

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**

**VI04 - VIADOTTO TEVERE**

**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 4 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	<b>ITALFERR S.p.A.</b> U.O. Opere Civili e Gestione delle Viabilità Dott. Ing. Angelo Attozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° 420785	

File:NR4E21R09RGVI0400001A.doc

n.Elab

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2.1	VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI ADOTTATE .....	11
3	ANALISI DEI CARICHI.....	11
3.1	PESO IMPALCATI (G1).....	11
3.2	PESO SOTTOSTRUTTURE (PULVINO, PILA, PLINTO).....	11
3.3	AZIONI VARIABILI .....	12
3.3.1	<i>Treni di carico</i> .....	12
3.3.2	<i>Forza centrifuga</i> .....	13
3.3.3	<i>Serpeggio</i> .....	13
3.3.4	<i>Avviamento e frenatura</i> .....	14
3.4	AZIONI DINAMICHE .....	14
3.5	AZIONI CLIMATICHE.....	14
3.5.1	<i>Vento</i> .....	14
3.6	AZIONE SISMICA (E) .....	14
3.6.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità</i> .....	14
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 P8.....	22
7.1.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	27
7.2	SPICCATO FUSTO PILA P8 .....	27

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	2 di 42

7.2.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	29
7.3	FONDAZIONI PILA P10.....	30
7.3.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	35
7.4	SPICCATO FUSTO PILA P10.....	35
7.4.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	37
8	VERIFICHE.....	37
8.1	SPICCATO FUSTO PILA P8.....	40
8.2	SPICCATO FUSTO PILA P10.....	41

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento relativa al VI04 - Viadotto Tevere, 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

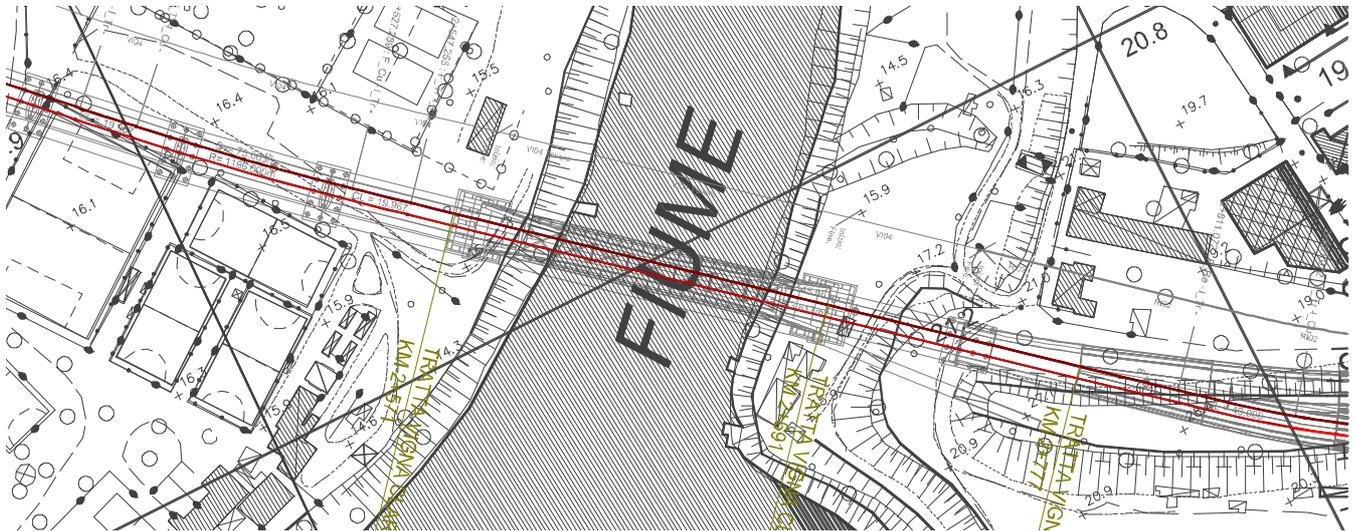
Il viadotto VI01 è compreso approssimativamente fra la pk 2+127.00 e la pk 2+737.00. Il viadotto ferroviario, a doppio binario, è costituito da travate in acciaio-calcestruzzo e dalla campata sul fiume Tevere, realizzata con arco in acciaio a doppio binario a via inferiore.

Il viadotto ha uno sviluppo complessivo di 610 m ed è costituito da travate isostatiche. Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle principali caratteristiche geometriche e costruttive del viadotto.

La prima campata trova appoggio sulla GA01- Galleria Artificiale Stazione Tor di Quinto, per la quale si rimanda alle specifiche relazioni del presente progetto.

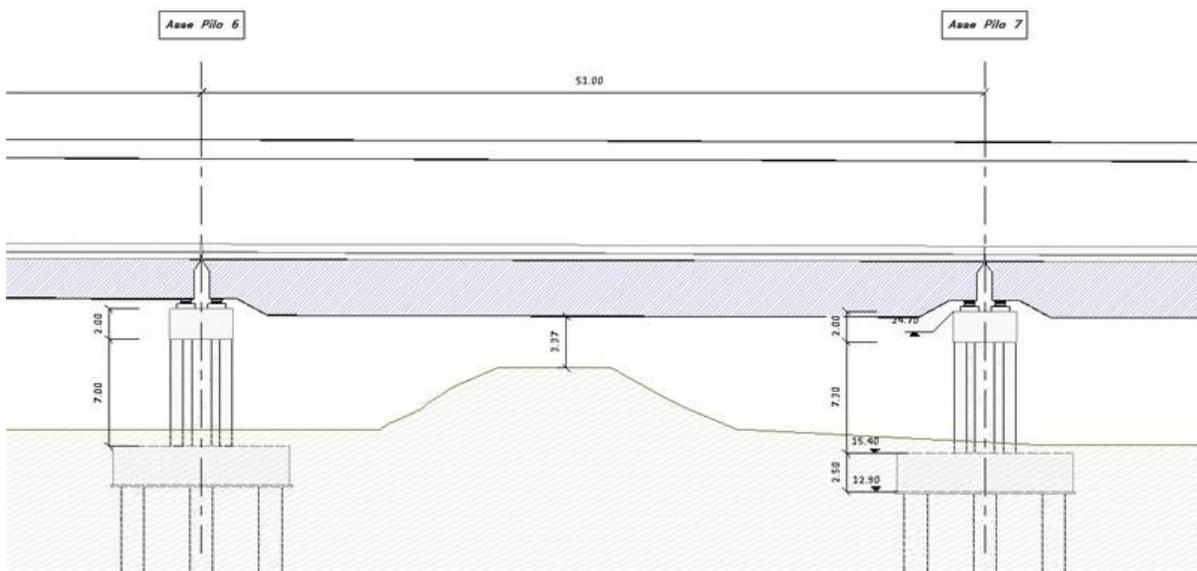
opera	Nome	Tipo	L_campate			H_pile	Fondazione	BxLxH	L_impalcato	L_Viadotto
VI04.A	Viadotto Tevere	-	-	X	SPA	0	-	-	-	444
		-	40		P1	7,5	12 pali	16x11,5x2,5	40	
		-	40		P2	7,5	12 pali	16x11,5x2,5	40	
		-	40		P3	7,2	12 pali	16x11,5x2,5	40	
		-	40		P4	7,2	12 pali	16x11,5x2,5	40	
		-	40		P5	7	12 pali	16x11,5x2,5	40	
		-	40		P6	7	12 pali	16x11,5x2,5	40	
		-	51	X	P7	7,3	15 pali	20,5x11,5x2,5	51	
		-	51	X	P8	7,3	15 pali	20,5x11,5x2,5	51	
		-	51	X	P9	7,3	15 pali	20,5x11,5x2,5	51	
		-	51	X	P10	12,8	pozzo	21x18x4	51	
VI04.B	Viadotto Tevere - Ponte sul Tevere	-	120	X	P11	15	pozzo	21x18x4	120	120
VI04.C	Viadotto Tevere	-	46	X	SPB	4,05	16 pali	16x16x3	46	46



