

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H03000180008

**DIREZIONE TECNICA
U.O. OPERE CIVILI**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA DI 2^ FASE

NPP 0258 - GRONDA MERCI DI ROMA

GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD

VI06 – VIADOTTO SALARIA - PRATI FISCALI

Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento

SCALA:

-

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

N R 4 E 2 1 R 0 9 R G V I 0 6 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva		Luglio/21		Luglio/21		Luglio/21		

File:NR4E21R09RGVI0600001A.doc

n.Elaborazione

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2.1	VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI ADOTTATE	11
3	ANALISI DEI CARICHI.....	12
3.1	PESO IMPALCATI (G1).....	12
3.2	PESO SOTTOSTRUTTURE (PULVINO, PILA, PLINTO).....	12
3.3	AZIONI VARIABILI	12
3.3.1	<i>Treni di carico</i>	12
3.3.2	<i>Forza centrifuga</i>	14
3.3.3	<i>Serpeggio</i>	14
3.3.4	<i>Avviamento e frenatura</i>	14
3.4	AZIONI DINAMICHE	15
3.5	AZIONI CLIMATICHE.....	15
3.5.1	<i>Vento</i>	15
3.6	AZIONE SISMICA (E)	15
3.6.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità</i>	15
4	GRUPPI DI CARICO E COMBINAZIONI	19
5	NORME E RIFERIMENTI	21
6	MODALITA' E CRITERI DI ANALISI	21
7	AZIONI E SOLLECITAZIONI.....	22
7.1	FONDAZIONI PILA P5.....	22
7.1.1	<i>Sollecitazioni</i>	27
7.2	SPICCATO FUSTO PILA P5	28

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	2 di 50

7.2.1	<i>Sollecitazioni</i>	29
7.3	FONDAZIONI PILA P8.....	30
7.3.1	<i>Sollecitazioni</i>	35
7.4	SPICCATO FUSTO PILA P8.....	35
7.4.1	<i>Sollecitazioni</i>	37
7.5	FONDAZIONI PILA P17.....	38
7.5.1	<i>Sollecitazioni</i>	43
7.6	SPICCATO FUSTO PILA P17.....	43
7.6.1	<i>Sollecitazioni</i>	45
8	VERIFICHE.....	46
8.1	SPICCATO FUSTO PILA P5.....	47
8.2	SPICCATO FUSTO PILA P8.....	48
8.3	SPICCATO FUSTO PILA P17.....	49

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento relativa al VI06 - Viadotto Salaria-Prati Fiscali, nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico-economica della chiusura dell'anello nord di Roma. In particolare, la relazione in oggetto fornisce una descrizione delle opere strutturali in progetto, nonché un elenco delle norme tecniche e dei documenti di riferimento per la progettazione strutturale.

Saranno infine fornite le ipotesi e le analisi preliminari per la valutazione delle azioni in fondazione necessaria alle verifiche geotecniche delle stesse effettuate sulla base della caratterizzazione geotecnica.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto VI01 è compreso approssimativamente fra la pk 3+008.00 e la pk 3+793.54. Il viadotto ferroviario, a doppio binario, è costituito da travate in acciaio-calcestruzzo.

Il viadotto ha uno sviluppo complessivo di 785,54 m ed è costituito da travate continue e isostatiche, in relazione alle esigenze plano altimetriche dettate dal tracciato e dalle interferenze con le sottostanti viabilità. Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle principali caratteristiche geometriche e costruttive del viadotto.

L'ultima campata trova appoggio sul manufatto scatolare GA02 - Galleria Artificiale Val d'Ala, per la quale si rimanda alle specifiche relazioni del presente progetto.

n.	opera	Nome	Tipo	L_campate		H_pile	Fondazione	BxLxH	L_impalcato	L_Viadotto
			-	-	X	SPA	-	-	-	
			-	40		P1	2,6	12 pali R	16x11,5x2,5	40
			-	40		P2	3,1	12 pali R	16x11,5x2,5	40
			-	40		P3	8,55	12 pali R	16x11,5x2,5	40
			-	40		P4	9	12 pali R	16x11,5x2,5	40
			-	40		P5	9,7	12 pali R	16x11,5x2,5	40
			-	40		P6	11,7	12 pali R	16x11,5x2,5	40
			-	42	X	P7	9,85	pozzo	16x11,5x2,5	139
			-	55	X	P8	10,85	pozzo	16x11,5x2,5	
			-	42	X	P9	12,9	12 pali R	16x11,5x2,5	122,19
			-	40,73	X	P10	10,15	pozzo	16x11,5x2,5	
			-	40,73	X	P11	10,85	pozzo	16x11,5x2,5	
			-	40,73	X	P12	12,75	12 pali I	16x11,5x2,5	94
			-	50	X	P13	14,2	12 pali I	16x11,5x2,5	
			-	26		P14	10,6	pozzo	16x11,5x2,5	109,2
			-	42	X	P15	9,65	pozzo	16x11,5x2,5	
			-	26		P16	8,7	12 pali	16x11,5x2,5	109,2
			-	23,75		P17	12,3	pozzo	16x11,5x2,5	
			-	54,3	X	P18	11	pozzo	16x11,5x2,5	
			-	31,15		P19	9	12 pali	16x11,5x2,5	31,15
			-	31,15		SPB	0	-		

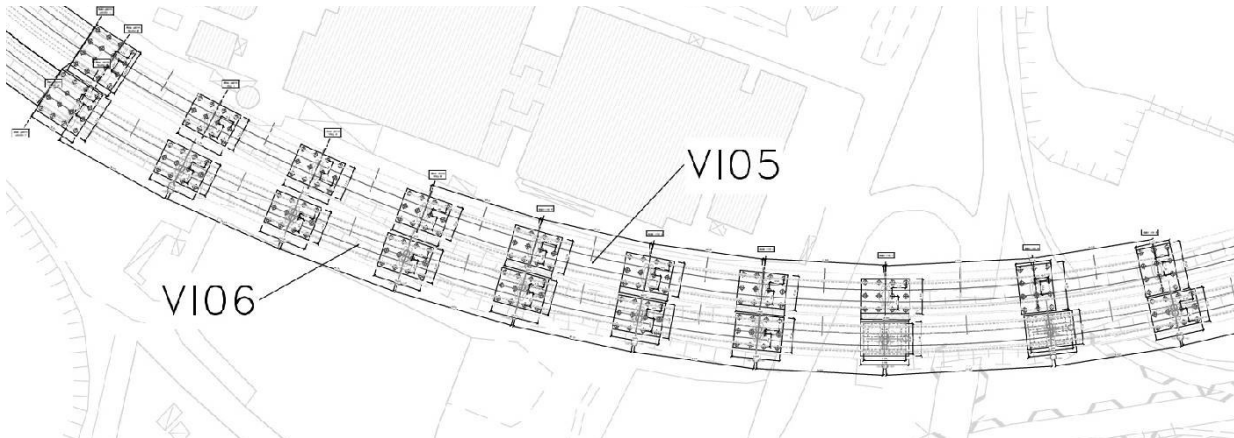


Figura 1: Inquadramento viadotto VI06 all'interno dell'area di intervento 1/2

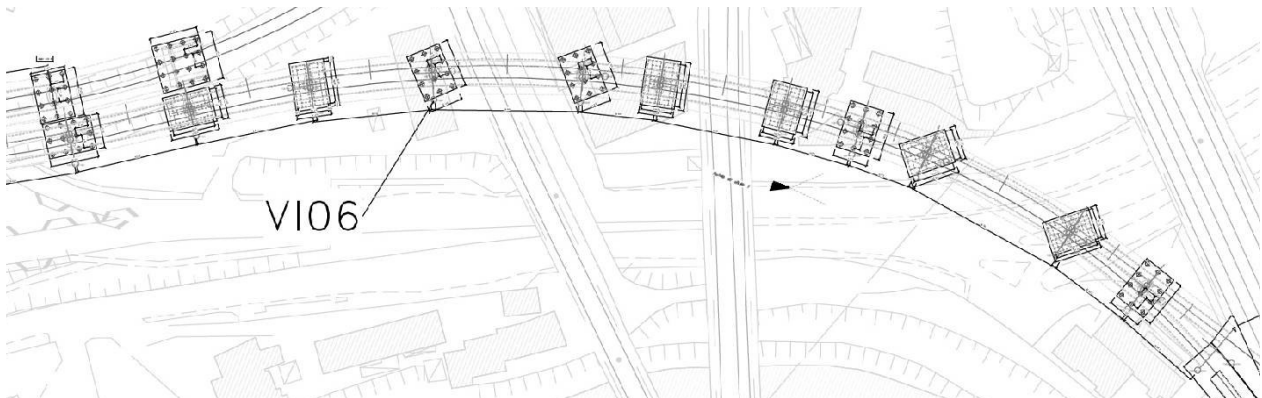


Figura 2: Inquadramento viadotto VI06 all'interno dell'area di intervento 2/2

Il viadotto consente l'attraversamento di via Salaria. Per esigenze di tracciato, l'attraversamento si sviluppa in curva. Il posizionamento delle pile e delle relative fondazioni è stato dettato dalla presenza della sottostante viabilità, al fine di ottenere i franchi minimi e di minimizzare le parzializzazioni delle sedi sottostanti (v. fig. seg.) in fase di realizzazione.



Figura 3: Inquadramento viadotto VI01- via Flaminia

Il profilo longitudinale è tale da garantire un franco adeguato ai limiti di normativa in corrispondenza della sottostante viabilità (v. figura seguente).

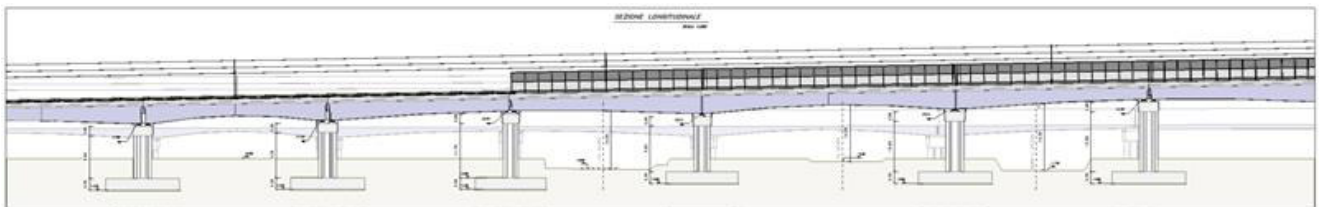


Figura 10. Profilo longitudinale

Per la realizzazione del nuovo viadotto è necessario procedere alla demolizione dei manufatti ferroviari esistenti e incompatibili con le nuove esigenze strutturali e di tracciato. In particolare, è necessario procedere alla demolizione del sottovia e delle spalle esistenti su via Salaria e di un sottovia a servizio della viabilità locale (v. fig. seg.). Inoltre, per la realizzazione dei due viadotti affiancati è prevista la demolizione del rilevato esistente. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto.



