

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO,  
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE,  
NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

### RELAZIONE

VI - VIADOTTI

VI01 - VIADOTTO DAL Km. 6+650 AL Km. 8+490.66

Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI	

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

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	C	L	V	I	0	1	H	5	0	0	1	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	S. CHECCHI	14/06/18	PINTI	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	COPPA	
									30/06/18

File: IF1M.0.0.E.ZZ.CL.VI.01.H.5.001.A

n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	2 di 90

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>10</b>
4.1	CALCESTRUZZO .....	10
4.1.1	Strutture di elevazione.....	10
4.1.2	Plinto di fondazione.....	10
4.1.3	Pali di fondazione.....	11
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE .....	12
4.3	COPRIFERRI MINIMI.....	12
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>13</b>
5.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	13
5.2	LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI .....	13
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....</b>	<b>15</b>
6.1	CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO .....	15
6.2	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA Q <sub>6</sub> .....	15
6.3	AZIONI SISMICHE Q <sub>7</sub> .....	16
6.3.1	Spettri di risposta elastici .....	24
6.3.2	Spettri di risposta di progetto.....	26
6.3.3	Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse 31	
6.4	VARIAZIONI TERMICHE $\epsilon_3$ .....	31
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>32</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A 3 di 90

<b>8</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>38</b>
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	38
8.1.1	<i>Verifica a fessurazione .....</i>	38
8.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	39
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	41
8.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti .....</i>	41
8.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti .....</i>	41
<b>9</b>	<b>CRITERI DI MODELLAZIONE .....</b>	<b>43</b>
9.1	MODELLO STRUTTURALE DI ANALISI .....	43
9.2	MODELLAZIONE FEM .....	45
<b>10</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA....</b>	<b>46</b>
10.1	SOLLECITAZIONI AGENTI .....	49
10.2	VERIFICA DEL FUSTO .....	56
<b>11</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE.....</b>	<b>73</b>
11.1	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL PLINTO.....	75
11.1.1	<i>Plinto di fondazione s=2.5m - Verifiche a flessione – Armatura Dir.Y .....</i>	75
11.1.2	<i>Plinto di fondazione s=2.5m - Verifiche a flessione – Armatura Dir.X .....</i>	78
11.1.3	<i>Plinto di fondazione s=2.5m - Verifiche a taglio.....</i>	81
11.2	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI.....	83
<b>12</b>	<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>90</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>4 di 90</b>

## **1    PREMESSA**

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali della pile tipo B.12, previste lungo i viadotti VI01-04, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della linea ferroviaria Napoli-Bari, tratta Napoli-Cancello, in variante tra le pk 0+000 e 15+585.

In particolare, lungo il viadotto VI01 è presente un'unica pila del tipo in esame: P32.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>			IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	5 di 90

## 2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La tipologia di pila in esame prevede una sezione pseudorettangolare cava biconnessa, con larghezza pari a 3.30m in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto e lunghezza di 11.50m in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto; i setti esterni prevedono uno spessore di 0.40m; quello centrale uno spessore pari a 0.50m (Geometria tipo B).

Geometria fusto pila		Proprietà geometriche					
Sigla	Descrizione	A	s	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	B <sub>T</sub>	B <sub>L</sub>
		Sezione fusto	Spessore pulvino	Inerzia dir. trasversale	Inerzia dir. longitudinale	Lunghezza pila	Larghezza pila
[-]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm <sup>4</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ]	[m]	[m]
B	Cava biconnessa 3,3x11,5	11.451	1.2	1.347E+14	1.899E+13	11.5	3.3

L'altezza delle pile oggetto di analisi è pari a 9.0m lungo il viadotto VI01.

Il sistema di fondazione previsto è del tipo indiretto, con plinti di spessore pari a 2.5m e dimensioni in pianta 15.2x21.2m, su n.12 pali di diametro  $\phi$ 2000 (Pilinto tipo F2). In particolare, la pila in esame prevede un plinto ruotato nel piano di circa 61° rispetto all'asse del tracciato.

Tipologia sistema di fondazione		Geometria plinto			Pali	
Sigla	Descrizione	B <sub>L</sub>	B <sub>T</sub>	s	n	$\phi$
		Dimensione in pianta in direz. parallela all'asse del viadotto	Dimensione in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto	Spessore	Numero pali	diametro
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[mm]
F2	15.2x21.2x2.5	15.2	21.2	2.5	12	2000

La tipologia di impalcati afferenti il gruppo di pile in esame è individuata nel prospetto di seguito:

Coppia impalcati afferenti					
Sigla	Impalcato lato fisso pila			Impalcato lato mobile pila	
[-]	Luce [m]	Tipo [-]		Luce [m]	Tipo [-]
12	40	Acciaio-cls (travi)		72.5	Acciaio-cls (cassone)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.H5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>6 di 90</b>

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini delle carpenterie della tipologia di pila in esame. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