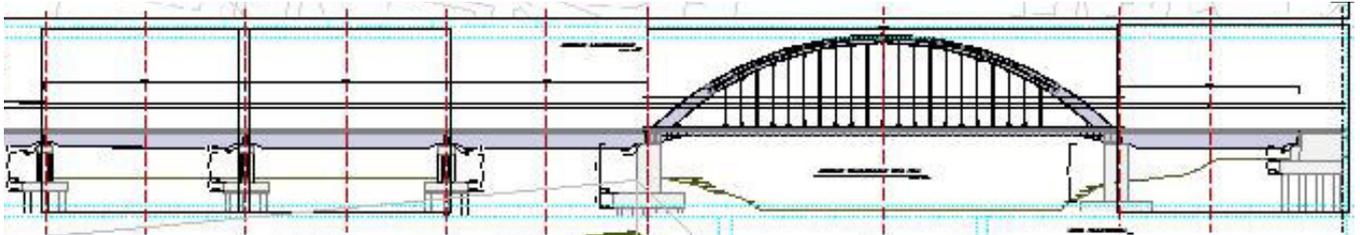


*Figura 3: Inquadramento viadotto VI04 all'interno dell'area di intervento 2/2*

Il viadotto consente l'attraversamento del fiume Tevere. L'attraversamento si sviluppa sostanzialmente in rettilineo, a meno dei necessari raccordi planimetrici necessari alle esigenze di tracciato. Il posizionamento delle pile e delle relative fondazioni è stato dettato dalla presenza del fiume, delle relative aree di esondazione e degli argini, al fine di ottenere i franchi minimi rispetto ai livelli della piena di progetto e rispetto alle quote altimetriche degli argini (v. fig. seg.). Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specialistici. Ovviamente, nel caso in esame non è stato possibile evitare la realizzazione di pile in alveo. Le campate in destra idraulica e interne all'argine hanno una luce di 51 m, mentre la campata in sinistra idraulica ha luce pari a 46 m, tali da garantire con adeguato margine il rispetto dei limiti di normativa (distanza netta >40 m).



*Figura 4: Inquadramento viadotto VI04- argine in destra idraulica fiume Tevere*

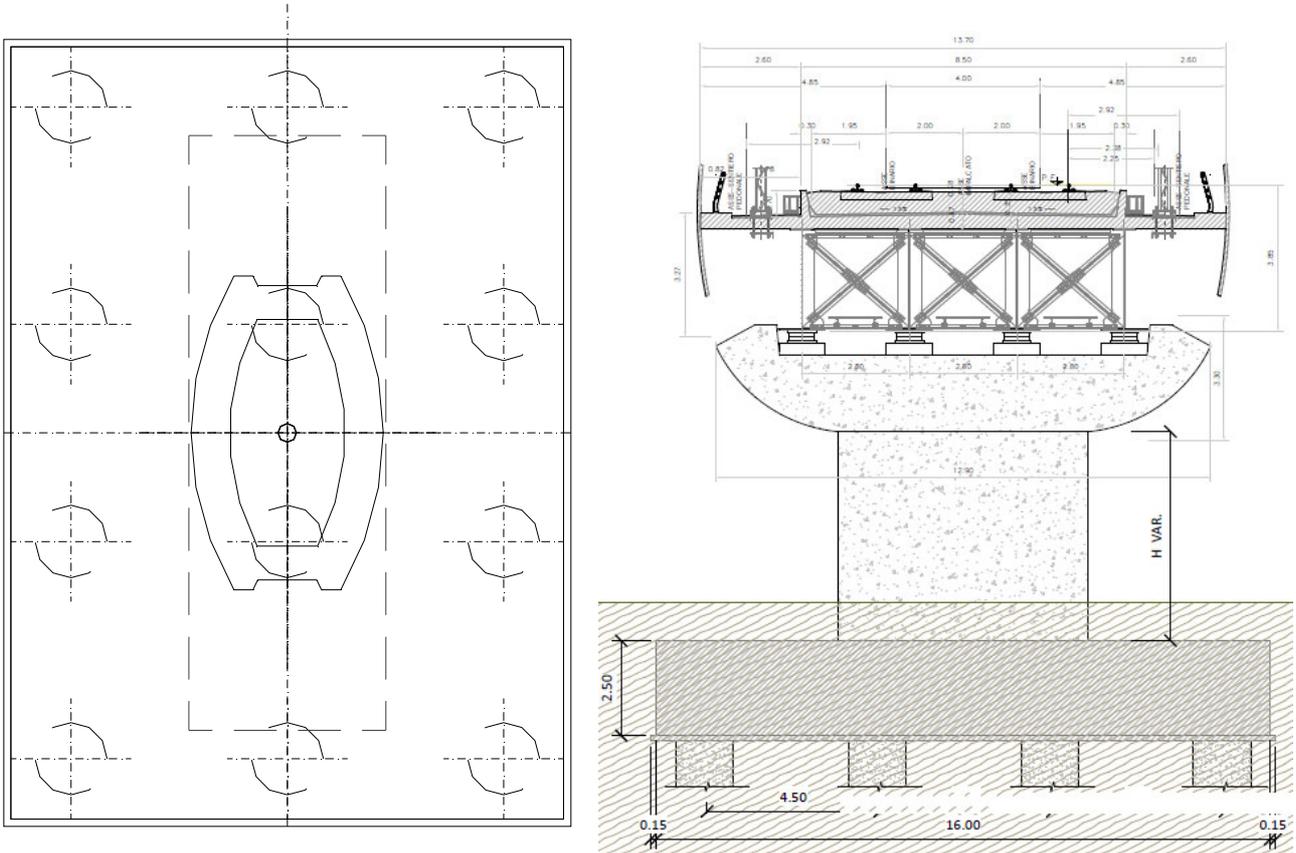


*Figura 10. Campata di scavalco della Fiume Tevere*

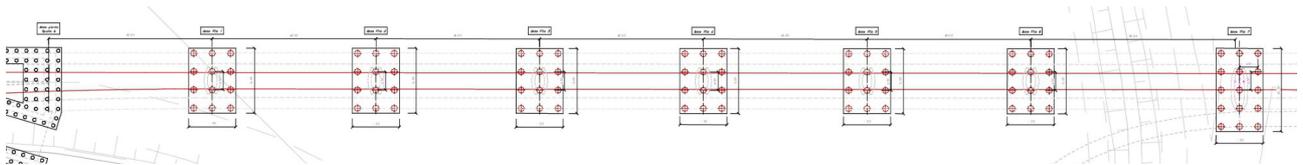
Le pile sono realizzate in c.a. Esse presentano un fusto a sezione cava ad eccezione delle “pile” della campata da 120m. Le fondazioni degli impalcati in acciaio-calcestruzzo sono costituite da 12 pali trivellati  $\varnothing 1500$  collegati in testa da un plinto in c.a.

Le pile interne agli argini sostengono anche le strutture relative al percorso ciclabile, realizzato in adiacenza alle strutture ferroviarie. Tale scelta ha l’obiettivo di ottimizzare i costi di costruzione, evitando pile e fondazioni distinte per la realizzazione del percorso ciclabile. Tale scelta ha ripercussioni sulla geometria di pulvini e pile, che hanno quindi dimensioni maggiori in senso trasversale; le relative fondazioni sono realizzate con 15 pali trivellati  $\varnothing 1500$  collegati in testa da un plinto in c.a.