Figura 10. Demolizioni manufatti esistenti

Le pile sono realizzate in c.a. Esse presentano un fusto a sezione cava. Le fondazioni sono costituite da 12 pali trivellati $\varnothing 1500$ collegati in testa da un plinto in c.a.

Il viadotto VI06 è realizzato in adiacenza al VI05 - Viadotto Salaria, facente parte del Lotto 3 del presente progetto. La realizzazione del VI05 è prevista successivamente a quella del VI06. Le due opere sono strutturalmente sconnesse. La scansione delle pile del VI05 replica di fatto quella del viadotto VI06 (esistente, nel momento della realizzazione del VI05), al fine di ridurre l'impatto dell'inserimento dell'opera. Date le dimensioni delle fondazioni delle due opere, i plinti e le palificate delle pile sono stati "ruotati" orientando il lato lungo in direzione parallela al tracciato. Si veda ad esempio lo stralcio in figura seguente.

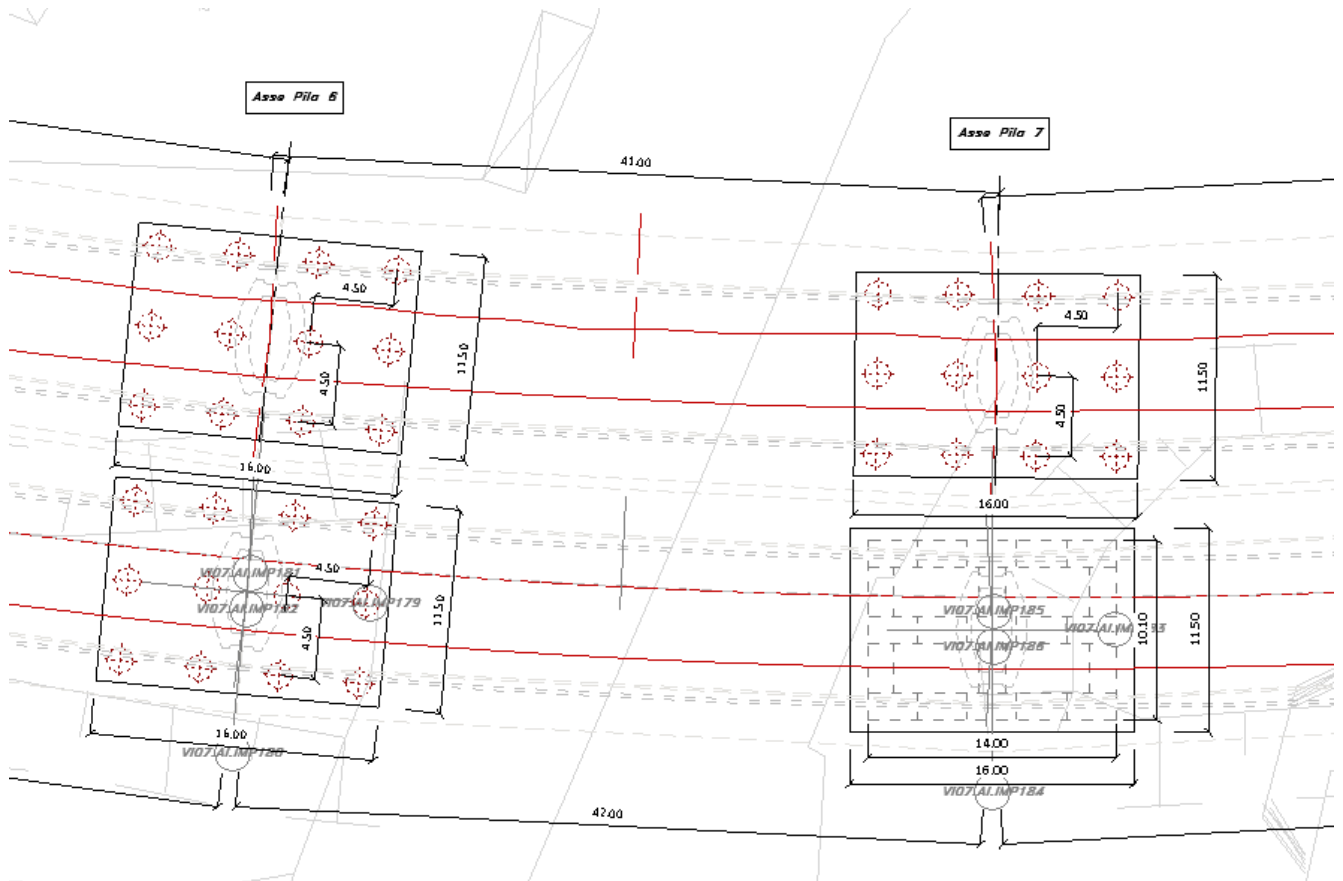


Figura 4: carpenteria pila e fondazioni Pile 6 e 7 VI05 e VI06

Le pile P11÷P19 sono ruotate in modo da limitare l'impatto delle fasi di realizzazione sulla sottostante viabilità e sulle opere esistenti (v. fig. seg.).

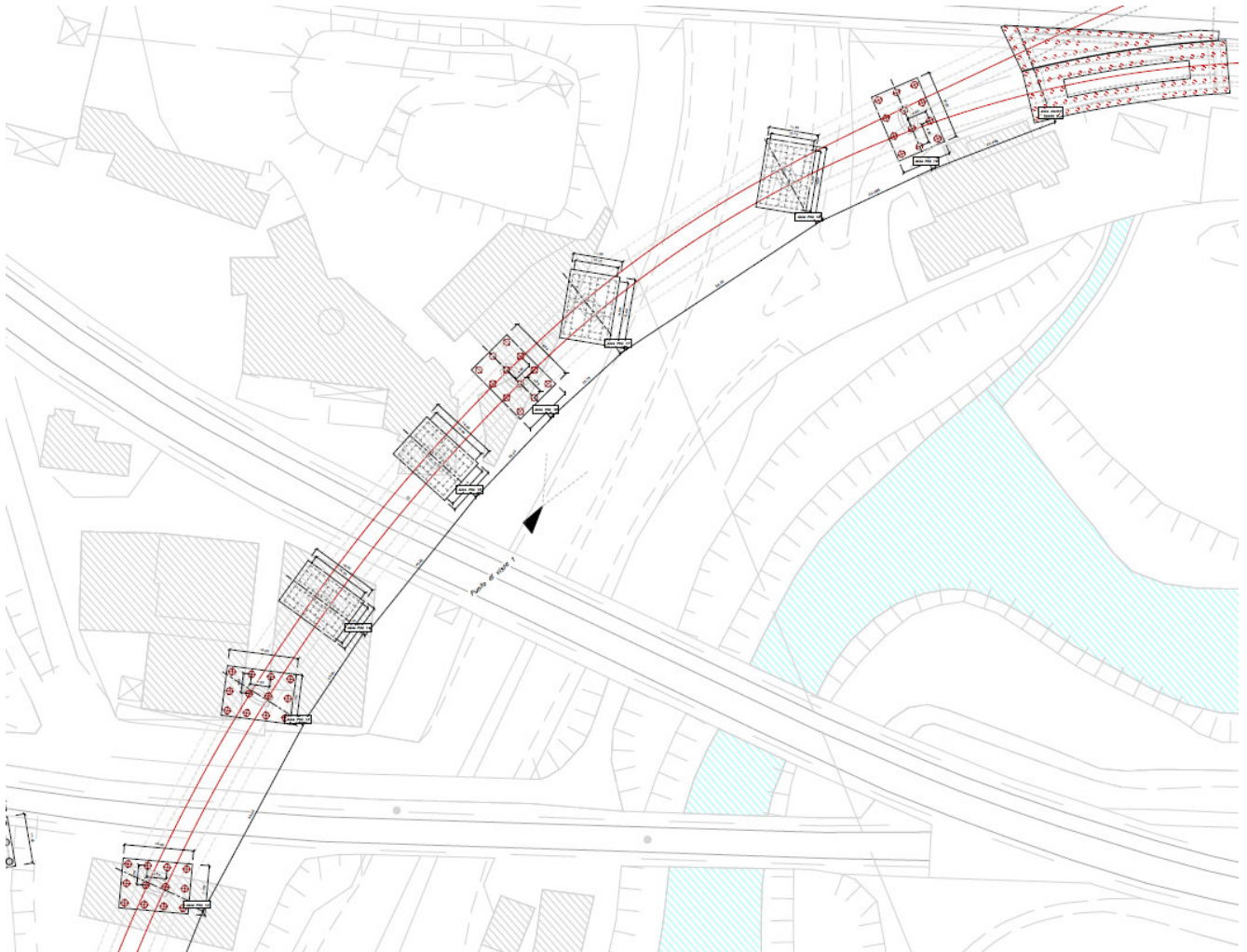


Figura 11. Pianta fondazioni - Ponte a struttura mista acciaio calcestruzzo a doppio binario

Si riportano a seguire le immagini della carpenteria della tipologia in oggetto; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