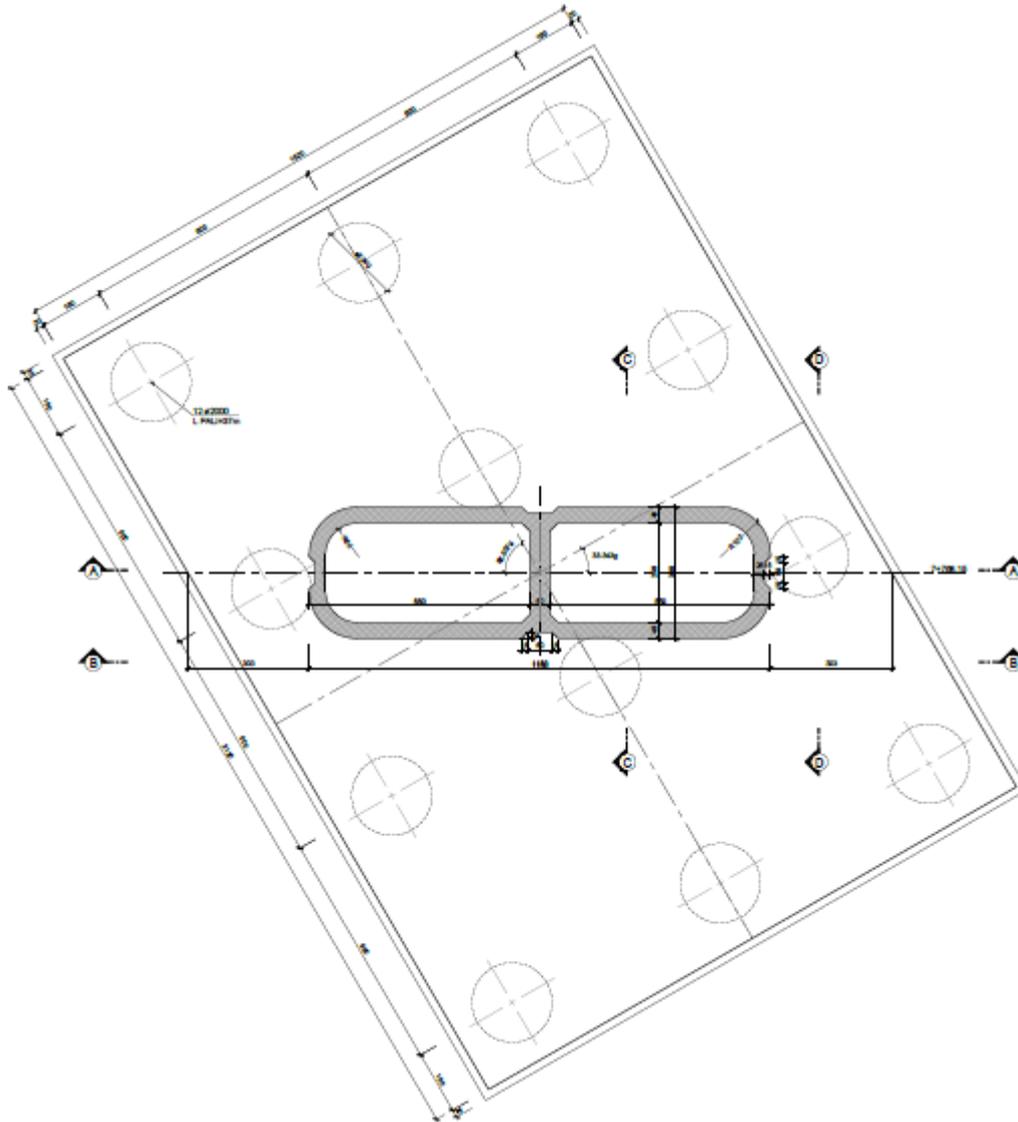


Figura 1: Vista in pianta

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>7 di 90</b>

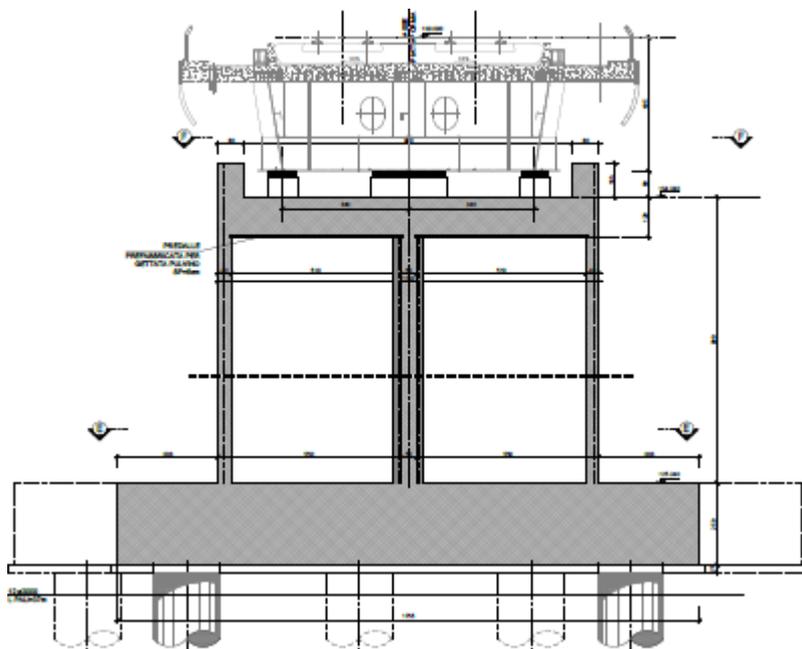


Figura 2: Sezione in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

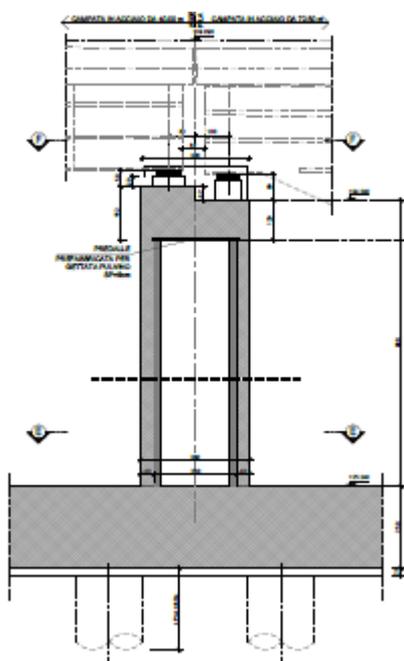


Figura 3: Sezione in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>8 di 90</b>