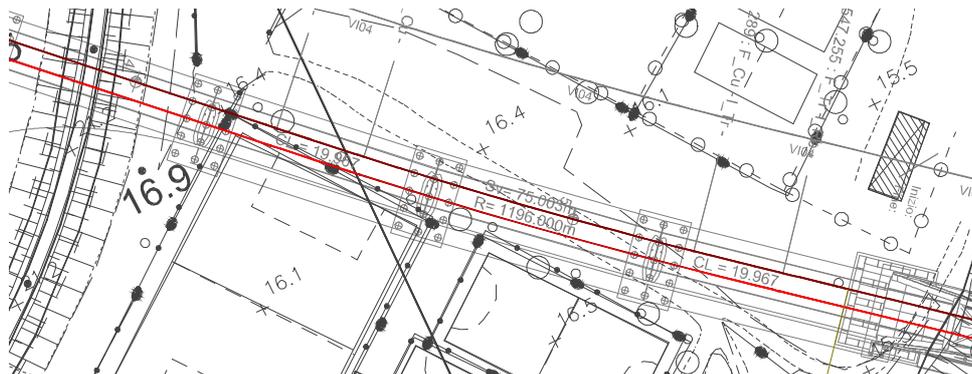
Si riportano a seguire le immagini della carpenteria della tipologia in oggetto; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.



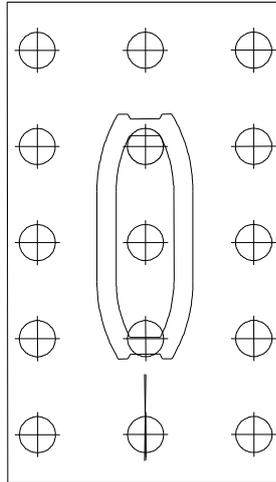
*Figura 5: carpenteria pila e fondazioni*



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



*Figura 11. Pianta fondazioni - Ponte a struttura mista acciaio calcestruzzo a doppio binario - Pile in alveo*



*Figura 11. Pianta fondazioni pile in alveo*



*Figura 11. Pianta fondazioni spalla*

La spalla é realizzata in c.a. con fondazione su 16 pali  $\varnothing 1500$ .

La fondazione delle pile che sostengono la campata ad arco, ha caratteristiche diverse, dovendo sopportare azioni più rilevanti. La valutazione delle diverse alternative progettuali ha portato a scegliere fondazioni a pozzo realizzate con diaframmi (vedi fig. seg.). Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto e alla relazione geotecnica.

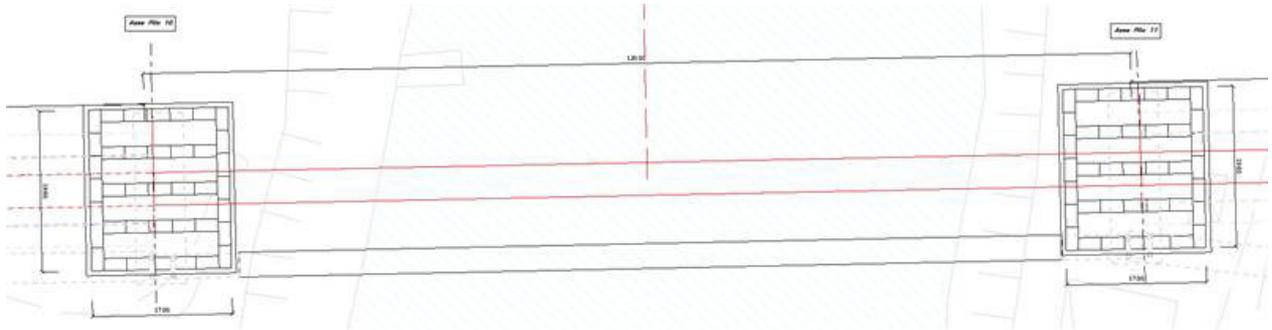


Figura 11. Pianta fondazioni pile P10-P11

La sezione trasversale tipo in acciaio-calcestruzzo prevede una larghezza di 13,70 m e consente l'installazione di barriere tipologiche standard, ove previste. La sezione è completata da velette in c.a., previste per ridurre l'impatto delle strutture nel contesto urbano. La sezione di impalcato utilizzata è una soluzione tipologica standard comunemente adottata per le luci del viadotto in oggetto.

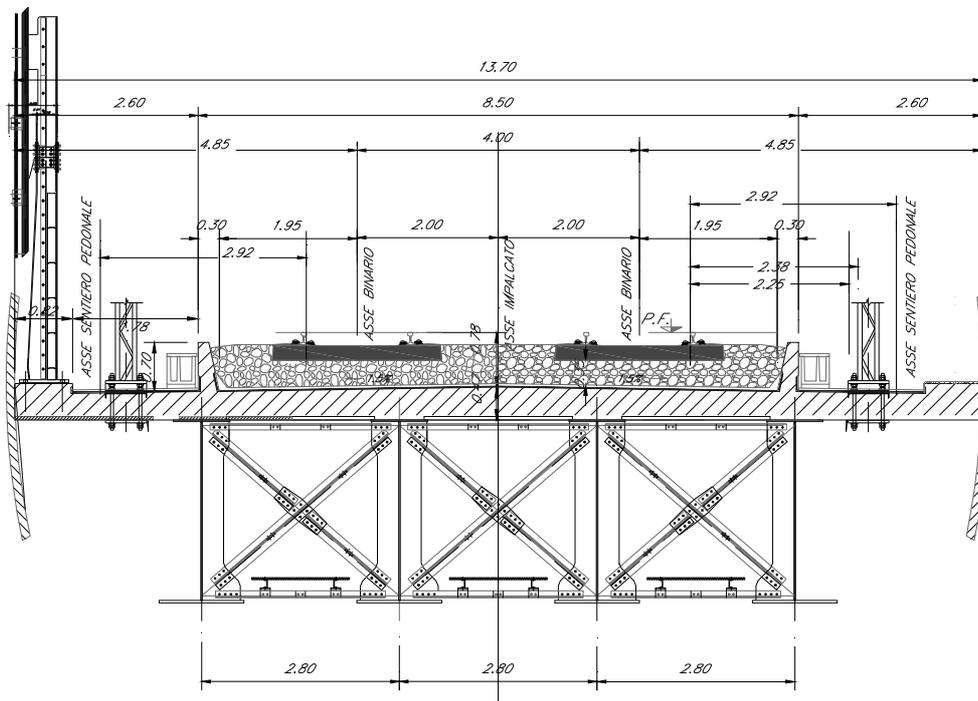
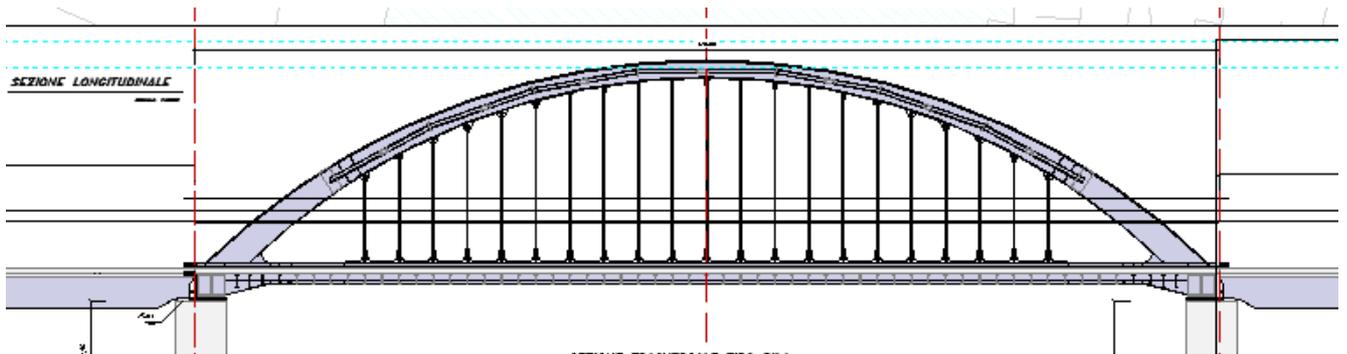