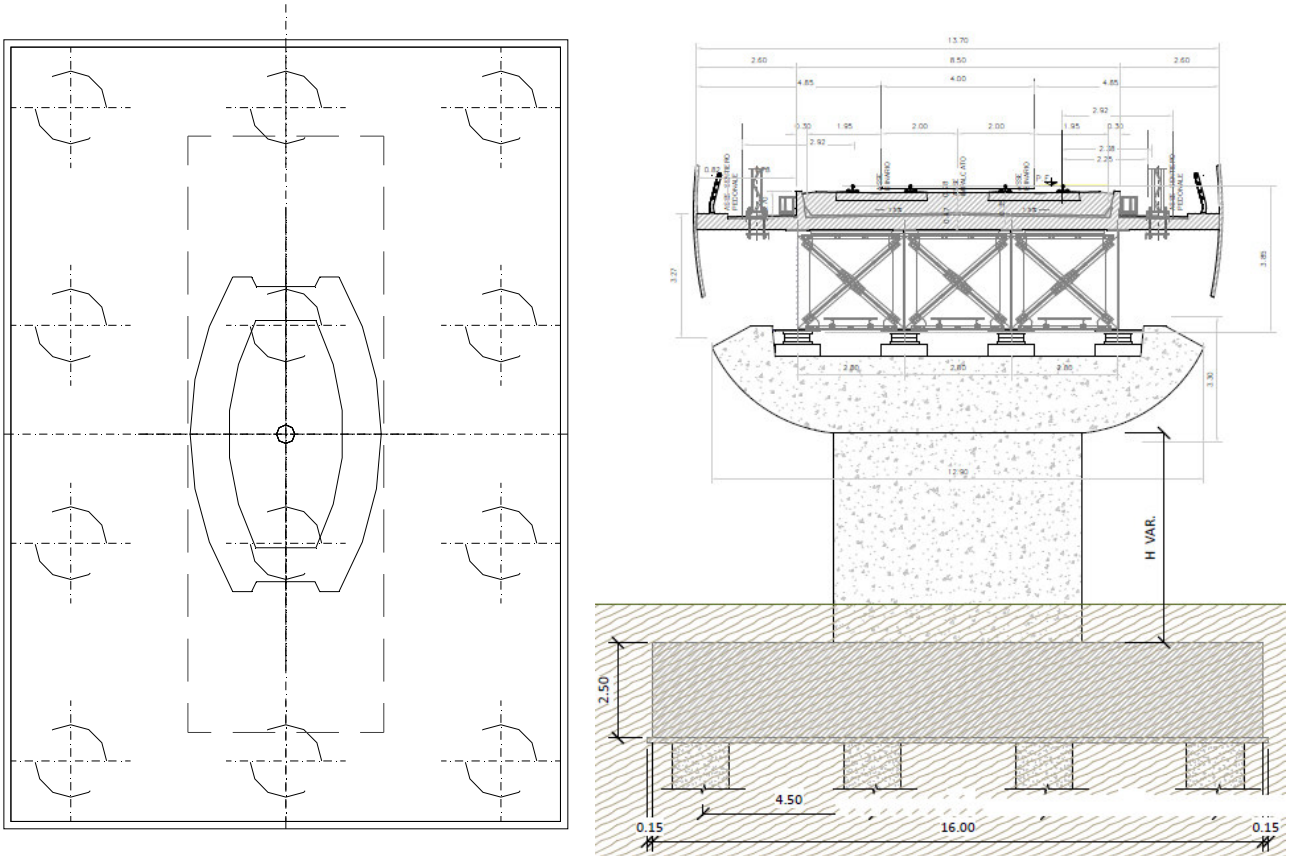


Figura 5: carpenteria pila e fondazioni

Le fondazioni delle pile 7,8,10,11,14,15,17,18 sono realizzate su pozzo; tale scelta e' derivata dalle rilevanti azioni di natura sismica cui sono sottoposte le pile per effetto dello schema di vincolo assegnato all'impalcato. Si riporta di seguito uno stralcio in pianta di una fondazione a pozzo.

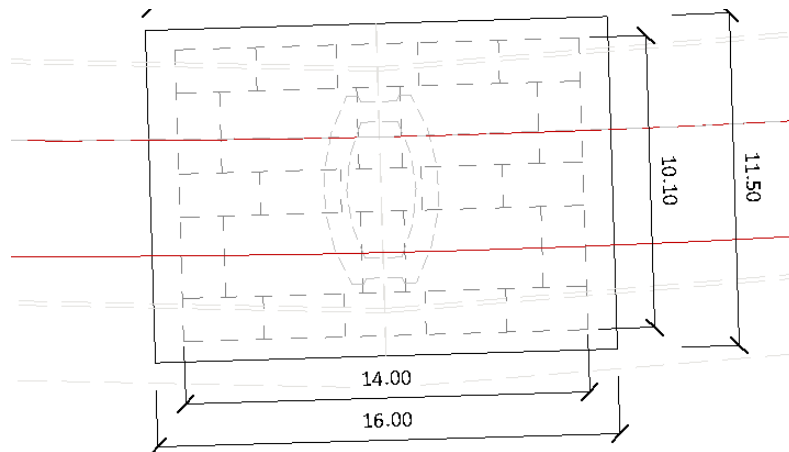


Figura 6: carpenteria fondazioni a pozzo

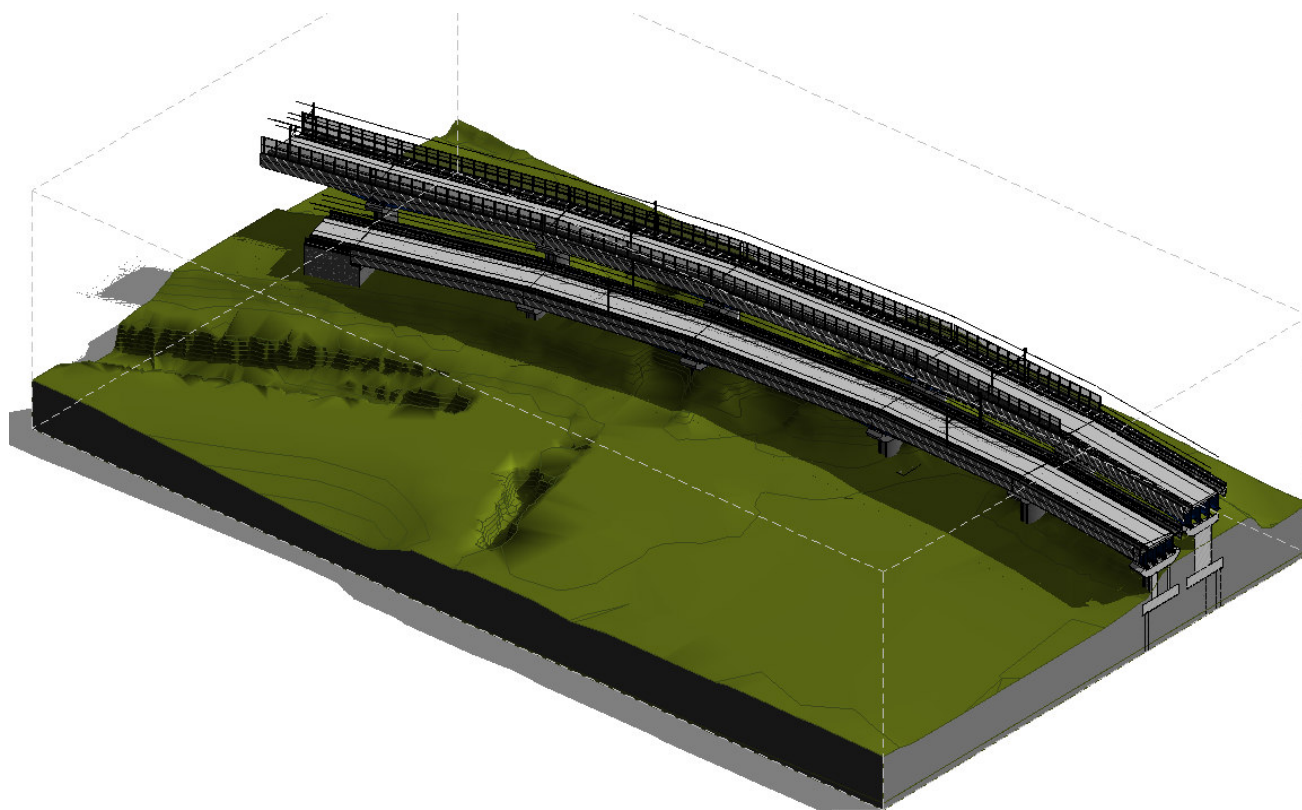


Figura 12. Vista prospettica - Ponte a struttura mista acciaio calcestruzzo a doppio binario

Le campate tra le pile P6÷P12 e P13÷P19 del viadotto sono costituite da impalcati continui di 3 campate. Sulla prima pila intermedia vengono posizionati gli appoggi fissi, sulla seconda quelli unidirezionali. Con l'obiettivo di ridurre le rilevanti azioni sismiche longitudinali che nascono per effetto della continuità degli impalcati, si prevede l'installazione di shock-transmitter in corrispondenza della "pila mobile intermedia" di ciascun impalcato continuo.

2.1 Valutazione delle soluzioni progettuali adottate

L'intervento oggetto del presente documento si sviluppa in un contesto fortemente urbanizzato e caratterizzato da numerosi vincoli legati, tra gli altri, alla viabilità preesistente e alla presenza di edifici, opere d'arte e sottoservizi. Le soluzioni progettuali adottate sono state orientate a minimizzare l'impatto sulle attività preesistenti, per quanto possibile. In questo senso l'impiego, ove possibile, di viadotti ad impalcato continuo (col conseguente aumento delle luci, a parità di altre condizioni) è orientata ad ottimizzare il numero di pile riducendo quindi l'impatto sul territorio sia in fase di esecuzione che a lungo termine.

In alcuni casi l'impiego di viadotti continui si è rivelata scelta obbligata al fine di ottenere un adeguato franco nei confronti delle viabilità esistenti, tenuto conto dei vincoli legati al tracciato ferroviario.

In considerazione di quanto sopra, gli impalcati a sezione mista acciaio-calcestruzzo sono stati ritenuti la soluzione ottimale in relazione ai costi, allo schema statico ipotizzato e alle masse strutturali, con la conseguente riduzione delle dimensioni delle opere di fondazione.

Anche l'impiego di shock transmitter ha l'obiettivo di ottimizzare le dimensioni delle fondazioni degli impalcati continui, mantenendo allo stesso tempo schemi di vincolo compatibili con le esigenze derivanti dall'esercizio ferroviario.

Le fondazioni a pozzo sono state adottate per quelle pile caratterizzate da azioni sismiche tali da non essere di fatto compatibili con fondazioni su pali; tale soluzione infatti evita di realizzare palificate di maggiori dimensioni, con la conseguente riduzione dell'impatto sul territorio delle fasi costruttive.

Le sezioni sono predisposte per l'impiego di barriere antirumore, ove necessario, al fine di ottenere il rispetto dei vincoli di norma su recettori presenti.

Infine, rispetto ad altre soluzioni, gli impalcati a sezione mista acciaio-calcestruzzo presentano vantaggi dal punto di vista della flessibilità in fase di realizzazione, essendo idonei sia al varo di punta che a soluzioni che prevedono il sollevamento dal basso, in configurazione preassemblata per conci di grandi dimensioni. Tale condizione consente di ottimizzare anche i tempi di realizzazione, elemento fondamentale per minimizzare l'impatto della realizzazione in un contesto fortemente urbanizzato come quello in essere.

3 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi considerati nelle valutazioni effettuate, rimandando ai successivi § del presente documento per la valutazione delle azioni.

3.1 Peso impalcati (G1)

Il peso degli impalcati viene considerato coerentemente con la tipologia costruttiva e differenziato sulla base delle luci di calcolo. In particolare, si considerano i seguenti carichi, comprensivi del peso proprio e di tutti i permanenti portati.

$$q = 40 \text{ t/m per } L < 40 \text{ m DB}$$

$$q = 43 \text{ t/m per } L > 40 \text{ m DB}$$

3.2 Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

Di seguito si riporta la stima dei pesi propri considerati.

3.3 Azioni variabili

3.3.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente " α " che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Tabella 1 – coefficienti α per modelli di carico

Non si considera il modello di carico SW/0 perché l'impalcato non è continuo.

3.3.1.1 Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.

