2$  (per la compressione)

$\Delta\sigma_{t,max} = 70 \text{ N/mm}^2$  (per la trazione)

Lo spostamento massimo consentito tra estradosso dell'impalcato o del rilevato e la faccia inferiore della traversa dovuto alle sole forze di avviamento e/o di frenatura sarà assunto pari a 5 mm. La verifica di sicurezza del binario, in termini di tensioni e spostamenti, andrà condotta considerando la combinazione caratteristica (rara) del metodo S.L.E., adottando per le azioni di cui al precedente punto 2.5.1.4.5.1 coefficienti  $\gamma_{oi}=1,0$  fermi restando i su esposti limiti di incremento di tensione nella rotaia.”

“Gli effetti dell'interazione binario-struttura in termini di azioni longitudinali trasmesse alla sottostruttura (reazioni vincolari negli appoggi fissi), tensioni supplementari nel binario e scorrimenti relativi binario-impalcato, saranno valutati mediante una serie di analisi di simulazione del comportamento del ponte soggetto alle azioni termiche ed ai carichi orizzontali e verticali dei convogli in transito, portando in conto la resistenza ai movimenti longitudinali del binario e la rigidità della struttura, attraverso un modello di calcolo del tipo riportato in Fig. 2.5.1.4.5.3-1. In alternativa, è possibile effettuare una valutazione semplificata delle reazioni vincolari con il metodo riportato nell'Allegato 3, oppure con il metodo di cui all'Allegato 4 qualora siano rispettate le condizioni ivi elencate. In tal caso il rispetto dei limiti sulle altre grandezze di interesse (tensioni nelle rotaie e spostamenti relativi binario-impalcato) può ritenersi adeguatamente soddisfatto senza specifiche verifiche.”

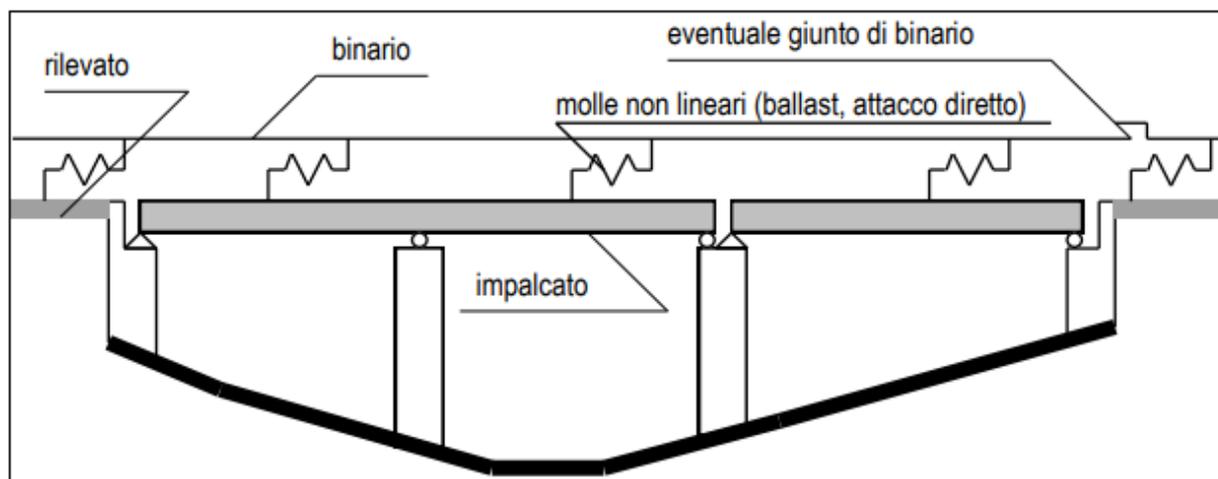


Fig. 2.5.1.4.5.3-1 - Schema di modello strutturale per valutare l'interazione.