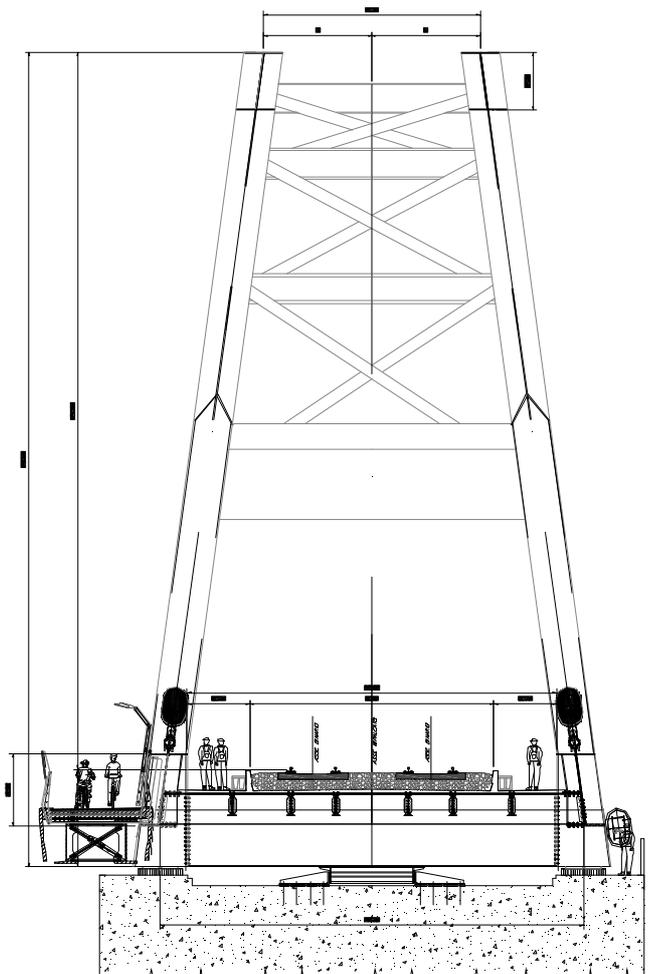
Figura 12. Sezione tipo - Impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo a doppio binario

La campata di scavalco dell'alveo inciso ha una luce di 120 m (misurata in asse appoggi). Come detto, realizzata con arco in acciaio a doppio binario a via inferiore. L'armamento è su ballast e il tracciato è in rettilineo. La

sezione di impalcato utilizzata è una soluzione tipologica standard comunemente adottata per le luci del viadotto in oggetto.



*Figura 12. Prospetto campata ad arco  $L=120\text{ m}$*



*Figura 12. Sezione trasversale tipo campata ad arco  $L=120\text{ m}$*

## 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. 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.

Nel caso del VI04 inoltre, la soluzione adottata consente il rispetto dei limiti di normativa per quanto riguarda gli aspetti idraulici, restando comunque valide le considerazioni sopra esposte.

Infine, l'impiego della soluzione ad arco in acciaio rende possibile la realizzazione di una struttura di luce importante, attingendo a una soluzione consolidata, e quindi affidabile, garantendo l'ottimizzazione anche di aspetti legati alla realizzazione e alla manutenzione.

## 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  $L > 40 \text{ m DB}$

Nelle campate interessate dalla presenza del percorso ciclabile viene considerato un ulteriore contributo par a  $7.0 \text{ t/m}$ .

### 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  $25 \text{ kN/mc}$ .

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.

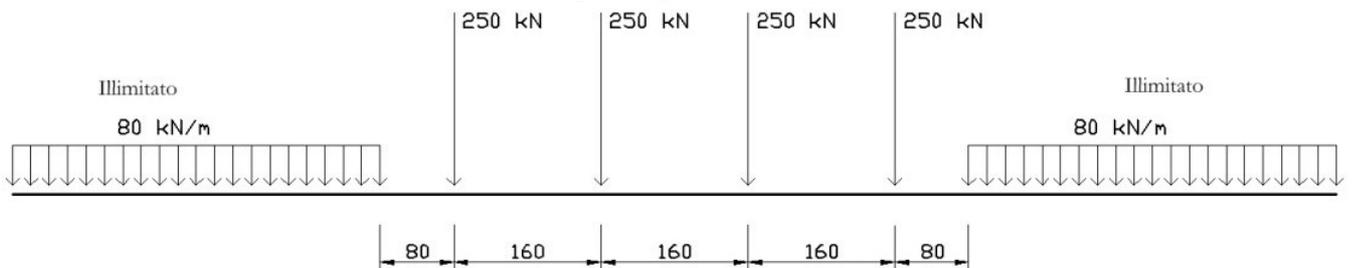


Figura 6 – Treno di carico LM71

##### 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 7 – 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 $\alpha$	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	$\alpha$	f		
SW/2	$\geq 100$	100	1	1	1 x 1 x SW/2	$\Phi$ 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)	$\Phi$ x 1 x 1 x (LM71"+SW/0)
		120	$\alpha$	1	$\alpha$ x 1 x (LM71"+SW/0)	
	$\leq 120$	V	$\alpha$	1	$\alpha$ x 1 x (LM71"+SW/0)	$\Phi$ x $\alpha$ x 1 x (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  $\alpha$ , 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

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

#### Frenatura

$Q_{lb} = 20 \times L < 6000 \text{ kN}$  per LM71

$Q_{lb} = 35 \times L$  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.



	1	2	3	4	5	6	7	8
Opera	VI01	VI02	VI04	VI05	VI06	VI07	VI08	VI09
$\eta = 1/q_{\text{orizzontale}}$	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

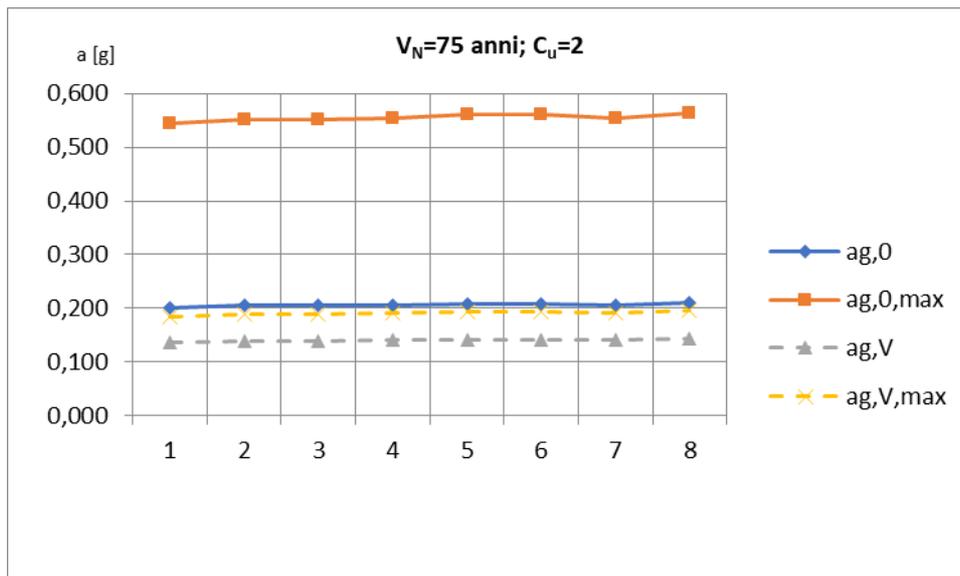


Figura 8 – Azione Sismica – Confronto Accelerazioni

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

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO

Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 12,48279    LATITUDINE: 41,95118