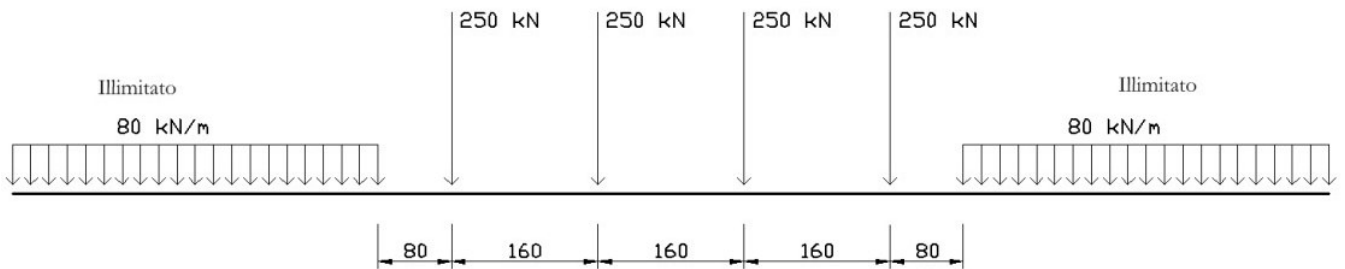


Figura 7 – Treno di carico LM71

3.3.1.2 Treno di carico SW/2-SW/0

Il Treno di carico SW/2-SW/0 è schematizzato nella figura seguente.

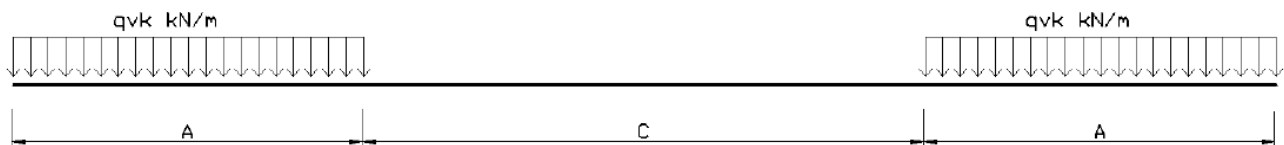


Figura 8 – Treno di carico SW

Tipo di carico	Qvk [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

Tabella 2 – caratterizzazione treni di carico SW

Nel presente documento, si è considerato solo il modello di carico SW/2.

3.3.2 Forza centrifuga

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 azioni centrifughe sono state valutate secondo le seguenti espressioni:

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

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

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo quanto riportato nella seguente tabella.

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	$1 \times 1 \times SW/2$	$\Phi \times 1 \times SW/2$
	< 100	V	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	
LM71 e SW/0	> 120	V	1	f	$1 \times f \times (LM71'' + SW/0)$	$\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$	$\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$
	≤ 120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$	

Tabella 3 – Parametri per determinazione della forza centrifuga

Nella valutazione delle azioni centrifughe sono state considerate velocità e raggi di curvatura coerenti con i vincoli di tracciato.

3.3.3 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a $Q_{sk}=100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α , ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

3.3.4 Avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento si considera come azione agente sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso, come carico uniformemente distribuito. A vantaggio di sicurezza si trascurano gli effetti di interazione binario struttura.

Si considerano i seguenti valori delle azioni:

Avviamento

$Q_{la} = 33 \times L = < 1000$ kN per LM71 e SW/2

Frenatura

Qlb = 20 x L < 6000 kN per LM71
Qlb = 35 x L per SW/2

Come previsto dalla normativa, si considerano due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura. Le azioni di frenatura ed avviamento si combinano con i relativi carichi da traffico verticali.

3.4 Azioni dinamiche

Le valutazioni effettuate nel presente documento si riferiscono alle sottostrutture (pile e fondazioni). Le azioni dinamiche sono state pertanto trascurate.

3.5 Azioni climatiche

3.5.1 Vento

Si assume convenzionalmente e cautelativamente una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2.50 kN/mq.

3.6 Azione Sismica (E)

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

3.6.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica conduce alla determinazione delle azioni sismiche di progetto da applicare sulla struttura in esame.

A tal fine è necessario definire la localizzazione geografica del sito, la classe d'uso e la vita nominale dell'opera strutturale (VN), quest'ultima intesa come il numero di anni nel quale la struttura, soggetta ad una manutenzione ordinaria, assolva alla funzione per la quale è stata progettata.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: VN = 75 anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità

V<250 Km/h") ed una classe d'uso IV a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): Cu =

2.0.

I parametri di pericolosità sismica vengono valutati in relazione ad un periodo di riferimento VR calcolato come il prodotto tra la vita nominale Vn ed il coefficiente d'uso Cu:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a **VR = 75x2.0 = 150 anni**

Altri parametri che concorrono alla valutazione delle azioni sismiche sono riportati di seguito:

- Categoria sottosuolo **C**
- Categoria topografica **T1**

Si rimanda alle successive fasi di progettazione una valutazione più accurata della risposta sismica locale.

In questa fase, al fine di semplificare il dimensionamento delle fondazioni, stata condotta una valutazione della variabilità dei parametri sismici in corrispondenza delle opere analoghe a quella oggetto del presente documento, per lo SLV. Come prevedibile, si è riscontrata una sostanziale omogeneità dei parametri caratterizzanti l'azione sismica al variare della posizione delle opere. Si riporta di seguito una sintesi del confronto.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Opera	VI01	VI02	VI04	VI05	VI06	VI07	VI08	VI09
Lat.rif.	41,951182	41,942087	41,943127	41,941602	41,943548	41,943012	41,943616	41,943006
Long.rif.	12,482794	12,502391	12,500542	12,505840	12,512381	12,515050	12,509654	12,513967
STATO LIMITE	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV
Cat.Sottosuolo	C	C	C	C	C	C	C	C
Cat.Topogr.	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1
a_g	0,136	0,139	0,139	0,140	0,142	0,142	0,140	0,143
F_0	2,711	2,694	2,693	2,689	2,687	2,684	2,689	2,682
F_v	1,350	1,356	1,355	1,358	1,367	1,365	1,358	1,369
$S_{S(\text{orizzontale})}$	1,479	1,475	1,475	1,474	1,471	1,471	1,474	1,470
$S_{S(\text{verticale})}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$S_T (h/H=1)$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$q_{\text{orizzontale}}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$q_{\text{verticale}}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

$S_{\text{(orizzontale)}}$	1,479	1,475	1,475	1,474	1,471	1,471	1,474	1,470
$S_{\text{(verticale)}}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta = 1/q_{\text{orizzontale}}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta = 1/q_{\text{verticale}}$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$a_{g,0}$	0,201	0,205	0,205	0,206	0,209	0,209	0,206	0,210
$a_{g,0,max}$	0,545	0,552	0,552	0,555	0,561	0,561	0,555	0,564
$a_{g,v}$	0,136	0,139	0,139	0,140	0,142	0,142	0,140	0,143
$a_{g,v,max}$	0,184	0,188	0,188	0,190	0,194	0,194	0,190	0,196

Tabella 4 – Confronto Parametri per determinazione dell'azione sismica

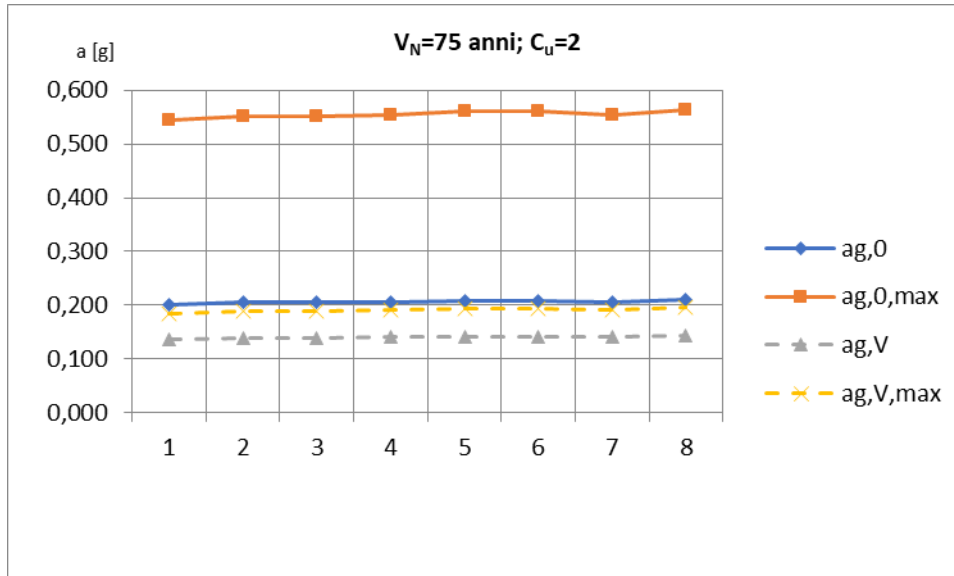


Figura 9 – Azione Sismica – Confronto Accelerazioni

Si riporta di seguito la valutazione degli spettri effettuata per uno dei siti considerati.



I valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono riportati in Tabella 5:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0,061	2,574	0,285
SLD	151	0,071	2,597	0,295
SLV	1424	0,130	2,752	0,343
SLC	2475	0,147	2,792	0,355

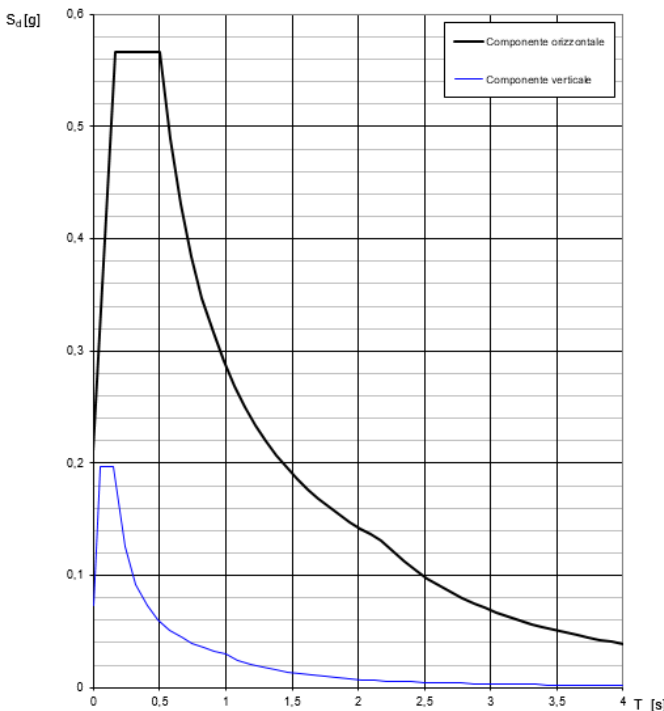
Tabella 5: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica

In cui:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno al piano campagna, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 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;
- S coefficiente che contempla l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

In Tabella 6 si riportano i valori dei funzionali e le coordinate dei punti del solo spettro di risposta sismica relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

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



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a_g	0,130 g
F_0	2,752
T_C^*	0,343 s
S_S	1,486
C_C	1,494
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti	
S	1,486
η	1,000
T_H	0,171 s
T_C	0,513 s
T_D	2,118 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_H \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

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

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

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 η con η/q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S _d [g]
0,000	0,193
0,171	0,530
0,513	0,530
0,589	0,461
0,666	0,408
0,742	0,366
0,819	0,332
0,895	0,304
0,972	0,280
1,048	0,259
1,125	0,242
1,201	0,226
1,277	0,213
1,354	0,201
1,430	0,190
1,507	0,180
1,583	0,172
1,660	0,164
1,736	0,157
1,813	0,150
1,889	0,144
1,965	0,138
2,042	0,133
2,118	0,128
2,208	0,118
2,298	0,109
2,387	0,101
2,477	0,094
2,566	0,087
2,656	0,082
2,746	0,076
2,835	0,072
2,925	0,067
3,014	0,063
3,104	0,060
3,194	0,056
3,283	0,053
3,373	0,051
3,462	0,048
3,552	0,046
3,642	0,044
3,731	0,041
3,821	0,039
3,910	0,038
4,000	0,036

Tabella 6: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV

La valutazione delle sollecitazioni è stata svolta con il metodo pseudo statico, eseguendo un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura **1.0 per le fondazioni**. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Alla luce di quanto sopra, la valutazione delle azioni sismiche è stata condotta con riferimento a pseudo-accellerazioni costanti in direzione orizzontale e verticale rispettivamente pari a 0,57g e 0,20g.