Figura 43 – Interazione binario- struttura - Schema generale di calcolo

“ALLEGATO 4 – VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DELLE REAZIONI DOVUTE AGLI EFFETTI DI INTERAZIONE, METODO PER SINGOLA LUCE APPOGGIATA

Per una sovrastruttura realizzata con un singolo impalcato (in semplice appoggio) non è necessario il controllo delle tensioni nella rotaia se:

- La sottostruttura ha rigidezza  $K$  sufficiente a limitare lo spostamento dell'impalcato in direzione longitudinale dovuto all'avviamento e alla frenatura  $\delta_B$ , ad un massimo di 5 mm in presenza delle forze longitudinali dovute all'avviamento e alla frenatura definite in

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 14 04</b>			PROGR <b>001</b>

2.5.1.4.3.3; per la determinazione degli spostamenti si raccomanda di prendere in conto la configurazione e le proprietà della struttura date in 2.5.1.4.5.3;

- Per le azioni da traffico verticale lo spostamento longitudinale dell'estradosso dell'impalcato all'estremità dovuto alla deformazione dell'impalcato  $\delta H$ , non supera i 5mm;
- La lunghezza di espansione  $L_T$  è minore di 40 m.”

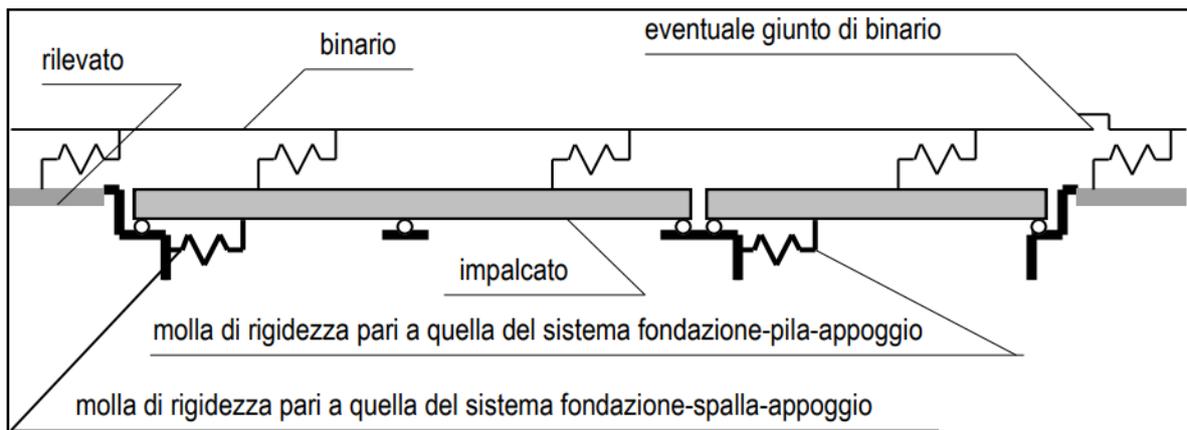


Fig. 2.5.1.4.5.3-3 - Schema di modello strutturale semplificato per valutare l'interazione.