Ricerca per comune  
 REGIONE: Lazio    PROVINCIA: Roma    COMUNE: Roma

Elaborazioni grafiche:  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione:  
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_n$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_u$ : 2 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 150 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE:  
 SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 90  
 SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 151

Stati limite ultimi - SLU:  
 SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 1424  
 SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 2475

Elaborazioni:  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

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

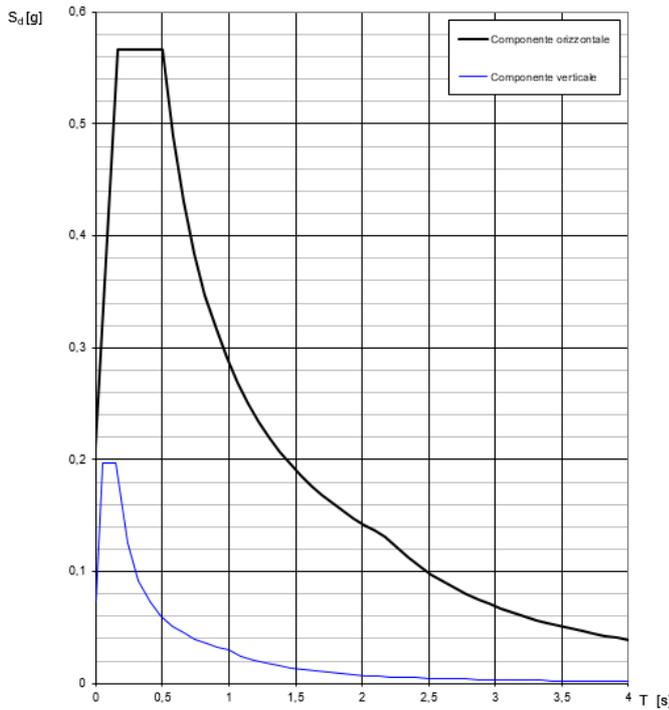
Tabella 5: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica

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
$F_{-1}$	2,752
$T_{-1}$	0,343 s
$S_{-1}$	1,486
$C_{-1}$	1,494
$S_{-2}$	1,000
$q$	1,000

Parametri dipendenti	
$S$	1,486
$\eta$	1,000
$T_B$	0,171 s
$T_C$	0,513 s
$T_D$	2,118 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_0 \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

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

$$T_{B1} = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_{-1} \cdot T_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

$$0 \leq T < T_{B1} \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_{B1}} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_{B1}} \right) \right]$$

$$T_{B1} \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

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

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

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  $\eta$  con  $\eta_q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	S <sub>d</sub> [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	0,049
	3,552	0,046
	3,642	0,043
	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-accelerazioni 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	1
	Comb.11	1	0	0	0	1	-0,3
	Comb.12	1	0	0	0	0,3	-0,3
	Comb.13	1	0	0	0	0,3	-1
	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	1

	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	-		-		
VI04	Appoggio	40	40	0	P2	7,5	2*	B	12	75	1196
VI04	Appoggio	51	51	0	P8	7,3	3	C	15	75	1196
VI04	Appoggio	51	120	0	P10	12,8	4	D	25	75	3000

## 7 AZIONI E SOLLECITAZIONI

### 7.1 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	51	500	0	0	COMPENSIVO DI PISTA CICLABILE
2	51	500	1	25500	COMPENSIVO DI PISTA CICLABILE
3	0	0	0	0	
				<b>25500</b>	

#### Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	51	500	0,5	12750
2	51	500	0,5	12750
				<b>25500</b>

#### Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

	A	H÷S	V	γ	P
	mq	m	mc	kN/mc	kN
Pulvino	30	4,3	154,8	25	3870
Fusto pila	18,12	7,3	132,276	25	3307
Plinto	235,75	2,5	589,375	25	14734

#### 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
51	98,57	101,05	51	96,01	103,26	51	121,12	133,22
40	103,25	106,51	40	100,89	112,63	40	129,78	136,38

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	23 di 42

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	51	101	0	133	0	0	0	0	
2	51	101	0	133	1	5151	0	6783	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	
102						<b>5151</b>	<b>0</b>	<b>6783</b>	
						Qmax	8648	3990	7500

$\alpha$	1,1	1,1	1
	<b>5666</b>	<b>0</b>	<b>6783</b>

**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	51	101	0	133	0,5	2576	0	3392	
2	51	101	0	133	0,5	2576	0	3392	
						<b>5151</b>	<b>0</b>	<b>6783</b>	
						$\alpha$	1,1	1,1	1
						<b>5666</b>	<b>0</b>	<b>6783</b>	

**Forza Centrifuga**

Tipo	treno	Q <sub>vk</sub>	q <sub>vk</sub>	V	R	f	Q <sub>tk</sub>	q <sub>tk</sub>
		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	0	102	75	1196	1	0,0	3,8
2	SW/0	0	0	75	1196	1	0,0	0,0
3	SW/2	0	133	75	1196	1	0,0	4,9

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	51	3,8	0,0	4,9	0,5	96	0	126	
2	51	3,8	0,0	4,9	0,5	96	0	126	
						<b>193</b>	<b>0</b>	<b>251</b>	
						$\alpha$	1,1	1,1	1
						<b>212</b>	<b>0</b>	<b>251</b>	

**Serpeggio**

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

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	24 di 42

	kN	kN	kN
	100	0	100
$\alpha$	1,1	1,1	1
	<b>110</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

**Avviamento**

Campata	Luce	$q_{ia,k}$	$Q^*_{ia,k}$
-	m	kN/m	kN
1	51	33	1683
2	51	33	1683
3	0	33	0
			3366

$Q_{ia,k}$	1000	kN
$\alpha$	1,1	-
	<b>1100</b>	kN

**Frenatura**

**LM71 - SW/0**

Campata	Luce	incidenza	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	-	kN/m	kN
1	51	0	20	0
2	51	1	20	1020
3	0	0	20	0
				1020

$Q_{ib,k,LM71-SW0,max}$	6000	kN
$Q_{ib,k,LM71-SW0}$	1020	kN
$\alpha$	1,1	-
	<b>1122</b>	kN

**SW/2**

Campata	Luce	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	kN/m	kN
1	51	35	1785
2	51	35	1785
3	0	35	0
			<b>3570</b>

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	25 di 42

$Q_{lb,k,SW2,max}$                       **1995** kN                      (35x(25+7+2  
5))

$Q_{lb,k,LM71-SW0}$                       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	51	9	2,5	0,5	574
2	51	9	2,5	0,5	574
					<b>1148</b>

**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	5666	0	0	1,0	5666	0	0	1,0	5666	0	0
LM71/SW0/SW2 binario 2	6783	0	0	1,0	6783	0	0	1,0	6783	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	463	1,0	0	0	463	0,5	0	0	232
Serpeggio	0	0	220	1,0	0	0	220	0,5	0	0	110
					12449	1548	683		12449	3095	342

**Azioni sismiche**

Si trascura il sisma verticale

**Sisma Longitudinale**

Accelerazione sismica orizz. long.