4 GRUPPI DI CARICO E COMBINAZIONI

Le analisi sono state condotte, in via semplificata, in riferimento ai gruppi di carico e alle combinazioni di carico previste dalla normativa. In particolare, sono stati considerati i gruppi di carico 1 e 3 per la massimizzazione delle azioni verticali, laterali e longitudinali.

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

Tabella 7: Coefficienti per la Valutazione carichi da traffico

Si riporta di seguito una tabella di sintesi relativa ai coefficienti considerati per la definizione delle combinazioni SLU e SLV.

	Permanenti	Traffico Gruppo 1	Traffico Gruppo 3	Vento	Sisma x	Sisma y	Sisma z
SLU	Comb.1	1,35	0	0	0	0	0
	Comb.2	1,35	1,45	0	0	0	0
	Comb.3	1,35	0	1,45	0	0	0
	Comb.4	1,35	1,45	0	0,9	0	0
	Comb.5	1,35	0	1,45	0,9	0	0
	Comb.6	1,35	1,16	0	1,5	0	0
	Comb.7	1,35	0	1,16	1,5	0	0
SLV	Comb.8	1	0	0	1	0,3	0,3
	Comb.9	1	0	0	0,3	1	0,3
	Comb.10	1	0	0	0	0,3	0,3
	Comb.11	1	0	0	0	1	0,3
	Comb.12	1	0	0	0	0,3	1
	Comb.13	1	0	0	0	0,3	0,3
	Comb.14	1	0,2	0	0	1	0,3
	Comb.15	1	0,2	0	0	0,3	1
	Comb.16	1	0,2	0	0	0,3	0,3

	Permanenti	Traffico Gruppo 1	Traffico Gruppo 3	Vento	Sisma x	Sisma y	Sisma z
Comb.17	1	0,2	0	0	1	0,3	-0,3
Comb.18	1	0,2	0	0	0,3	1	-0,3
Comb.19	1	0,2	0	0	0,3	0,3	-1
Comb.20	1	0	0,2	0	1	0,3	0,3
Comb.21	1	0	0,2	0	0,3	1	0,3
Comb.22	1	0	0,2	0	0,3	0,3	1
Comb.23	1	0	0,2	0	1	0,3	-0,3
Comb.24	1	0	0,2	0	0,3	1	-0,3
Comb.25	1	0	0,2	0	0,3	0,3	-1
Comb.26	1	1	0	0	1	0	0
Comb.27	1	1	0	0	0	1	0
Comb.28	1	1	0	0	0	0	1

Tabella 8: Combinazioni SLU/SLV

5 NORME E RIFERIMENTI

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

- [N1] Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica.
- [N2] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [N3] CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N4] RFI DTC SIPS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N5] RFI DTC SI SP IFS 001 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N6] Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.

6 MODALITA' E CRITERI DI ANALISI

Le analisi strutturali sono state condotte con approccio semplificato. Le azioni statiche sono state considerate in riferimento alle effettive condizioni di vincolo degli impalcati e ai relativi schemi statici. La valutazione delle azioni e delle sollecitazioni sismiche, come detto è stata effettuata con il metodo pseudo statico, considerando le masse e l’effettiva geometria del viadotto. Sono stati individuati i casi più critici e rappresentativi delle soluzioni di progetto adottate; per tali casi è stata effettuata la valutazione delle sollecitazioni in fondazione, per consentire le opportune verifiche strutturali.

In questo caso sono stati individuati 2 casi tipo, corrispondenti alla pila P5 e alla pila P15, corrispondenti alle situazioni più severe rispettivamente per gli impalcati continui e per quelli isostatici.

Opera	schema statico	Luci			Pila	h _{pila}	caso	Famiglia Pila/Fond	Numero pali	v	R
		m	m	m							
-	-				-	m	-		-		
VI06	Appoggio	40	40	0	P5	9,7	7	B	12	60	582
VI06	Continuo	42	55	42	P8	10,85	8	A	pozzo	60	465
VI06	Continuo	23,75	54,3	31,15	P17	12,3	9	F	pozzo	60	254

Per la pila P8, l'azione sismica longitudinale è stata ripartita tra la P7 e la P8, mentre per la pila P17, l'azione sismica longitudinale è stata ripartita tra la P17 e la P18, data la presenza degli shock-transmitter.

7 AZIONI E SOLLECITAZIONI

7.1 Fondazioni pila P5

Si riporta di seguito la valutazione delle azioni e delle sollecitazioni in coerenza con i carichi e i metodi esposti in precedenza nel presente documento.

Peso Impalcato

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	40	400	0	0
2	40	400	1	16000
3	0	0	0	0
				16000

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	40	400	0,5	8000
2	40	400	0,5	8000
				16000

Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

	A	H÷S	V	γ	P
	mq	m	mc	kN/mc	kN
Pulvino	23,76	4,3	100,018	25	2500
Fusto pila	12,2	9,7	118,34	25	2959
Plinto	184	2,5	460	25	11500

Treni di carico

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	23 di 50

LM71			SW0			SW2		
Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante	Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante	Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante
m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	m	kNm	kN
35	106,26	110,06	35	101,45	114,33	35	138,37	140,33
40	103,25	106,51	40	100,89	112,63	40	129,78	136,38

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2	
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN	
1	40	107	0	136	0	0	0	0	
2	40	107	0	136	1	4280	0	5440	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	
80						4280	0	5440	
						Qmax	6888	3990	7500

α	1,1	1,1	1
	4708	0	5440

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2	
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN	
1	40	107	0	136	0,5	2140	0	2720	
2	40	107	0	136	0,5	2140	0	2720	
						4280	0	5440	
						α	1,1	1,1	1
						4708	0	5440	

Forza Centrifuga

Tipo	treno	Q _{vk}	q _{vk}	V	R	f	Q _{tk}	q _{tk}
		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	0	106	60	582	1	0,0	5,2
2	SW/0	0	0	60	582	1	0,0	0,0
3	SW/2	0	136	60	582	1	0,0	6,6

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2	
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN	
1	40	5,2	0,0	6,6	0,5	103	0	132	
2	40	5,2	0,0	6,6	0,5	103	0	132	
						207	0	265	
						α	1,1	1,1	1

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	24 di 50

227	0	265
-----	---	-----

Serpeggio

	Qsk-LM71	Qsk-SW0	Qsk-SW2
	kN	kN	kN
	100	0	100
α	1,1	1,1	1
	110	0	100

Avviamento

Campata	Luce	$q_{ia,k}$	$Q^*_{ia,k}$
-	m	kN/m	kN
1	40	33	1320
2	40	33	1320
3	0	33	0
			2640

$Q_{ia,k}$		kN
α	1,1	-
	1100	kN

Frenatura

LM71 - SW/0

Campata	Luce	incidenza	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	-	kN/m	kN
1	40	0	20	0
2	40	1	20	800
3	0	0	20	0
				800

$Q_{ib,k,LM71-SW0,max}$		kN
$Q_{ib,k,LM71-SW0}$	800	kN
α	1,1	-
	880	kN

SW/2

Campata	Luce	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	kN/m	kN

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	25 di 50

1	40	35	1400
2	40	35	1400
3	0	35	0
			2800

$Q_{Ib,k,SW2,max}$ **1995** kN $(35 \times (25 + 7 + 2 \times 5))$

$Q_{Ib,k,LM71-SW0}$ 1995 kN

Vento

q_{wk} 2,5 kN/mq

Carico Orizzontale su Pila

Campata	Luce	h	q_{wk}	incidenza	Q_{hw}
-	m	m	kN/m	-	kN
1	40	9	2,5	0,5	450
2	40	9	2,5	0,5	450
					900

Gruppi di Carico

Carico	R_z	$R_{L_{long}}$	$R_{Trasv.}$	coeff.	gruppo 1			gruppo 3					
					R_z	$R_{L_{long}}$	$R_{Trasv.}$	coeff.	R_z	$R_{L_{long}}$	$R_{Trasv.}$		
-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN		
LM71 binario 1	4708	0	0	1,0	4708	0	0	1,0	4708	0	0		
LM71/SW0/SW2 binario 2	5440	0	0	1,0	5440	0	0	1,0	5440	0	0		
Frenatura	0	1995	0	0,5	0	998	0	1,0	0	1995	0		
Avviamento	0	1100	0	0,5	0	550	0	1,0	0	1100	0		
Centrifuga	0	0	492	1,0	0	0	492	0,5	0	0	246		
Serpeggio	0	0	220	1,0	0	0	220	0,5	0	0	110		
					10148	1548	712				10148	3095	356

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.