Di seguito si fornisce l'elenco delle pile del tipo in esame relativamente al viadotto VI01.  
Per l'individuazione dei criteri adottati per la classificazione tipologica delle pile si faccia riferimento all'elaborato dedicato.

VI	N°pila	Sigla geometria pila	Sigla coppia impalcati afferenti	Altezza pila (m)	Sigla plinto relativo	Condizioni terreno	Diametro pali (mm)	Rapporto Momento/Taglio testa palo $\alpha$ (m)	PK pila	Tipologia armatura
<b>01</b>	<b>32</b>	<b>B</b>	<b>12</b>	<b>9.0</b>	<b>F2</b>	<b>Potenzialmente liquefacibile</b>	<b>2000</b>	<b>5.2</b>	<b>7+768.15</b>	<b>Armatura tipo 4</b>

Nei paragrafi successivi, le verifiche strutturali esibite sono quelle relative alla pila caratterizzata dall'altezza massima fra quelle della tipologia in esame che prevedono la medesima tipologia di armatura.

In favore di sicurezza, per le pile di cui si mostrano le verifiche strutturali, si adotta il valore massimo del coefficiente  $\alpha$ , indicativo del rapporto momento taglio in testa al palo, tra quelli relativi alle pile del tipo in esame con la stessa tipologia di armatura. Le condizioni del terreno considerate sono quelle associate al valore di  $\alpha$  adottato.

I dati identificativi delle pile di cui si mostrano le verifiche strutturali, evidenziati in grassetto nel prospetto riportato sopra, sono sintetizzati nel capitolo di analisi dei risultati.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>9 di 90</b>

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Dicembre 2016: Manuale di progettazione delle opere civili.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	10 di 90

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2008. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Strutture di elevazione

Per il getto in opera del fusto della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

C32/40  $f_{ck} \geq 32$  MPa  $R_{ck} \geq 40$  MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [ $R_{ck} < 50/60$ ]	3.10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.1.2 Plinto di fondazione

Per il getto in opera del plinto di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 11 di 90</b>

Classe d'esposizione: XC2

C28/35  $f_{ck} \geq 28$  MPa  $R_{ck} \geq 35$  MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	29.05	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37.05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	19.37	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lunqo durata)} = 0.85 f_{cd}$	16.46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2.83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.98	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.32	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.1.3 Pali di fondazione

Per il getto in opera dei pali di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30  $f_{ck} \geq 25$  MPa  $R_{ck} \geq 30$  MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24.90	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.90	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16.60	N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 12 di 90</b>

Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lunqo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14.11	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.56	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0.05} = 0.7 f_{ctm}$	1.79	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.07	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0.05} / 1.5$	1.19	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità	$E_a = 210000 \text{ MPa}$

#### 4.3 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Strutture di elevazione	4.0 cm
Plinto di fondazione	4.0 cm
Pali di fondazione	6.0 cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 13 di 90</b>

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si esibiscono di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione di ogni tratta omogenea in cui ricadono le pile in esame. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità **DI** – Piroclastiti rimaneggiati sabbioso limose;
- Unità **Po** – Piroclastiti recenti sabbioso limose;
- Unità **Ts** – Tufo sfatto;
- Unità **TL** – Tufo litoide;
- Unità **Pb** – Piroclastiti di base sabbioso limose.

Si riportano, inoltre, per ciascuna tratta omogenea del viadotto, in cui ricadono le pile del tipo in esame, i dati relativi alla profondità di falda e la quota testa palo rispetto al piano campagna considerata.

#### VI01 – P32

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	$\gamma$	$\phi$
		(m)	(m da pc)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)
1	DI	8.0	8.0	16	28
2	Po	9.0	17.0	16	29
3	Ts	2.0	19.0	15	33
4	TL	5.0	24.0	15	35
5	Pb	26.0	50.0	16	36
6	Pb	20.0	70.0	16	36

<b>zw</b>	Profondità della falda dal p.c.	5.00 m
<b>zp</b>	Quota testa palo	3.00 m

### 5.2 LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

Sono stati rilevati livelli di terreno potenzialmente liquefacibile in corrispondenza delle fondazioni pile da P29 a P32, da P34 a P36, da P39 a P43, P55 nel VI01. Le pile del tipo in esame, interessate dalla liquefazione sono dunque: P32.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.H5.001</td> <td>A</td> <td>14 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	14 di 90
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	14 di 90								

Dall'eventuale liquefacibilità del suolo, dipende inoltre il valore del coefficiente  $\alpha$ , in quanto funzione delle caratteristiche di rigidezza relative palo-terreno, oltre che del diametro del palo. Tale parametro, espresso in metri, è indicativo del rapporto momento/taglio in testa al palo.