0,57 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2490 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

25500 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

Massa	$R_z$	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$
	kN	kN	kN

Impalcato	25500	0	14535	0
carichi da traffico	2490	0	1419	0
Pulvino	3870	0	2206	0
Fusto pila	3307	0	1885	0
Plinto	14734	0	8399	0

### Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,57 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2490 kN

Massa sismica Trasversale Impalcato

25500 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	25500	0	0	14535
carichi da traffico	2490	0	0	1419
Pulvino	3870	0	0	2206
Fusto pila	3307	0	0	1885
Plinto	14734	0	0	8399

### Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2490 kN

Massa sismica Verticale Impalcato

25500 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	25500	5100	0	0
carichi da traffico	2490	498	0	0
Pulvino	3870	774	0	0
Fusto pila	3307	661	0	0
Plinto	14734	2947	0	0

### Dati geometrici

h<sub>G,treno</sub>

2,0 m

$h_{\text{impalcato}}$	4,0 m
$h_{\text{pulvino}}$	2,0 m
$h_{\text{pila}}$	7,3 m
$h_{\text{plinto}}$	2,5 m
$h_{\text{b.a.}}$	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	82056	64005	82056	64005	78446	64005	82056	64005	78446	64005
$R_{\text{Long.}}$	kN	2244	0	4591	0	1967	0	4591	0	1967	0
$R_{\text{Trasv.}}$	kN	991	0	1528	0	2514	0	1528	0	2514	0
$M_{\text{Long.}}$	kN-m	35453	0	72590	0	31168	0	72590	0	31168	0
$M_{\text{Trasv.}}$	kN-m	16993	0	25330	0	41651	0	25330	0	41651	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
$R_z$	kN	65839	41433	59860	59860	59860	59860	59860	59860	59860	59860
$R_{\text{Long.}}$	kN	1548	5592	20186	1548	1548	20186	20186	1548	1548	20186
$R_{\text{Trasv.}}$	kN	683	5592	683	19321	19321	683	683	19321	19321	683
$M_{\text{Long.}}$	kN-m	24451	72878	267377	24451	24451	267377	267377	24451	24451	267377
$M_{\text{Trasv.}}$	kN-m	11719	72878	11719	254646	254646	11719	11719	254646	254646	11719

### 7.2 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

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	28 di 42

**Sisma Longitudinale**

Accelerazione sismica orizz. long.

0,38 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2490 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

25500 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	25500	0	9690	0
carichi da traffico	2490	0	946	0
Pulvino	3870	0	1471	0
Fusto pila	3307	0	1257	0
Plinto	0	0	0	0

**Sisma Trasversale**

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,38 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2490 kN

Massa sismica Trasversale Impalcato

25500 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	25500	0	0	9690
carichi da traffico	2490	0	0	946
Pulvino	3870	0	0	1471
Fusto pila	3307	0	0	1257
Plinto	0	0	0	0

**Sisma Verticale**

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

Massa per carichi da traffico (totale)

2490 kN

Massa sismica Verticale Impalcato

25500 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	25500	5100	0	0
carichi da traffico	2490	498	0	0
Pulvino	3870	774	0	0

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	29 di 42

Fusto pila	3307	661	0	0
Plinto	0	0	0	0

## Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	4,0 m
$h_{pulsino}$	2,0 m
$h_{pila}$	7,3 m
$h_{plinto}$	0,0 m
$h_{b.a.}$	5,0 m

### 7.2.1 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	62165	44114	62165	44114	58555	44114	62165	44114	58555	44114
$R_{Long.}$	kN	2244	0	4591	0	1967	0	4591	0	1967	0
$R_{Trasv.}$	kN	987	0	1526	0	2511	0	1526	0	2511	0
$M_{Long.}$	kN-m	29844	0	61112	0	26250	0	61112	0	26250	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	14471	0	21487	0	35330	0	21487	0	35330	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
$R_z$	kN	51104	26699	45126	45126	45126	45126	45126	45126	45126	45126
$R_{Long.}$	kN	1548	3728	13973	1548	1548	13973	13973	1548	1548	13973
$R_{Trasv.}$	kN	681	3728	681	13107	13107	681	681	13107	13107	681
$M_{Long.}$	kN-m	20582	39266	151469	20582	20582	151469	151469	20582	20582	151469
$M_{Trasv.}$	kN-m	9980	39266	9980	140867	140867	9980	9980	140867	140867	9980

### 7.3 Fondazioni pila P10

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	51	430	0	0
2	120	430	1	51600
3	0	0	0	0
				<b>51600</b>

#### Carico Verticale su Pila

Campata	Luce	q	incidenza	Q
-	m	kN/m	-	kN
1	51	430	0,5	10965
2	120	430	0,5	25800
				<b>36765</b>

#### Peso sottostrutture (pulvino, pila, plinto)

	A	H+S	V	γ	P
	m	m	mc	kN/mc	kN
Pulvino	0	4,3	0	25	0
Fusto pila	132	12,8	1689,6	25	42240
Plinto	378	4	1512	25	37800

#### 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
51	98,57	101,05	51	96,01	103,26	51	121,12	133,22

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	31 di 42

100	89,77	90,96	100	64,51	66,22	100	103,25	107,95
-----	-------	-------	-----	-------	-------	-----	--------	--------

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	51	101	0	133	0	0	0	0	
2	120	91	0	108	1	10920	0	12960	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	
171						<b>10920</b>	<b>0</b>	<b>12960</b>	
						<b>Qmax</b>	<b>14168</b>	<b>3990</b>	<b>7500</b>

$\alpha$	1,1	1,1	1
	<b>12012</b>	<b>0</b>	<b>7500</b>

**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	51	101	0	133	0,5	2576	0	3392	
2	120	91	0	108	0,5	5460	0	6480	
						<b>8036</b>	<b>0</b>	<b>9872</b>	
						$\alpha$	1,1	1,1	1
						<b>8839</b>	<b>0</b>	<b>9872</b>	

**Forza Centrifuga**

Tipo	treno	Q <sub>vk</sub>	q <sub>vk</sub>	V	R	f	Q <sub>tk</sub>	q <sub>tk</sub>
		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	0	101	75	3000	1	0,0	1,5
2	SW/0	0	0	75	3000	1	0,0	0,0
3	SW/2	0	133	75	3000	1	0,0	2,0

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	51	1,5	0,0	2,0	0,5	38	0	50	
2	120	1,5	0,0	2,0	0,5	38	0	50	
						<b>76</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	
						$\alpha$	1,1	1,1	1
						<b>84</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	

**Serpeggio**

Qsk-LM71	Qsk-SW0	Qsk-SW2
kN	kN	kN

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	32 di 42

	100	0	100
$\alpha$	1,1	1,1	1
	<b>110</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

**Avviamento**

Campata	Luce	$q_{ia,k}$	$Q^*_{ia,k}$
-	m	kN/m	kN
1	51	33	1683
2	120	33	3960
3	0	33	0
			<b>5643</b>

$Q_{ia,k}$	1000	kN
$\alpha$	1,1	-
	<b>1100</b>	kN

**Frenatura**

**LM71 - SW/0**

Campata	Luce	incidenza	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	-	kN/m	kN
1	51	0	20	0
2	120	1	20	2400
3	0	0	20	0
				<b>2400</b>

$Q_{ib,k,LM71-SW0,max}$	6000	kN
$Q_{ib,k,LM71-SW0}$	2400	kN
$\alpha$	1,1	-
	<b>2640</b>	kN

**SW/2**

Campata	Luce	$q_{ib,k}$	$Q^*_{ib,k}$
-	m	kN/m	kN
1	51	35	1785
2	120	35	4200
3	0	35	0
			<b>5985</b>

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

$Q_{ib,k,LM71-SW0}$  **1995** kN

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	33 di 42

**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	51	9	2,5	0,5	574
2	120	9	2,5	0,5	1350
					<b>1924</b>

**Gruppi di Carico**

Carico	$R_z$	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	gruppo 1			gruppo 3				
				coeff.	$R_z$	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	coeff.	$R_z$	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$
-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN	-	kN	kN	kN
LM71 binario 1	8839	0	0	1,0	8839	0	0	1,0	8839	0	0
LM71/SW0/SW2 binario 2	9872	0	0	1,0	9872	0	0	1,0	9872	0	0
Frenatura	0	2640	0	0,5	0	1320	0	1,0	0	2640	0
Avviamento	0	1100	0	0,5	0	550	0	1,0	0	1100	0
Centrifuga	0	0	184	1,0	0	0	184	0,5	0	0	92
Serpeggio	0	0	220	1,0	0	0	220	0,5	0	0	110
					18711	1870	404		1871	3740	202

**Azioni sismiche**

Si trascura il sisma verticale

**Sisma Longitudinale**

Accelerazione sismica orizz. long.