0,570 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2030 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

16000 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	16000	0	9120	0
carichi da traffico	2030	0	1157	0
Pulvino	2500	0	1425	0
Fusto pila	2959	0	1686	0
Plinto	11500	0	6555	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,570 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2030 kN

Massa sismica Trasversale Impalcato

16000 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	16000	0	0	9120
carichi da traffico	2030	0	0	1157
Pulvino	2500	0	0	1425
Fusto pila	2959	0	0	1686
Plinto	11500	0	0	6555

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2030 kN

Massa sismica Verticale Impalcato

16000 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
	kN	kN	kN

Impalcato	16000	3200	0	0
carichi da traffico	2030	406	0	0
Pulvino	2500	500	0	0
Fusto pila	2959	592	0	0
Plinto	11500	2300	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	4,0 m
$h_{pulgino}$	2,0 m
h_{pila}	9,70 m
h_{plinto}	2,5 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

7.1.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose, Per le verifiche delle fondazioni si rimanda al corrispondente elaborato di dettaglio.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	59209	44495	59209	44495	56266	44495	59209	44495	56266	44495
$R_{Long.}$	kN	2244	0	4569	0	1930	0	4569	0	1930	0
$R_{Trasv.}$	kN	1033	0	1326	0	2176	0	1326	0	2176	0
$M_{Long.}$	kN-m	40839	0	83192	0	35195	0	83192	0	35195	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	20220	0	25257	0	41421	0	25257	0	41421	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	47100	28966	43107	43107	43107	43107	43107	43107	43107	43107
$R_{Long.}$	kN	1548	3735	13996	1548	1548	13996	13996	1548	1548	13996
$R_{Trasv.}$	kN	712	3735	712	13161	13161	712	712	13161	13161	712
$M_{Long.}$	kN-m	28165	56437	216287	28165	28165	216287	216287	28165	28165	216287
$M_{Trasv.}$	kN-m	13945	56437	13945	202068	202068	13945	13945	202068	202068	13945

7.2 Spiccato fusto pila P5

La valutazione delle azioni è identica a quella riportata per le fondazioni (e verrà pertanto omessa), con l'eccezione delle azioni sismiche. Queste ultime sono state valutate in riferimento a un coeff. $q=1,5$. Si riporta di seguito la valutazione delle azioni sismiche.

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.	0,38 g	(0.2 carico max da traffico LM71+SWx)
Massa per carichi da traffico (totale)	2030 kN	
Massa sismica Longitudinale Impalcato	16000 kN	

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	16000	0	6080	0
carichi da traffico	2030	0	771	0
Pulvino	2500	0	950	0
Fusto pila	2959	0	1124	0
Plinto	0	0	0	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.	0,38 g	(0.2 carico max da traffico LM71+SWx)
Massa per carichi da traffico (totale)	2030 kN	
Massa sismica Trasversale Impalcato	16000 kN	

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	16000	0	0	6080
carichi da traffico	2030	0	0	771
Pulvino	2500	0	0	950
Fusto pila	2959	0	0	1124
Plinto	0	0	0	0

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.	0,2 g
-------------------------------------	-------

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	30 di 50

R _{Long.}	kN	1548	2490	9847	1548	1548	9847	9847	1548	1548	9847
R _{Trasv.}	kN	712	2490	712	9011	9011	712	712	9011	9011	712
M _{Long.}	kN-m	24296	31400	128963	24296	24296	128963	128963	24296	24296	128963
M _{Trasv.}	kN-m	12164	31400	12164	116832	116832	12164	12164	116832	116832	12164

7.3 Fondazioni pila P8

Si riporta di seguito la valutazione delle azioni e delle sollecitazioni in coerenza con i carichi e i metodi esposti in precedenza nel presente documento.

Peso Impalcato

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	42	400	1	16800
2	55	430	1	23650
3	42	400	1	16800
				57250

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	42	400	0,625	10500
2	55	430	0,5	11825
				22325

Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

	A	H÷S	V	γ	P
	mq	m	mc	kN/mc	kN
Pulvino	23,76	4,3	100,018	25	2500
Fusto pila	12,2	10,85	132,37	25	3309
Plinto	184	2,5	460	25	11500

Treni di carico

LM71	SW0	SW2
-------------	------------	------------

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	31 di 50

Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante	Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante	Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante
m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	m	kNm	kN
42	102,23	105,32	42	100,59	111,27	42	127,16	135,40
55	97,30	99,58	55	93,20	99,41	55	120,10	132,94

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN
1	42	105	111	135	1	4410	4662	5670
2	55	100	100	133	1	5500	5500	7315
3	42	105	111	135	1	4410	4662	5670
	139					14320	14824	18655
					Qmax	11608	3990	7500

α	1,1	1,1	1
	12769	4389	7500

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN
1	42	105	111	135	0,625	2756	2914	3544
2	55	100	100	133	0,5	2750	2750	3658
						5506	5664	7201
					α	1,1	1,1	1
						6057	6230	7201

Forza Centrifuga

Tipo	treno	Q _{vk}	q _{vk}	V	R	f	Q _{tk}	q _{tk}
		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	0	105	60	465	1	0,0	6,4
2	SW/0	0	111	60	465	1	0,0	6,8
3	SW/2	0	135	60	465	1	0,0	8,2

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN
1	42	6,4	6,8	8,2	0,625	168	178	216
2	55	6,4	6,8	8,2	0,5	168	178	216
						336	355	432
					α	1,1	1,1	1
						370	391	432

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	32 di 50

Serpeggio

	Qsk-LM71	Qsk-SW0	Qsk-SW2
	kN	kN	kN
	100	100	100
α	1,1	1,1	1
	110	110	100

Avviamento

Campata	Luce	$q_{ia,k}$	$Q^*_{ia,k}$
-	m	kN/m	kN
1	42	33	1386
2	55	33	1815
3	42	33	1386
			4587

$Q_{ia,k}$	1000	kN
α	1,1	-
	1100	kN

Frenatura

LM71 - SW/0

Campata	Luce	incidenza	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	-	kN/m	kN
1	42	1	20	840
2	55	1	20	1100
3	42	1	20	840
				2780

$Q_{ib,k,LM71-SW0,max}$	6000	kN
$Q_{ib,k,LM71-SW0}$	2780	kN
α	1,1	-
	3058	kN

SW/2

Campata	Luce	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	kN/m	kN

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	33 di 50

1	42	35	1470
2	55	35	1925
3	42	35	1470
			4865

$Q_{Ib,k,SW2,max}$ **1995** kN (35x(25+7+25))

$Q_{Ib,k,LM71-SW0}$ 1995 kN

Vento

q_{wk} 2,5 kN/mq

Carico Orizzontale su Pila

Campata	Luce	h	q_{wk}	incidenza	Q_{hw}
-	m	m	kN/m	-	kN
1	42	9	2,5	0,625	591
2	55	9	2,5	0,5	619
					1209

Gruppi di Carico

Carico	R_z	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	gruppo 1			gruppo 3				
				coeff.	R_z	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	coeff.	R_z	$R_{Lon. g.}$	$R_{Tras v.}$
-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN
LM71 binario 1	6057	0	0	1,0	6057	0	0	1,0	6057	0	0
LM71/SW0/SW2 binario 2	7201	0	0	1,0	7201	0	0	1,0	7201	0	0
Frenatura	0	3058	0	0,5	0	1529	0	1,0	0	3058	0
Avviamento	0	1100	0	0,5	0	550	0	1,0	0	1100	0
Centrifuga	0	0	802	1,0	0	0	802	0,5	0	0	401
Serpeggio	0	0	220	1,0	0	0	220	0,5	0	0	110
					13258	2079	1022				
								13258	8	4158	511

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.

0,57 g

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	34 di 50

Massa per carichi da traffico (totale)

5108

kN

(0.2 carico max da traffico

LM71+SWx)

Massa sismica Longitudinale Impalcato

57250

kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	57250	0	32633	0
carichi da traffico	5108	0	2911	0
Pulvino	2500	0	1425	0
Fusto pila	3309	0	1886	0
Plinto	11500	0	6555	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,57

g

Massa per carichi da traffico (totale)

2652

kN

(0.2 carico max da traffico

LM71+SWx)

Massa sismica Trasversale Impalcato

22325

kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	22325	0	0	12725
carichi da traffico	2652	0	0	1511
Pulvino	2500	0	0	1425
Fusto pila	3309	0	0	1886
Plinto	11500	0	0	6555

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2

g

Massa per carichi da traffico (totale)

2652

kN

(0.2 carico max da traffico

LM71+SWx)

Massa sismica Verticale Impalcato

22325

kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	22325	4465	0	0
carichi da traffico	2652	530	0	0
Pulvino	2500	500	0	0
Fusto pila	3309	662	0	0
Plinto	11500	2300	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	5,4 m
$h_{pulsino}$	2,0 m
h_{pila}	10,9 m
h_{plinto}	2,5 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

7.3.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose, Per le verifiche delle fondazioni si rimanda al corrispondente elaborato di dettaglio.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	72731	53507	72731	53507	68886	53507	72731	53507	68886	53507
$R_{Long.}$	kN	3015	0	6138	0	2593	0	6138	0	2593	0
$R_{Trasv.}$	kN	1481	0	1829	0	2999	0	1829	0	2999	0
$M_{Long.}$	kN-m	62552	0	127341	0	53769	0	127341	0	53769	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	33065	0	38900	0	63731	0	38900	0	63731	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	59050	33477	52893	52893	52893	52893	52893	52893	52893	52893
$R_{Long.}$	kN	2079	6325	23162	2079	2079	23162	23162	2079	2079	23162
$R_{Trasv.}$	kN	1022	5264	1022	18570	18570	1022	1022	18570	18570	1022
$M_{Long.}$	kN-m	43139	108908	406165	43139	43139	406165	406165	43139	43139	406165
$M_{Trasv.}$	kN-m	22804	89843	22804	322281	322281	22804	22804	322281	322281	22804

7.4 Spiccato fusto pila P8

La valutazione delle azioni è identica a quella riportata per le fondazioni (e verrà pertanto omessa), con l'eccezione delle azioni sismiche. Queste ultime sono state valutate in riferimento a un coeff. $q=1,5$. Si riporta di seguito la valutazione delle azioni sismiche.

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.

0,38 g

Massa per carichi da traffico (totale)

5108 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Longitudinale Impalcato

57250 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	57250	0	21755	0
carichi da traffico	5108	0	1941	0
Pulvino	2500	0	950	0
Fusto pila	3309	0	1258	0
Plinto	0	0	0	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,38 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2652 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Trasversale Impalcato

22325 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	22325	0	0	8484
carichi da traffico	2652	0	0	1008
Pulvino	2500	0	0	950
Fusto pila	3309	0	0	1258
Plinto	0	0	0	0

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2652 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa sismica Verticale Impalcato

22325 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	22325	4465	0	0

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	37 di 50

carichi da traffico	2652	530	0	0
Pulvino	2500	500	0	0
Fusto pila	3309	662	0	0
Plinto	0	0	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	5,4 m
$h_{pulgino}$	2,0 m
h_{pila}	10,9 m
h_{plinto}	0,0 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

7.4.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	57206	37982	57206	37982	53361	37982	57206	37982	53361	37982
$R_{Long.}$	kN	3015	0	6138	0	2593	0	6138	0	2593	0
$R_{Trasv.}$	kN	1481	0	1829	0	2999	0	1829	0	2999	0
$M_{Long.}$	kN-m	55016	0	111996	0	47287	0	111996	0	47287	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	29362	0	34327	0	56233	0	34327	0	56233	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	47550	21977	41393	41393	41393	41393	41393	41393	41393	41393
$R_{Long.}$	kN	2079	4217	16135	2079	2079	16135	16135	2079	2079	16135
$R_{Trasv.}$	kN	1022	3510	1022	12721	12721	1022	1022	12721	12721	1022
$M_{Long.}$	kN-m	37942	62063	244820	37942	37942	244820	244820	37942	37942	244820
$M_{Trasv.}$	kN-m	20249	51121	20249	190654	190654	20249	20249	190654	190654	20249

7.5 Fondazioni pila P17

Si riporta di seguito la valutazione delle azioni e delle sollecitazioni in coerenza con i carichi e i metodi esposti in precedenza nel presente documento.