La sintesi delle condizioni del terreno associate a ciascuna pila e dei rispettivi valori del parametro  $\alpha$  assunti nei calcoli è riportata nei paragrafi descrittivi iniziali.

Per ulteriori dettagli, si rimanda alla Relazione Geotecnica di riferimento.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>
					PAGINA <b>15 di 90</b>	

## 6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

L'analisi dei carichi che interessano la pila è stata effettuata considerando le azioni provenienti dagli impalcati afferenti e quelle direttamente applicate sulla pila.

I carichi trasmessi dagli impalcati sono relativi alle condizioni di carico elementari, opportunamente combinate secondo le vigenti normative, analizzate nel dettaglio nelle rispettive relazioni di calcolo degli impalcati tipo che afferiscono alla pila in esame.

Si riportano di seguito la sintesi delle azioni provenienti dagli impalcati e l'analisi dei carichi elementari che interessano direttamente la pila.

### 6.1 CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO

Per la sintesi degli scarichi espletati dagli appoggi d'impalcato sulla pila, relativamente ai due lati, fisso e mobile, per ciascuna delle condizioni di carico elementari analizzate, si faccia riferimento al capitolo relativo alle sollecitazioni e alle verifiche della pila, presentato nell'analisi dei risultati.

In particolare, per quanto riguarda i carichi da traffico ferroviario trasmessi dall'impalcato, si sono considerati coefficienti dinamici unitari, conformemente con quanto prescritto nel par.2.5.1.4.2.5.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", poiché le pile in esame presentano un valore di snellezza  $\lambda < 30$ .

### 6.2 AZIONE DEL VENTO SULLA PILA $Q_6$

Si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento sul fusto della pila in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto. La sezione della pila è assimilata, per questo calcolo, a un rettangolo di dimensioni  $B_L \times B_T$ .

Si assume cautelativamente una pressione di progetto pari a  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .

Risulta pertanto sui due lati del fusto della pila:

$$q_{T,vento} = 2,5 \text{ kN/m}^2 \times B_L - \text{Carico unitario in direzione trasversale all'asse del viadotto}$$

$$q_{L,vento} = 2,5 \text{ kN/m}^2 \times B_T - \text{Carico unitario in direzione parallela all'asse del viadotto}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>16 di 90</b>

### 6.3 AZIONI SISMICHE Q<sub>7</sub>

Nel presente paragrafo si riportano la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del DM 14.1.2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel DM 14.1.2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

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

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

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

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

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

$S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica;

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$a_g$ : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>17 di 90</b>

$T_B, T_C, T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T^*_C$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

$C_C$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

$T^*_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

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

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$ : con  $S_S$  pari sempre a 1 per lo spettro verticale;

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A	PAGINA 18 di 90

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 \quad T_B = 0.15 \quad T_D = 1.0$$

$F_V$ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale ( $V_N$ ), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM14/1/2008 a velocità convenzionale $V < 250$ Km/h	50
Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h	75
Altre opere nuove a velocità $V > 250$ Km/h	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	$\geq 100$

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni.

### Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 19 di 90</b>

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto si considera una **Classe d'uso III**.

### Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_n \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a  $75 \times 1,5 = 112,5$  anni.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A	PAGINA 20 di 90

### Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### Accelerazione ( $a_g$ ), fattore ( $F_0$ ) e periodo ( $T^*_c$ )

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima sul sito;

$F_0$ : 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.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento ( $V_R$ ), e quindi dalla vita nominale ( $V_N$ ) e dalla classe d'uso ( $C_u$ ) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

Latitudine: 40.934039°

Longitudine: 14.355459°

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A	PAGINA 21 di 90
		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.072	2.345	0.324
SLD	113	0.092	2.351	0.335
SLV	1068	0.218	2.470	0.357
SLC	2193	0.269	2.560	0.359

Tabella 1: Valutazione dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_C^*$  per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

I parametri ai quali si è fatto riferimento nella definizione dell'azione sismica di progetto, indicati nella tabella precedente, corrispondono, cautelativamente, a quei parametri che danno luogo al sisma di massima entità, fra tutti quelli individuati lungo le progressive dell'opera in progetto.

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 14.1.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)
- SLC: Stato Limite di Collasso (Stato Limite Ultimo)
- SLO: Stato Limite di Operatività (Stato Limite di Esercizio)

Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica. Per quanto riguarda lo stato limite di collasso (SLC), questo è stato considerato per le combinazioni sismiche di verifica dei ritegni sismici; si faccia pertanto riferimento alle considerazioni presentate nelle rispettive relazioni di calcolo di impalcato.

Si riportano al termine dell'analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici e di progetto per il restante stato limite (SLV).

## Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 22 di 90</b>
<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						

nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_{s30}$ , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$  (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Si considera una **categoria C** di suolo di fondazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A	PAGINA 23 di 90

### Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti,  $S_s$  e  $C_c$ , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo C) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.38$$

$$C_c = 1.48$$

### Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame  $S_T = 1$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>24 di 90</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>								

### 6.3.1 Spettri di risposta elastici

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

#### Stato limite di salvaguardia della vita

Di seguito si forniscono lo spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita e la tabella dei parametri rispettivi.

#### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

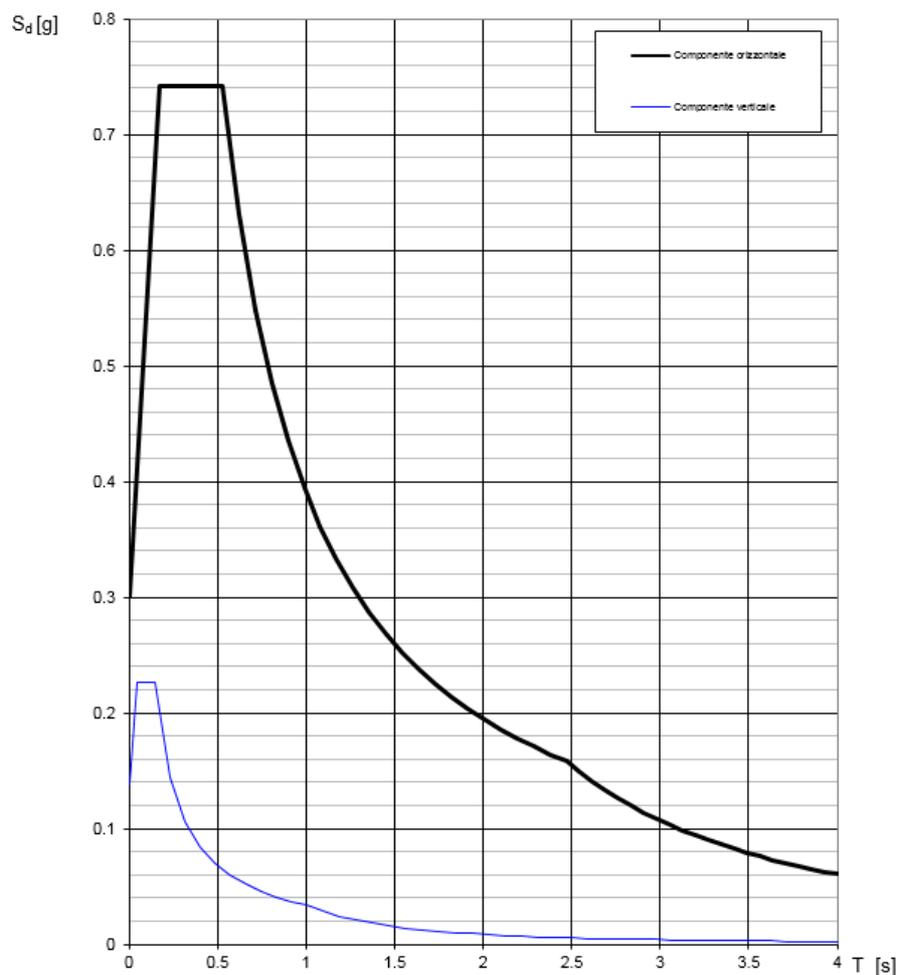


Figura 4: Spettri di risposta elastici\_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A	PAGINA 25 di 90

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.218 g
$F_0$	2.470
$T_C$	0.357 s
$S_S$	1.377
$C_C$	1.476
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.377
$\eta$	1.000
$T_B$	0.175 s
$T_C$	0.526 s
$T_D$	2.473 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.300
$T_B$ ←	0.175	0.742
$T_C$ ←	0.526	0.742
	0.619	0.631
	0.712	0.549
	0.804	0.485
	0.897	0.435
	0.990	0.394
	1.082	0.361
	1.175	0.332
	1.268	0.308
	1.360	0.287
	1.453	0.269
	1.546	0.253
	1.638	0.238
	1.731	0.225
	1.824	0.214
	1.916	0.204
	2.009	0.194
	2.102	0.186
	2.195	0.178
	2.287	0.171
	2.380	0.164
$T_D$ ←	2.473	0.158
	2.545	0.149
	2.618	0.141
	2.691	0.133
	2.764	0.126
	2.836	0.120
	2.909	0.114
	2.982	0.109
	3.054	0.103
	3.127	0.099
	3.200	0.094
	3.273	0.090
	3.345	0.086
	3.418	0.083
	3.491	0.079
	3.564	0.076
	3.636	0.073
	3.709	0.070
	3.782	0.067
	3.855	0.065
	3.927	0.063
	4.000	0.060

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	26 di 90

### 6.3.2 Spettri di risposta di progetto

In accordo con il par. 3.2.3.5 del DM 14.1.2008 le capacità dissipative delle strutture possono essere prese in considerazione attraverso una riduzione delle forze elastiche. Tale riduzione tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  che ne risulta, sia per le componenti orizzontali, che per la componente verticale, deriva dunque dallo spettro elastico con le ordinate ridotte e lo si ottiene sostituendo, nelle espressioni che lo definiscono, il termine  $\eta$  con il termine  $1/q$ , dove  $q$  è il cosiddetto fattore di struttura.

Il fattore di struttura è definito in accordo con il par. 7.3.1 del DM 14.1.2008:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

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

$K_R$  è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Nel caso di pile da ponte in c.a. in **classe di duttilità "B" (CD "B")**, in accordo con il par. 7.9.2.1 (Tabella 7.9.I) DM 14.1.2008 (Tabella 7.9.I), il valore di  $q_0$  è pari ad 1.5 mentre il valore di  $K_R$  è pari ad 1, per cui, in definitiva, per le componenti orizzontali dell'azione sismica si adotta:

$$q = 1.5$$

Per la componente verticale, il fattore di struttura per i ponti è unitario ( $q = 1$ ), quindi si utilizza lo spettro elastico.