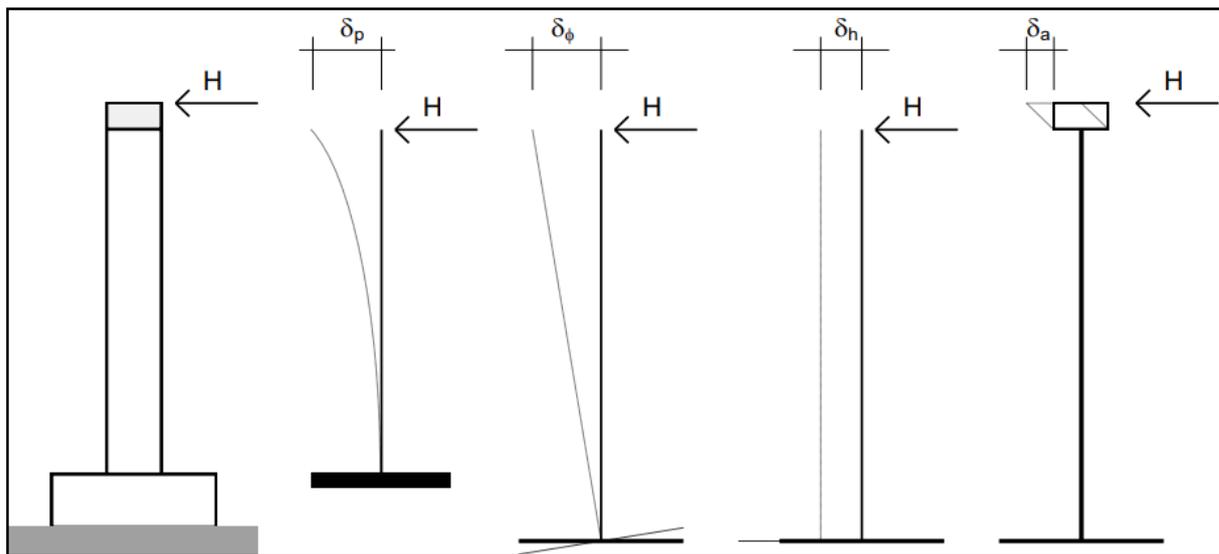


Fig. 2.5.1.4.5.3-4 - Individuazione dei contributi alla deformabilità complessiva del sistema fondazione-pila-appoggio

Figura 44 – Interazione binario- struttura - Schema semplificato di calcolo

Nel caso in oggetto, considerando la massima altezza pila prevista e le valutazioni effettuate nel dimensionamento delle sottofondazioni, alla cui documentazione di calcolo si rimanda per ulteriori dettagli, per la verifica di sicurezza si ha quanto segue.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	175

NOME: IMPALCATO L=25 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA				Rev. 00
L calcolo (m)	22,80	Lunghezza tra appoggi		Distanza PF/appoggi (m)		3,30
L (m)	25,00	Lunghezza di binario carico				
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2				
$\alpha$ (-)	1,10	$\alpha$ (-)	1,00			
$Q_{3,f}$ (kN)	550,0	$Q_{3,f}$ (kN)	875,0	Forza frenatura caratt. longitudinale		
$V_{3,f}$ (kNm)	79,6	$V_{3,f}$ (kNm)	126,6	Forza frenatura caratt. verticale		
$Q_{3,a}$ (kN)	907,5	$Q_{3,a}$ (kN)	825,0	Forza avviamento caratt. longitudinale		
$V_{3,a}$ (kNm)	131,3	$V_{3,a}$ (kNm)	119,4	Forza avviamento caratt. verticale		
<b>VERIFICHE SICUREZZA BINARIO (§2.5.1.4.5.3 MdP)</b>						
$Q_{3,f}$ (kN)	875,0	Massima azione frenatura per LM71 o SW/0 o SW/2				
$Q_{3,a}$ (kN)	907,5	Massima azione avviamento per LM71 o SW/0 o SW/2				
H (kN)	1782,5	Massima azione applicata all'appoggio				
$I_L$ (m <sup>4</sup> )	30,38	Inerzia longitudinale elevazione				
E (MPa)	33346	Modulo elastico elevazione				
$H_{elev}$ (m)	5,00	Altezza elevazione				
K (kN/m)	24309234	$K=(3 \cdot E \cdot I_L)/H_{elev}^3$				
$\delta_p$ (mm)	0,1	Spostamento deformabilità elastica elevazione		(da calcolo fondazioni)		
$\delta_\varphi$ (mm)	0,0	Spostamento deformabilità rotazione fondazione		$\varphi$ (rad)	0,00001	
$\delta_h$ (mm)	1,0	Spostamento deformabilità traslazionefondazione		$s_h$ (mm)	1,0	
$\delta_a$ (mm)	1,0	Spostamento deformabilità appoggi				
$\Sigma \delta_i$ (mm)	2,1	Spostamento totale		<	5.0 mm	<b>OK VERIFICATO</b>

## 12.2.2 Effetti del secondo ordine

Con riferimento alle valutazioni degli spostamenti orizzontali di testa spalla effettuati nella condizione di esercizio SLE RA (verifica di sicurezza del binario) e nella condizione sismica SLV (verifiche escursione giunti), visti i valori trascurabili in relazione alle dimensioni e alla snellezza della sottostruttura, si conferma che gli effetti del secondo ordine dei carichi applicati verticali sono irrilevanti ai fini dei calcoli di dimensionamento.

VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	176

## 12.3 RITEGNI

Si verificano i ritegni trasversali e longitudinali alle massime azioni sismiche SLV secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90.