Peso Impalcato

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	31,15	400	1	12460
2	54,34	430	1	23366,2
3	23,75	400	1	9500
				45326,2

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	31,15	400	0,625	7787,5
2	54,34	430	0,5	11683,1
				19470,6

Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

	A	H÷S	V	γ	P
	mq	m	mc	kN/mc	kN
Pulvino	23,26	4,3	100,018	25	2500
Fusto pila	12,2	12,3	150,06	25	3752
Plinto	184	2,5	460	25	11500

Treni di carico

LM71			SW0			SW2		
Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante	Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante	Luce	Eq. flettente	Eq. Tagliante
m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	m	kNm	kN
31	109,27	113,65	31	103,38	114,73	31	144,85	145,82
54	97,60	99,92	54	93,92	100,37	54	120,29	132,99
24	116,60	122,53	24	115,12	118,68	24	150,01	151,56

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	39 di 50

1	31,15	114	114	146	1	3551	3551	4548
2	54,34	100	100	133	1	5434	5434	7227
3	23,75	122	119	152	1	2898	2826	3610
109,24						11883	11811	15385
Qmax						9227,2	3990	7500

α	1,1	1,1	1
	10150	4389	7500

Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN
1	31,15	114	114	146	0,625	2219	2219	2842
2	54,34	100	100	133	0,5	2717	2717	3614
						4936	4936	6456
α						1,1	1,1	1
						5430	5430	6456

Forza Centrifuga

Tipo	treno	Q _{vk}	q _{vk}	V	R	f	Q _{tk}	q _{tk}
		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	0	123	75	254	1	0,0	21,4
2	SW/0	0	119	75	254	1	0,0	20,8
3	SW/2	0	152	75	254	1	0,0	26,5

Campata	Luce	q-LM71	q-SW0	q-SW2	incidenza	Q-LM71	Q-SW0	Q-SW2
-	m	kN/m	kN/m	kN/m	-	kN	kN	kN
1	31,15	21,4	20,8	26,5	0,625	418	404	516
2	54,34	21,4	20,8	26,5	0,5	418	404	516
						835	808	1032
α						1,1	1,1	1
						919	889	1032

Serpeggio

	Qsk-LM71	Qsk-SW0	Qsk-SW2
	kN	kN	kN
	100	0	100
α	1,1	1,1	1

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	40 di 50

110	0	100
-----	---	-----

Avviamento

Campata	Luce	$q_{ia,k}$	$Q^*_{ia,k}$
-	m	kN/m	kN
1	31,15	33	1027,95
2	54,34	33	1793,22
3	23,75	33	783,75
			3604,92

$Q_{ia,k}$	1000	kN
α	1,1	-
	1100	kN

Frenatura

LM71 - SW/0

Campata	Luce	incidenza	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	-	kN/m	kN
1	31,15	1	20	623
2	54,34	1	20	1086,8
3	23,75	1	20	475
				2184,8

$Q_{ib,k,LM71-SW0,max}$	6000	kN
$Q_{ib,k,LM71-SW0}$	2184,8	kN
α	1,1	-
	2403	kN

SW/2

Campata	Luce	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	kN/m	kN
1	31,15	35	1090,25
2	54,34	35	1901,9
3	23,75	35	831,25
			3823,4

$Q_{ib,k,SW2,max}$

1995 kN

(35x(25+7+25))



Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	41 di 50

$Q_{b,k,LM71-SW0}$ 1995 kN

Vento

q_{wk} 2,5 kN/mq

**Carico Orizzontale su
Pila**

Campata	Luce	h	q_{wk}	incidenza	Q_{hw}
-	m	m	kN/m	-	kN
1	31,15	9	2,5	0,5	350
2	54,34	9	2,5	0,5	611
					962

x

Gruppi di Carico

Carico	R_z	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	gruppo 1				gruppo 3				
				coeff.	R_z	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	coeff.	R_z	$R_{Lon. g.}$	$R_{Tras v.}$	
-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN	
LM71 binario 1	5430	0	0	1,0	5430	0	0	1,0	5430	0	0	
LM71/SW0/SW2 binario 2	6456	0	0	1,0	6456	0	0	1,0	6456	0	0	
Frenatura	0	2403	0	0,5	0	1202	0	1,0	0	2403	0	
Avviamento	0	1100	0	0,5	0	550	0	1,0	0	1100	0	
Centrifuga	0	0	1951	1,0	0	0	1951	0,5	0	0	975	
Serpeggio	0	0	220	1,0	0	0	220	0,5	0	0	110	
									1188	6	3503	1085
					11886	1752	2171					

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.

0,570 g

Massa per carichi da traffico (totale)

4060 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

45326 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	42 di 50

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	45326,2	0	25836	0
carichi da traffico	4060	0	2314	0
Pulvino	2500	0	1425	0
Fusto pila	3752	0	2138	0
Plinto	11500	0	6555	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,570 g

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa per carichi da traffico (totale)

2377 kN

Massa sismica Trasversale Impalcato

19471 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	19470,6	0	0	11098
carichi da traffico	2377	0	0	1355
Pulvino	2500	0	0	1425
Fusto pila	3752	0	0	2138
Plinto	11500	0	0	6555

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

Massa per carichi da traffico (totale)

2377 kN

Massa sismica Verticale Impalcato

19470,6 kN

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	19470,6	3894	0	0
carichi da traffico	2377	475	0	0
Pulvino	2500	500	0	0
Fusto pila	3752	750	0	0
Plinto	11500	2300	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	5,4 m
$h_{pulsino}$	2,0 m
h_{pila}	12,30 m
h_{plinto}	2,5 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

7.5.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose, Per le verifiche delle fondazioni si rimanda al corrispondente elaborato di dettaglio.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	67485	50250	67485	50250	67485	50250	67485	50250	67485	50250
$R_{Long.}$	kN	2540	0	5166	0	2626	0	5166	0	2626	0
$R_{Trasv.}$	kN	3148	0	2439	0	4013	0	2439	0	4013	0
$M_{Long.}$	kN-m	56385	0	114675	0	58290	0	114675	0	58290	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	75532	0	56809	0	94574	0	56809	0	94574	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	53886	32446	49109	49109	49109	49109	49109	49109	49109	49109
$R_{Long.}$	kN	1752	4920	18153	1752	1752	18153	18153	1752	1752	18153
$R_{Trasv.}$	kN	2171	4468	2171	17064	17064	2171	2171	17064	17064	2171
$M_{Long.}$	kN-m	38886	89519	337284	38886	38886	337284	337284	38886	38886	337284
$M_{Trasv.}$	kN-m	52091	80957	52091	321947	321947	52091	52091	321947	321947	52091

7.6 Spiccato fusto pila P17

La valutazione delle azioni è identica a quella riportata per le fondazioni (e verrà pertanto omessa), con l'eccezione delle azioni sismiche. Queste ultime sono state valutate in riferimento a un coeff. $q=1,5$. Si riporta di seguito la valutazione delle azioni sismiche.

Azioni sismiche

Si trascura il sisma verticale

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	44 di 50

Sisma Longitudinale

Accelerazione sismica orizz. long.

0,38 g

Massa per carichi da traffico (totale)

4060 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

45326 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	45326,2	0	17224	0
carichi da traffico	4060	0	1543	0
Pulvino	2500	0	950	0
Fusto pila	3752	0	1426	0
Plinto	0	0	0	0

Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,38 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2377 kN

Massa sismica Trasversale Impalcato

19471 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	19470,6	0	0	7399
carichi da traffico	2377	0	0	903
Pulvino	2500	0	0	950
Fusto pila	3752	0	0	1426
Plinto	0	0	0	0

Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2377 kN

Massa sismica Verticale Impalcato

19470,6 kN

(0.2 carico max da traffico
LM71+SWx)

	Massa	R _z	R _{Long.}	R _{Trasv.}
		kN	kN	kN
Impalcato	19470,6	3894	0	0
carichi da traffico	2377	475	0	0
Pulvino	2500	500	0	0

Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0600001	A	45 di 50

Fusto pila	3752	750	0	0
Plinto	0	0	0	0

Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	5,4 m
$h_{pulgino}$	2,0 m
h_{pila}	12,30 m
h_{plinto}	0,0 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

7.6.1 Sollecitazioni

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni SLU e SLV più gravose.

		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	51960	34725	51960	34725	51960	34725	51960	34725	51960	34725
$R_{Long.}$	kN	2540	0	5166	0	2626	0	5166	0	2626	0
$R_{Trasv.}$	kN	3148	0	2439	0	4013	0	2439	0	4013	0
$M_{Long.}$	kN-m	50036	0	101759	0	51723	0	101759	0	51723	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	67663	0	50710	0	84542	0	50710	0	84542	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
R_z	kN	42386	20946	37609	37609	37609	37609	37609	37609	37609	27156
$R_{Long.}$	kN	1752	3280	12686	1752	1752	12686	12686	1752	1752	10934
$R_{Trasv.}$	kN	2171	2979	2171	12099	12099	2171	2171	12099	12099	2979
$M_{Long.}$	kN-m	34507	51479	206104	34507	34507	206104	206104	34507	34507	171597
$M_{Trasv.}$	kN-m	46664	46525	46664	201747	201747	46664	46664	201747	201747	46525

8 VERIFICHE

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione relative alle sezioni di spiccatto delle pile. Le verifiche sono state effettuate con l'ausilio del software Presfle+ v.5.33. Per le verifiche dei pali di fondazione si rimanda alla relazione geotecnica. Nella presente fase progettuale, la sezione oggetto di verifica è stata considerata costante per tutti i casi considerati, rimandando alle fasi successive eventuali ottimizzazioni dell'armatura.

La sezione considerata è quella riportata negli elaborati grafici, realizzata con calcestruzzo C32/40 e armata con barre $\varnothing 30$. La geometria e la disposizione delle armature considerata è riportata nella figura seguente.