0,57 g

Massa per carichi da traffico (totale)

4805 kN

Massa sismica Longitudinale Impalcato

51600 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	$R_z$	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$
		kN	kN	kN
Impalcato	51600	0	29412	0
carichi da traffico	4805	0	2739	0
Pulvino	0	0	0	0

**Relazione tecnico-descrittiva e di predimensionamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	21	R09	RGVI0400001	A	34 di 42

Fusto pila	42240	0	24077	0
Plinto	37800	0	21546	0

**Sisma Trasversale**

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,57 g

Massa per carichi da traffico (totale)

3742 kN

Massa sismica Trasversale Impalcato

36765 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	36765	0	0	20956
carichi da traffico	3742	0	0	2133
Pulvino	0	0	0	0
Fusto pila	42240	0	0	24077
Plinto	37800	0	0	21546

**Sisma Verticale**

Accelerazione sismica orizz. trasv.

0,2 g

Massa per carichi da traffico (totale)

3742 kN

Massa sismica Verticale Impalcato

36765 kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	36765	7353	0	0
carichi da traffico	3742	748	0	0
Pulvino	0	0	0	0
Fusto pila	42240	8448	0	0
Plinto	37800	7560	0	0

**Dati geometrici**

h<sub>G,treno</sub> 2,0 m

h<sub>impalcato</sub> 7,0 m

h<sub>pulvino</sub> 0,0 m

h<sub>pila</sub> 12,8 m

$h_{plinto}$  4,0 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	184817	157687	184817	157687	179391	157687	184817	157687	179391	157687
$R_{Long.}$	kN	2712	0	5596	0	2458	0	5596	0	2458	0
$R_{Trasv.}$	kN	586	0	2024	0	3354	0	2024	0	3354	0
$M_{Long.}$	kN-m	64534	0	133015	0	58206	0	133015	0	58206	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	14468	0	46709	0	77367	0	46709	0	77367	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
$R_z$	kN	149583	102738	135516	135516	135516	135516	135516	135516	135516	135516
$R_{Long.}$	kN	1870	15685	54152	1870	1870	54152	54152	1870	1870	54152
$R_{Trasv.}$	kN	404	13157	404	44260	44260	404	404	44260	44260	404
$M_{Long.}$	kN-m	44506	256108	898198	44506	44506	898198	898198	44506	44506	898198
$M_{Trasv.}$	kN-m	9978	203865	9978	689529	689529	9978	9978	689529	689529	9978

### 7.4 Spiccato fusto pila P10

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) 4805 kN

(0.2 carico max da traffico  
 LM71+SWx)

Massa sismica Longitudinale Impalcato  kN

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	51600	0	19608	0
carichi da traffico	4805	0	1826	0
Pulvino	0	0	0	0
Fusto pila	42240	0	16051	0
Plinto	0	0	0	0

### Sisma Trasversale

Accelerazione sismica orizz. trasv.  g

Massa per carichi da traffico (totale)  kN

Massa sismica Trasversale Impalcato  kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	36765	0	0	13971
carichi da traffico	3742	0	0	1422
Pulvino	0	0	0	0
Fusto pila	42240	0	0	16051
Plinto	0	0	0	0

### Sisma Verticale

Accelerazione sismica orizz. trasv.  g

Massa per carichi da traffico (totale)  kN

Massa sismica Verticale Impalcato  kN

(0.2 carico max da traffico  
LM71+SWx)

	Massa	R <sub>z</sub>	R <sub>Long.</sub>	R <sub>Trasv.</sub>
		kN	kN	kN
Impalcato	36765	7353	0	0
carichi da traffico	3742	748	0	0
Pulvino	0	0	0	0
Fusto pila	42240	8448	0	0
Plinto	0	0	0	0

## Dati geometrici

$h_{G,treno}$	2,0 m
$h_{impalcato}$	7,0 m
$h_{pulsino}$	0,0 m
$h_{pila}$	12,8 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.

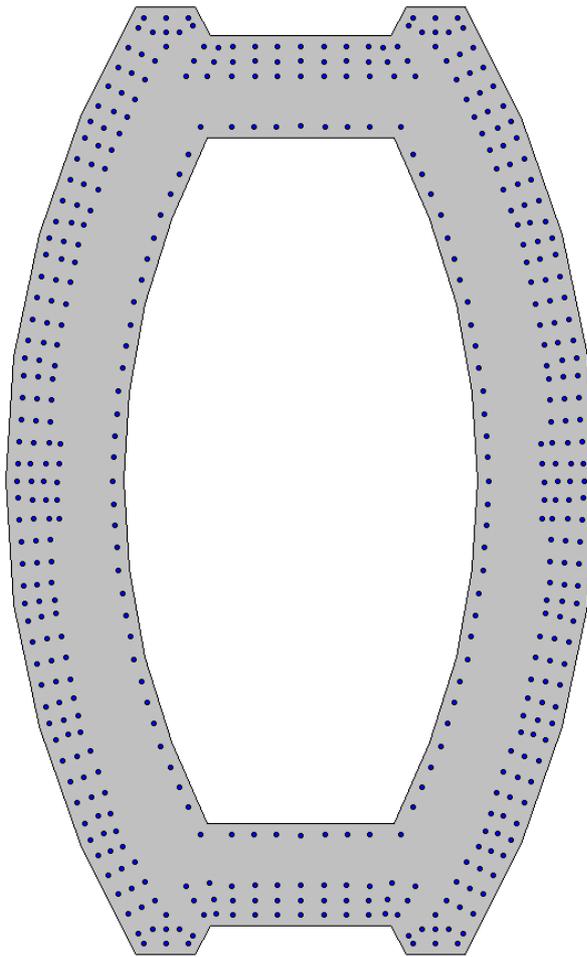
		SLU									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
$R_z$	kN	133787	106657	133787	106657	128361	106657	133787	106657	128361	106657
$R_{Long.}$	kN	2712	0	5596	0	2458	0	5596	0	2458	0
$R_{Trasv.}$	kN	586	0	2024	0	3354	0	2024	0	3354	0
$M_{Long.}$	kN-m	53688	0	110630	0	48375	0	110630	0	48375	0
$M_{Trasv.}$	kN-m	12126	0	38613	0	63951	0	38613	0	63951	0

		SLV									
		Rzmax	Rzmin	RLong.max	RLong.min	RTrasv.max	RTrasv.min	MLong.max	MLong.min	MTrasv.max	MTrasv.min
$R_z$	kN	111783	64938	97716	97716	97716	97716	97716	97716	97716	97716
$R_{Long.}$	kN	1870	10456	36724	1870	1870	36724	36724	1870	1870	36724
$R_{Trasv.}$	kN	404	8771	404	29641	29641	404	404	29641	29641	404
$M_{Long.}$	kN-m	37026	128913	466736	37026	37026	466736	466736	37026	37026	466736
$M_{Trasv.}$	kN-m	8363	100825	8363	344448	344448	8363	8363	344448	344448	8363

## 8 VERIFICHE

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione relative alle sezioni di spiccato 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  $\phi 30$ . La geometria e la disposizione delle armature considerata è riportata nella figura seguente. Nel caso in oggetto, a vantaggio di sicurezza, la sezione relativa alla pila P2 viene verificata con le sollecitazioni derivanti dalle valutazioni relative alla pila P8.