Nei paragrafi seguenti viene indicata la geometria, lo schema di calcolo, le armature previste e le massime azioni orizzontali  $N_{Ed}$  considerate nei vari casi, nell'ipotesi a favore di sicurezza di un'amplificazione delle forze sismiche trasmesse di 1.10 e di spessori strutturali delle superfici di contatto cautelativamente ridotte.

### 12.3.1 Campata L=25 m

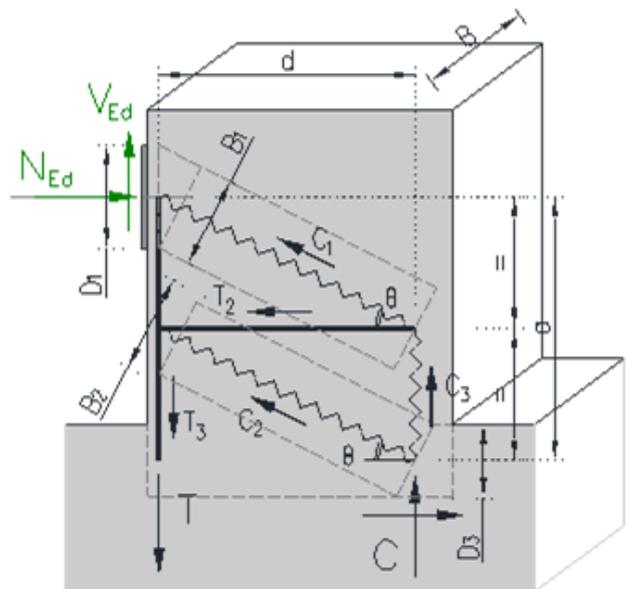
#### 12.3.1.1 Ritegni trasversali

Dato che si tratta degli stessi elementi di ritegno, fare riferimento a quanto riportato nella relazione di calcolo delle pile.

#### 12.3.1.2 Ritegni longitudinali

Si considera l'azione  $N_{Ed}=1.10 \cdot 4550 = 5005$  kN, un'armatura al corrente teso verticale di  $1\text{Ø}26/10$  e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci  $1\text{Ø}14/10/10$  ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno,  $1\text{Ø}14/10/20$  a contribuire all'aumento di resistenza per confinamento del corrente di calcestruzzo compresso.

NOME: RITEGNI LONG. L=25m				VERIFICHE LOCALI METODO STRUT-TIE (ENV 1992, CEB-FIP MC90)				Rev. 09
<b>GEOMETRIA</b>				<b>MATERIALI</b>				<b>AZIONI</b>
$D_1$ (m)	0.20	$B$ (m)	1.80	$f_{y,d}$ (MPa)	391.3	$N_{Ed}$ (kN)	5005.0	
$D_3$ (m)	0.28	$\theta$ (rad)	0.431 (24.7°)	$f_{ck}$ (MPa)	33.20	$V_{Ed}$ (kN)	0.0	
$a$ (m)	0.69			$\alpha_{cc}$	0.85			
$d$ (m)	0.75			$\nu$	0.87			
<b>VERIFICA ARMATURA</b>								
- Tiranti tesi								
$T=T_3$ (kN)	3206.8							
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	9552 (1x1Ø26/10)	$\sigma_{Ed}/f_{yd}$						
$\sigma_s$ (MPa)	335.73	85.8%	VERIFICA OK					
$T_w=T_2$ (kN)	5005.0							
$A_{sw}$ (mm <sup>2</sup> )	19109 (1Ø14/10/20)	$\sigma_{Ed}/f_{yd}$						
$\sigma_{sw}$ (MPa)	261.91	66.9%	VERIFICA OK					
<b>VERIFICA CALCESTRUZZO</b>								
- Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1)								
$A_{sh}$ (mm <sup>2</sup> )	13847 (1Ø14/10/20)	$f_{ck,c}$ (MPa)	44.9					
$\sigma_1$ (MPa)	3.01	$f_{cd,c}$ (MPa)	25.4					
$\alpha$	1.00	$\sigma_{Rd,max}$ (MPa)	22.05					
$\sigma_2$ (MPa)	3.01							
- Puntoni compressi								
$C_1$ (kN)	5509.1							
$B_1$ (m)	0.18	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd,max}$						
$\sigma_{c1}$ (MPa)	16.84	76.4%	VERIFICA OK					
$C=C_2$ (kN)	5509.1							
$B_2$ (m)	0.67	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd,max}$						
$\sigma_{c2}$ (MPa)	4.57	20.7%	VERIFICA OK					



VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	14	04	001	B	177

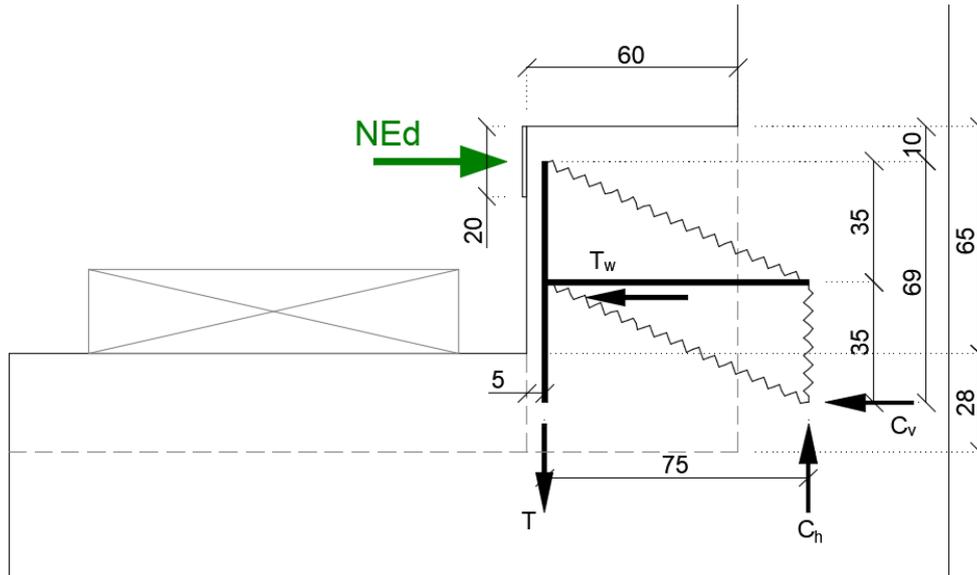


Figura 45 – Schema delle verifiche locali del ritegno longitudinale

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	178

### 13. RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

Sottostruttura	Plinto (kg/m <sup>2</sup> )	Elevazione (kg/m <sup>2</sup> )	Muri (kg/m <sup>2</sup> )	Paraghiaia (kg/m <sup>2</sup> )	Baggioli (kg/m <sup>2</sup> )	Ritegni (kg/m <sup>2</sup> )
SPALLA SP1	100	80	100	100	350	450

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	179

## 14. APPOGGI E GIUNTI

### 14.1 APPOGGI

Gli apparecchi d'appoggio sono dimensionati per le massime azioni statiche orizzontali, trasversali e verticali in condizione statica SLU e sismica SLV, con riferimento all'analisi elastica con  $q=1.00$ .

Le massime azioni sismiche assorbite dai vincoli dell'impalcato in c.a.p L=25 m sono state valutate considerando lo spettro elastico longitudinale o trasversale del primo periodo di vibrazione della pila più sollecitata in condizione sismica, nel caso del viadotto in esame quella di altezza massima H=8.0 m.

Tale assunzione risulta a favore di sicurezza anche per le spalle.

Massa efficace longitudinale (kg)	1288603	(Intera campata)
Massa efficace trasversale (kg)	687982	(Mezza campata)
Massa efficace verticale (kg)	687982	(Mezza campata)
Forza sismica longitudinale (kN)	8724	
Forza sismica trasversale (kN)	3119	
Forza sismica verticale (kN)	1757	
Spettro elastico longitudinale $S_e(T)$ (g)	0,6901	(vedi calcolo pila H=8m)
Spettro elastico trasversale $S_e(T)$ (g)	0,4622	
Spettro elastico verticale $S_{ve}(T)$ (g)	0,2603	