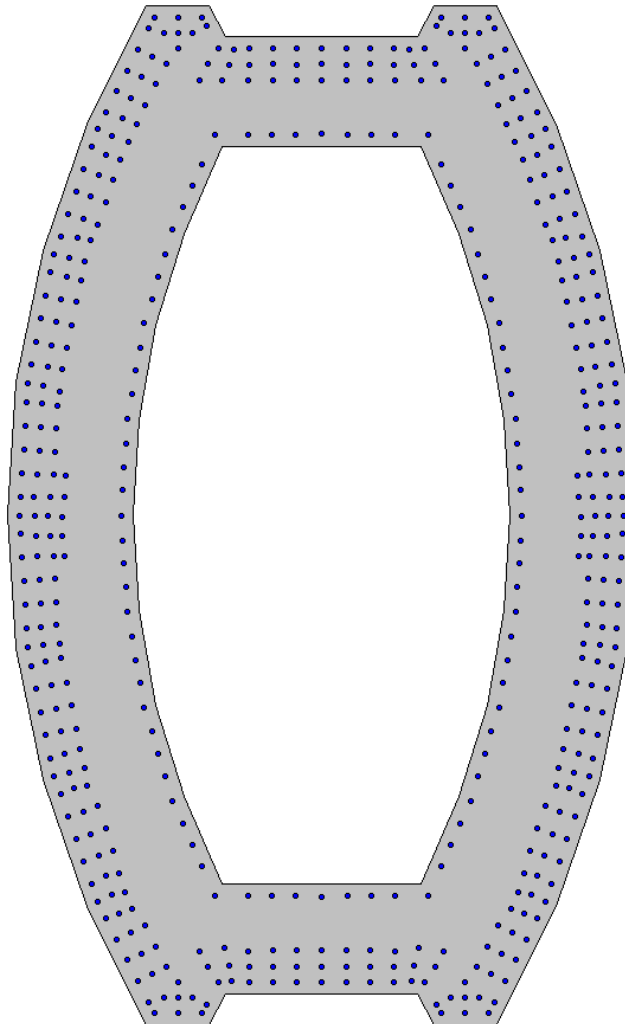
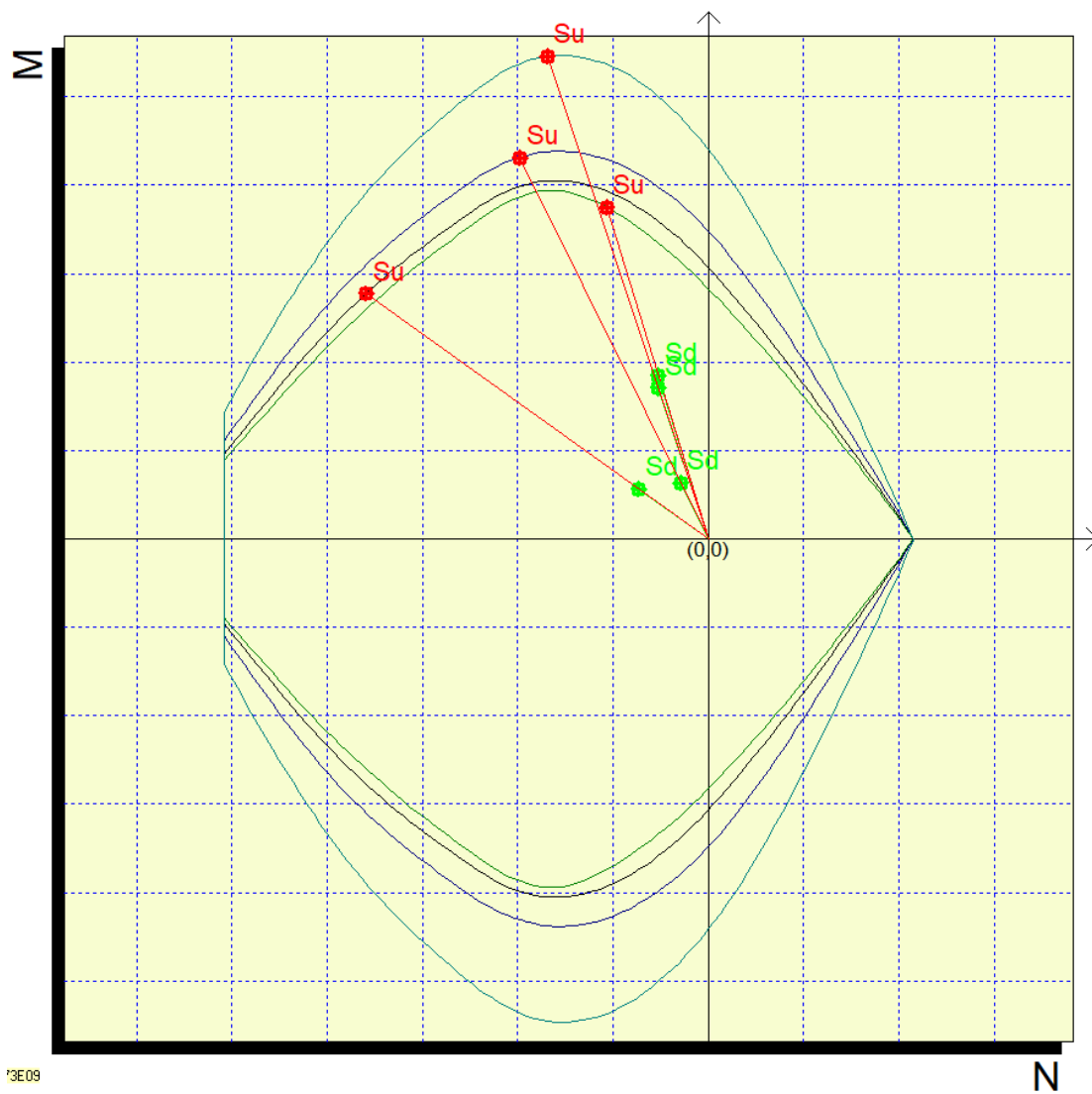


Figura 10: Sezione trasversale pila e armatura

8.1 Spiccato fusto pila P5

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche effettuate per le combinazioni più severe in forma tabellare e grafica.

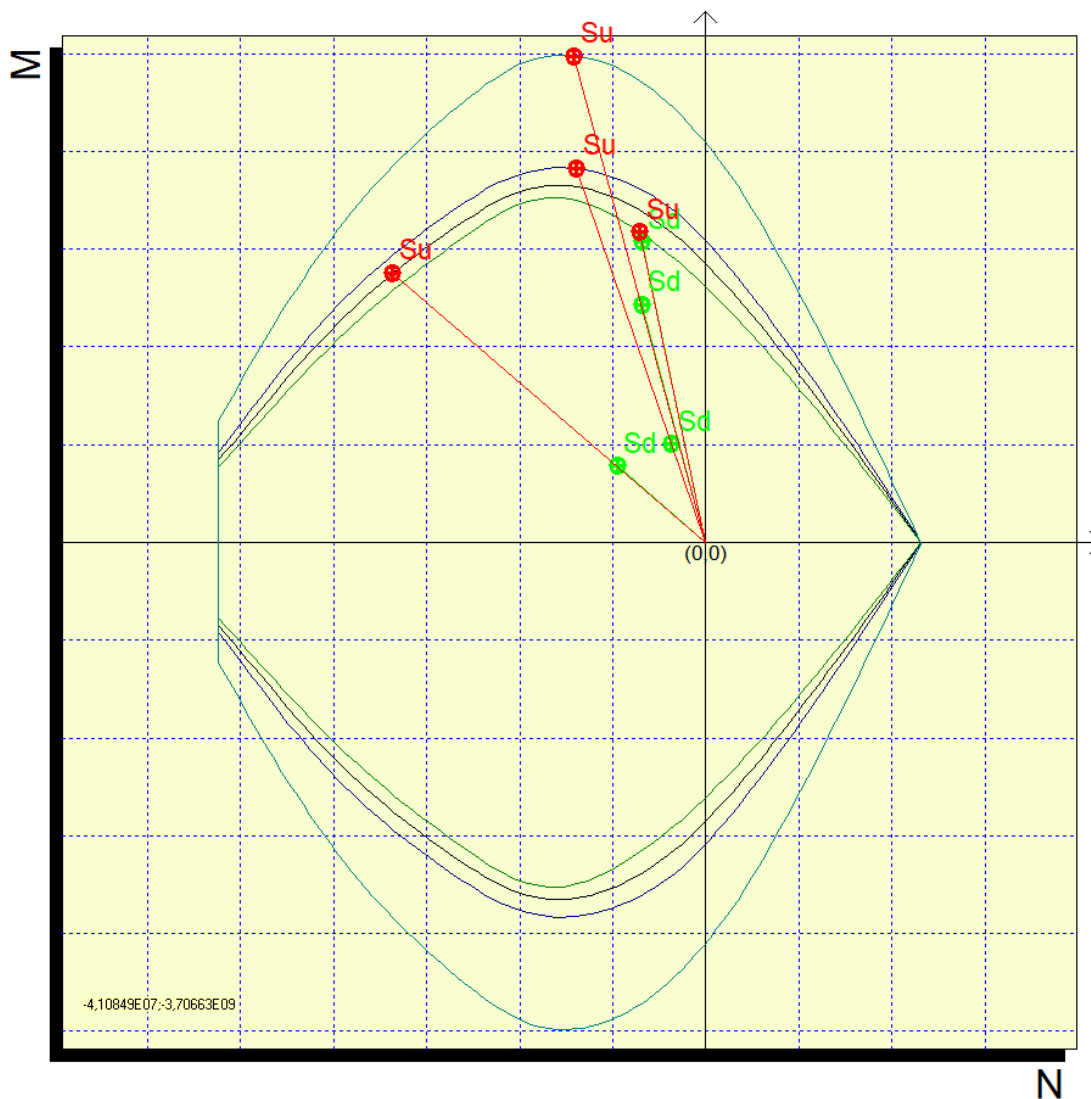
	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
1	176385050.5	352288375	-4368418.25	4.932322	6.647954
2	314001107	314001107.6	-1746589.65	6.798148	5.967079
3	121644862.4	1289627859	-3160695	2.026088	1.809076
4	1168315221	242957500	-3160695	3.204313	2.935531



8.2 Spiccato fusto pila P8

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche effettuate per le combinazioni più severe in forma tabellare e grafica.

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
1	293617192	550155375	-5720612.625	3.528	4.50923
2	511212673.8	620633560.3	-2197743	3.80322	3.38763
3	202494615.2	2448196034	-4139282.5	1.032674	1.02782
4	1906536861	379417500	-4139282.5	2.047722	1.937729



8.3 Spiccato fusto pila P17

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche effettuate per le combinazioni più severe in forma tabellare e grafica.

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
1	676628345.7	500355966	-5196032.919	3.383425	3.820524
2	465248531.3	514790126.6	-2094558.812	4.474321	3.963034
3	466640238.4	2061040169	-3760867.875	1.228025	1.192664
4	2017468676	345073080	-3760867.875	1.945441	1.837131