L'utilizzo di uno spettro di risposta di progetto ( $q > 1$ ) implica il rispetto di quelli che sono i requisiti normativi della gerarchia delle resistenze, descritti nello specifico nei paragrafi relativi al calcolo e alla verifica dei singoli elementi strutturali.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. PAGINA A 27 di 90

### Stato limite di salvaguardia della vita

Secondo quanto riportato nel DM 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 3.2.3.5, lo spettro di progetto delle componenti orizzontali per lo SLV è stato determinato secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\frac{1}{q} \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{15}{q} \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

$S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

In cui :

$C_C$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>28 di 90</b>

$T^*_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_B$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$T_D$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

$q$ : fattore di struttura.

Sulla base delle coordinate geografiche del sito su cui sorge l'opera in esame, sono stati determinati gli spettri di risposta di progetto ed i parametri per lo *SLV*, riportati di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>									
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>				PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>29 di 90</b>

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

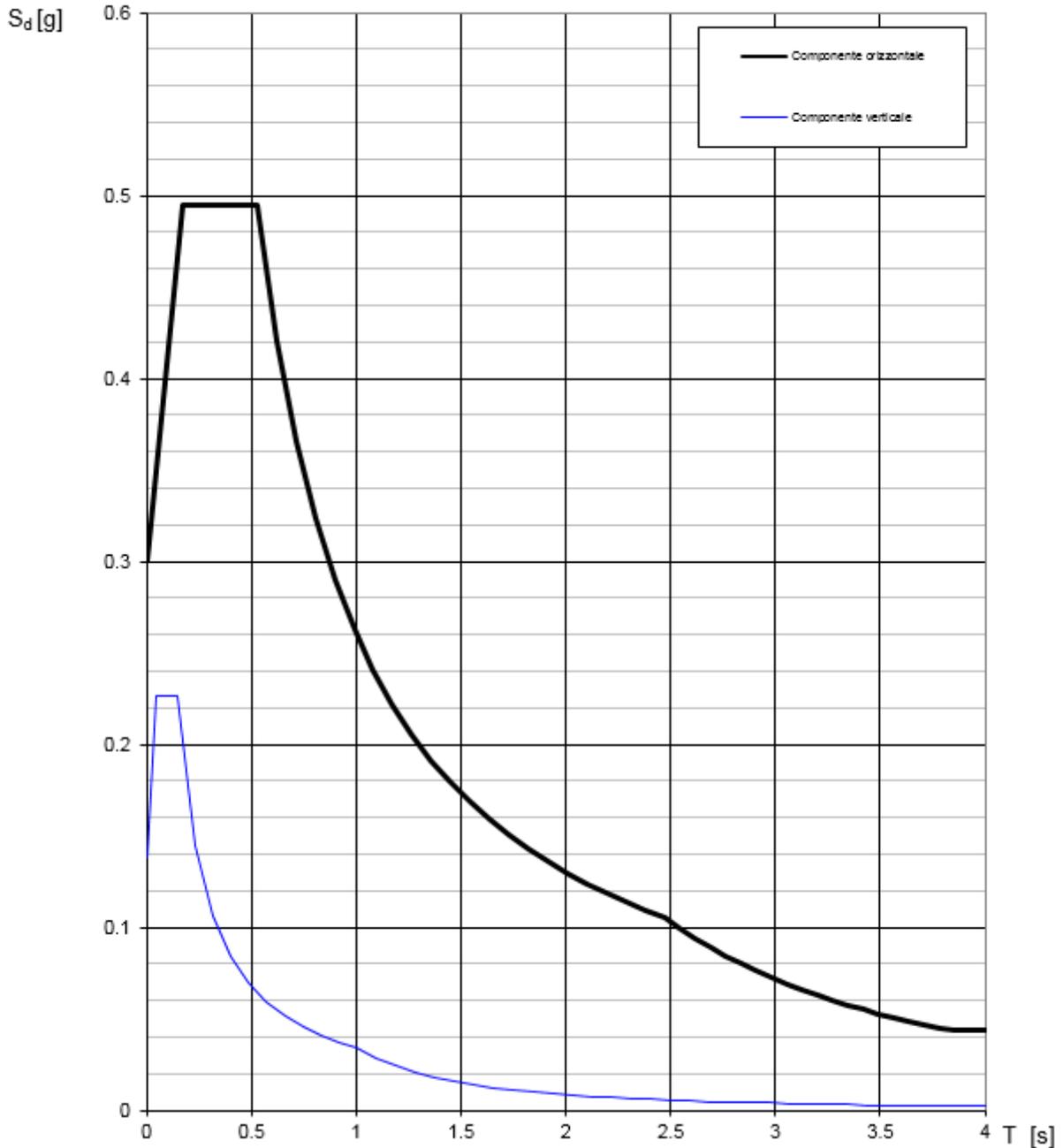


Figura 5: Spettri di risposta di progetto ( $q=1,5$ )\_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>30 di 90</b>

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.218 g
$F_0$	2.470
$T_C$	0.357 s
$S_S$	1.377
$C_C$	1.476
$S_T$	1.000
$q$	1.500