*Figura 9: Sezione trasversale pila e armatura*

Infine, si riporta di seguito la sezione considerata nelle verifiche della pila P10.

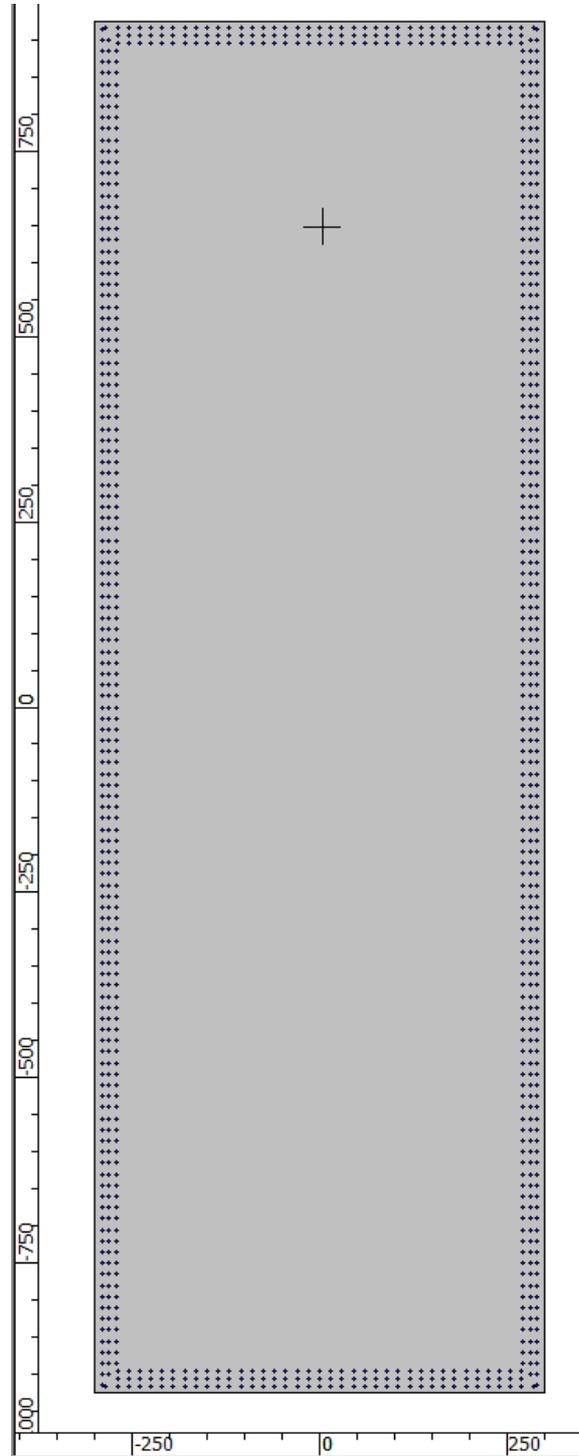
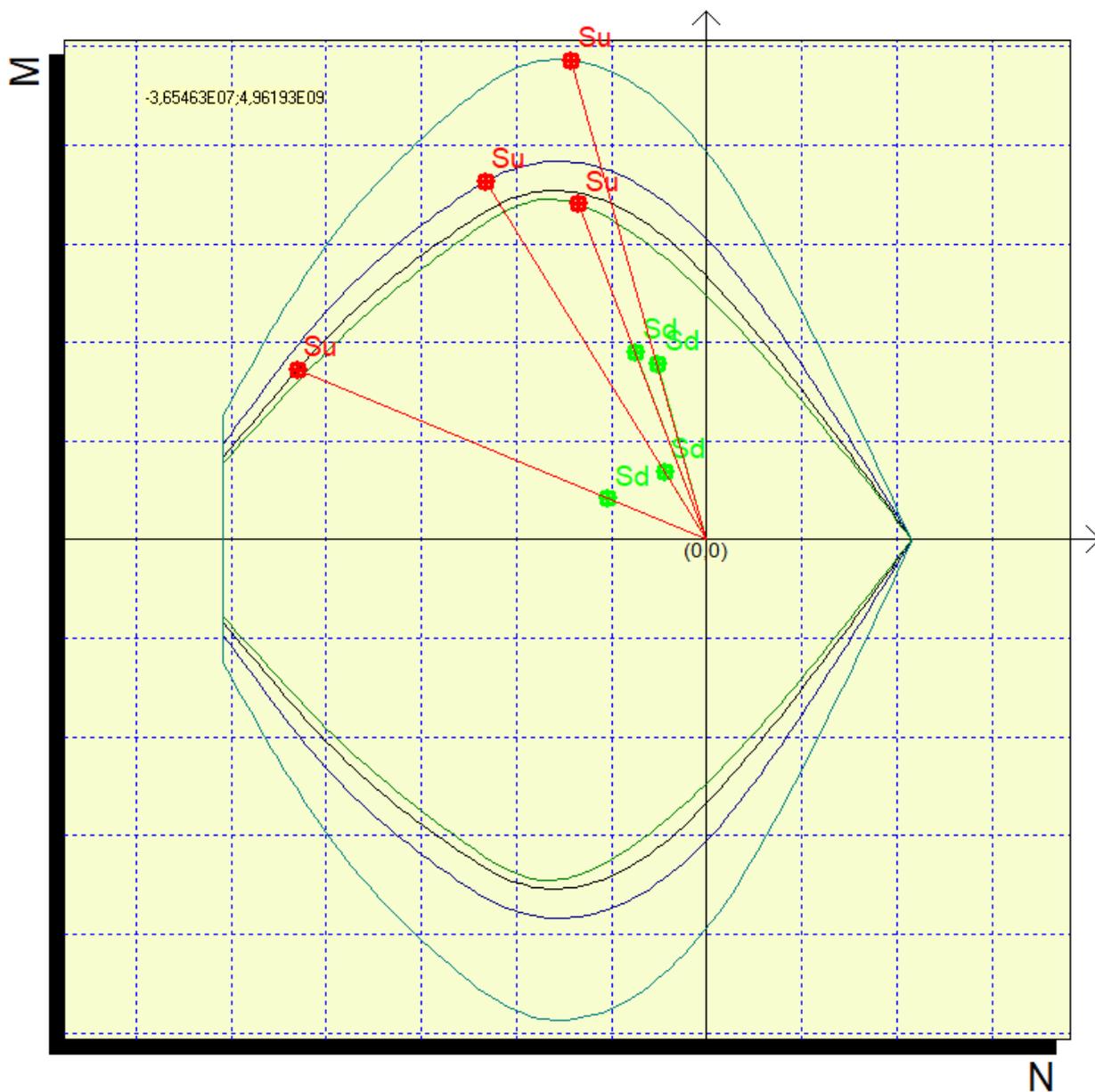


Figura 10: Sezione trasversale pila e armatura pile P10-P11

### 8.1 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	144705656.5	298435375	-6216501	4.156629	8.249695
2	392661556.9	392661556.9	-2669855.76	5.231163	4.941288
3	99797004.5	1514689356	-4512600	1.792675	1.628349
4	1408668861	205817500	-3121045	2.730712	2.501487



## 8.2 Spiccato fusto pila P10

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	121259842.2	536877000	-13378704.75	14.001833	19.749439
2	1008254508	1289130278	-6493799.13	14.625861	6.71627
3	83627477.36	4667360928	-9771555	3.130864	2.107578
4	3444475837	370260000	-9771555	13.729949	8.142236