IMPALCATO CAP L=25m									
APPOGGI	Appoggio (F)			Appoggio (UL)			Appoggio (M)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
<b>SLU PERM</b>									
<b>Max (kN)</b>	±0	±0	+1350	±0	±0	+1350	±0	±0	+2750
<b>Min (kN)</b>	±0	±0	+1350	±0	±0	+1350	±0	±0	+2750
<b>SLU</b>									
<b>Max (kN)</b>	±300	±350	+3050	±0	±650	+3350	±0	±0	+4450
<b>Min (kN)</b>	-±850	-±50	+950	±0	-±100	+950	±0	±0	+1550
<b>SLV</b>									
<b>Max (kN)</b>	±4550	±1550	+1500	±0	±3100	+1500	±0	±0	+2450
<b>Min (kN)</b>	-±4150	-±1550	+500	±0	-±3100	+500	±0	±0	+1200
<b>TOTALE (kN)</b>	<b>±4550</b>	<b>±1550</b>	<b>±3050</b>	<b>±0</b>	<b>±3100</b>	<b>±3350</b>	<b>±0</b>	<b>±0</b>	<b>±4450</b>
<b>Spost. Max (mm)</b>	-	-	-	<b>±110</b>	-	-	<b>±110</b>	<b>±5</b>	-

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI14 da km 21+912,55 a km 21+037,55:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>14</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	180

## 14.2 ESCURSIONE DEI GIUNTI

In accordo con il p.to 2.5.2.1.5.1 del RFI DTC SICS PS MA IFS 001 A, per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio mobili può essere valutata come segue:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2D_t + 4d_{Ed} \cdot k_2 + 2d_{eg})$$

$E_1$  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 non collegate

$k_1$  coefficiente di non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo

$k_2$  coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti

$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$  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 NTC 2008

$d_{Ee}$  spostamento corrispondente al periodo di vibrazione della pila ricavato dallo spettro elastico in termini di spostamento e  $\mu_D = q$  per  $T_1 \geq T_C$  oppure  $\mu_D = 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1$  per  $T_1 < T_C$  e con la limitazione  $\mu_D \leq 5q-4$  ( $q$  è il fattore di struttura).

$d_{eg}$  spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 delle NTC 2008. Il valore di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo di un punto può calcolarsi come  $d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C T_D$

$a_g, S, T_C, T_D$  parametri sismici definiti ai capitoli precedenti

Nel caso in esame si suppone in via cautelativa che tale spostamento assoluto coincida con lo spostamento relativo tra due punti, ossia si sta valutando lo spostamento relativo della fondazione in esame rispetto ad un punto fermo.

NOME: <b>SPALLA S1</b>		CALCOLO GIUNTI IMPALCATO (MdP ITF Opere civili 2019)						Rev. 00
SPOSTAMENTO (§2.5.2.1.5.1)								
1) Termico uniforme		2) Sismico strutturale		3) Sismico fondazioni non collegate				
$E_1$ (mm)	11,3	+	$E_2$ (mm)	69,6	+	$E_3$ (mm)	166,6	
$E_T$ (mm)	±5,6		$d_{Ed}$ (mm)	±31,6		$d_{eg}$ (mm)	±83,3	
			$k_2$	0,55		$a_g$ SLV (g)	0,242	
L (mm)	25000		$\mu_d$	1,00		S	1,163	
$\alpha$ (1/°Cm)	1,00E-05		q	1,00		$T_B$ (s)	0,157	
$\Delta T$ (°C)	±22,5		$T_1$ (s)	0,000		$T_C$ (s)	0,470	
						$T_D$ (s)	2,567	
						$F_0$	2,452	
Spostamento sismico a livello giunti:								
			$d_{Ee}$ (mm)	31,6 (da calcoli)				
CORSAPPOGGI MOBILI (§2.5.2.1.5.2)		± ( $E_L/2 + \text{Min}(E_L/8; 15 \text{ mm})$ )		±98 mm				
ESCURSIONI GIUNTI (§2.5.2.1.5.3)		± ( $E_L/2 + 10 \text{ mm}$ )		±93 mm				
	OK	Escursione giunti progetto		±110 mm		← $E_L$ (mm) 166,6		
AMPIEZZA VARCHI (§2.5.2.1.5.4)		$V \geq (E_L/2 + 20 \text{ mm})$		±103 mm				
	OK	Varco impalcati progetto		±150 mm				