### Parametri dipendenti

$S$	1.377
$\eta$	0.667
$T_B$	0.175 s
$T_C$	0.526 s
$T_D$	2.473 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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]	Se [g]
	0.000	0.300
$T_B$	0.175	0.495
$T_C$	0.526	0.495
	0.619	0.421
	0.712	0.366
	0.804	0.324
	0.897	0.290
	0.990	0.263
	1.082	0.240
	1.175	0.221
	1.268	0.205
	1.360	0.191
	1.453	0.179
	1.546	0.168
	1.638	0.159
	1.731	0.150
	1.824	0.143
	1.916	0.136
	2.009	0.130
	2.102	0.124
	2.195	0.119
	2.287	0.114
	2.380	0.109
$T_D$	2.473	0.105
	2.545	0.099
	2.618	0.094
	2.691	0.089
	2.764	0.084
	2.836	0.080
	2.909	0.076
	2.982	0.072
	3.054	0.069
	3.127	0.066
	3.200	0.063
	3.273	0.060
	3.345	0.057
	3.418	0.055
	3.491	0.053
	3.564	0.051
	3.636	0.049
	3.709	0.047
	3.782	0.045
	3.855	0.044
	3.927	0.044
	4.000	0.044

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>31 di 90</b>

### **6.3.3 Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse**

Il sisma viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate (direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto e trasversale); per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

Per quanto riguarda la valutazione delle masse sismiche, nel caso di ponti, in accordo con il par. 3.2.4 del D.M. 14/01/2008, oltre alla massa efficace dell'impalcato e della pila, è stata considerata un'aliquota pari al 20% del carico dovuto al transito dei treni: questo è stato ottenuto tenendo conto dello scenario più gravoso tra quello che vede la presenza sui due binari di due treni di carico LM71 e quello caratterizzato da un treno LM71 e da un treno tipo SW/2.

In direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, la lunghezza di impalcato di competenza della pila, per il calcolo delle masse sismiche, è quella relativa all'impalcato "lato fisso"; in direzione trasversale, è pari alla somma della metà della luce dell'impalcato "lato fisso" e della metà di quella dell'impalcato "lato mobile".

La valutazione delle masse sismiche è esplicitata nell'analisi dei risultati, per ciascuna delle due direzioni di verifica.

### **6.4 VARIAZIONI TERMICHE $\epsilon_3$**

Per l'analisi termica delle pile cave, eseguita in accordo con quanto previsto nel par. 5.2.2.5.2 del DM 14.1.2008, si rimanda all'apposita relazione di calcolo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 32 di 90</b>

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2008:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  e quelli dei coefficienti di combinazione  $\Psi_{ij}$  sono stati desunti dal par. 5.2.3.3.1 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti ferroviari'. Di seguito si riportano le Tabelle di riferimento.

Per quanto riguarda il coefficiente di combinazione  $\Psi_{2j}$  relativo ai carichi dovuti al transito dei treni, come anticipato in precedenza, questo si assume pari a 0,2 nelle combinazioni sismiche, conformemente a quanto prescritto nel par. 3.2.4 del DM 14.1.2008.

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>33 di 90</b>

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

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

Figura 6: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008

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

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

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

Figura 7: Valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>		Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b> PAGINA <b>34 di 90</b>

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 8: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008

Conformemente con quanto prescritto al par.5.2.3.1.3 del D.M. 14 gennaio 2008, gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008, riportata di seguito.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo.2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante  
(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Figura 9: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nel prospetto di seguito i coefficienti dedotti per ciascuna delle combinazioni di carico adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGIO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA <b>IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.01.H5.001 A 35 di 90</b>

Combinazione	Gruppo	Traffico	G1	G2	Q3,a B1-SW2	Q3,a B1-LM71	Q3,a B2-LM71	Q3,f B1-SW2	Q3,f B1-LM71	Q3,f B2-LM71	Q4 B1-SW2	Q4 B1-LM71	Q4 B2-LM71	Q5 B1-SW2	Q5 B1-LM71	Q5 B2-LM71	Q6	LM71_B1	LM71_B2	SW2_B1	A_Gk	A_Qk	
SLU-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1.35	1.5	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0	-1.35	-1.45	
SLU-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1.35	1.5	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0	-1.35	-1.45	
SLU-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-1.45	
SLU-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-1.45	
SLU-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45	-1.35	-0.725	
SLU-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45	-1.35	-0.725	
SLU-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-0.725	
SLU-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-0.725	
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	Gr.1	(N)	1	1	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0	-1	-1.45	
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	Gr.3	(N)	1	1	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0	-1	-1.45	
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45	
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45	
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45	-1	-0.725	
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45	-1	-0.725	
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45	
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45	
SLV-EL+0.3ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
SLV-0.3EL+ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
SLE-C-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0	1	1	0	1	1	0.6	1	1	0	-1	-1	
SLE-C-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.6	1	1	0	-1	-1	
SLE-C-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1	-1	-1	
SLE-C-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1	-1	-1	
SLE-C-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0	1	0	0	0.6	0	0	1	-1	-0.5	
SLE-C-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.6	0	0	1	-1	-0.5	
SLE-C-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1	-1	-1	
SLE-C-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1	-1	-1	
SLE-F-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.4	0	0	0	0.4	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	-1	-0.8	
SLE-F-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.8	0.8	0	-1	-0.8	
SLE-F-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8	
SLE-F-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8	
SLE-F-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.4	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8	-1	-0.4	
SLE-F-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0.4	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.8	-1	-0.4	
SLE-F-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8	
SLE-F-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8	
SLE-QP	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 2: Combinazioni di carico

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>36 di 90</b>
		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					

I casi di carico che figurano nelle combinazioni sopra riportate, fanno riferimento alle seguenti azioni.

CASI DI CARICO		
Sigla	Tipologia	Descrizione
-	-	-
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore
Q3,a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1
Q3,a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1
Q3,a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2
Q6	Vento	Azione del vento
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1
A_Gk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincoli (aliquota dovuta ai carichi permanenti)
A_Qk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincoli (aliquota dovuta ai carichi variabili)

Tabella 3 – Casi di carico

Per quanto riguarda le condizioni di traffico indicate nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, queste fanno riferimento rispettivamente a:

- **(N)**: Condizioni di traffico normale (modello di carico LM71 su binario 1 e 2) su entrambe le campate afferenti;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>37 di 90</b>

- **(P):** Condizioni di traffico pesante (modello di carico SW/2 su binario 1 e LM71 su binario 2) su entrambe le campate afferenti;
- **1SW/2:** Condizioni di traffico pesante con un solo binario carico (SW/2 su binario 1) su entrambe le campate afferenti;
- **Max ML:** Condizioni di traffico pesante (SW/2 su binario 1, LM71 su binario 2) solo sulla campata lato appoggi fissi.

Per quanto riguarda i gruppi di carico analizzati, come visibile nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 (Gr.1-3), che danno luogo a sollecitazioni maggiori per le strutture in elevazione e in fondazione.

Inoltre, in accordo con la Tabella 5.2.V del DM 14.1.2008, le combinazioni allo SLU sono state duplicate considerando sia il possibile effetto sfavorevole che quello favorevole dei carichi permanenti strutturali e non. Nel secondo caso si sono quindi assunti valori unitari per i coefficienti  $\gamma_{Gk}$ .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	38 di 90

## 8 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - "Norme tecniche per le costruzioni"- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili" - RFI DTC SI MA IFS 001 A .

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

### 8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

#### 8.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili".

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

Nella Tabella sopra riportata,  $w_1=0.2\text{mm}$ ,  $w_2=0.3\text{mm}$ ;  $w_3=0.4\text{mm}$ .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A
					PAGINA 39 di 90	

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

- a)  $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b)  $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- *Stato limite di fessurazione:*  $w_d \leq w_1 = 0.2$  mm - combinazione di carico rara

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure  $w_d$  è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

### 8.1.2 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 2.5.1.8.3.2.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>40 di 90</b>				

$\sigma_c < 0,55 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara)

$\sigma_c < 0,40 f_{ck}$  per combinazione quasi permanente.

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$

dove  $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A 41 di 90

## 8.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 8.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )

### 8.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.01.H5.001	REV. A	PAGINA 42 di 90

corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

$d$  è l'altezza utile della sezione;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione;

$\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;

$A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;

$S$  è interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\theta$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );

$\alpha$  è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A 43 di 90

## 9 CRITERI DI MODELLAZIONE

### 9.1 MODELLO STRUTTURALE DI ANALISI

Conformemente con quanto prescritto nel par.7.9.4.1 del DM 14.1.2008, risulta applicabile, nel caso in esame di ponte a travate semplicemente appoggiate, per entrambe le direzioni di verifica della pila (longitudinale e trasversale rispetto all'asse del viadotto), un'analisi statica lineare, sviluppata riconducendo la pila allo schema di oscillatore semplice con incastro alla base, a quota estradosso plinto di fondazione.

L'analisi prevede l'applicazione sulla pila di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica. L'entità di queste forze si ottiene desumendo l'accelerazione corrispondente al periodo della pila nella direzione considerata dallo spettro elastico/di progetto. Il periodo fondamentale  $T_1$ , in corrispondenza del quale valutare la risposta spettrale in accelerazione  $S_d(T_1)$  è dato in entrambi i casi dall'espressione:

$$T_1 = 2 \pi \sqrt{M/K}$$

in cui la massa  $M$ , da considerare concentrata in testa alla pila, in corrispondenza dell'impalcato, vale la massa di impalcato afferente alla pila, più la massa della metà superiore della pila (massa efficace) e  $K$  consiste nella rigidezza laterale della pila nella direzione considerata.

La massa efficace della pila non risulta superiore ad 1/5 della massa di impalcato da essa portata, requisito necessario per l'applicabilità dell'analisi statica lineare.

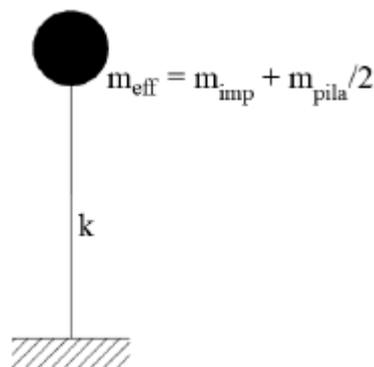


Figura 11: Modello della pila ad oscillatore semplice

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>44 di 90</b>

Per tener conto dell'influenza della fessurazione sulla rigidezza, in accordo con il par.7.2.6 del DM 14.1.2008, si è considerato un abbattimento del modulo elastico pari al 50%, rispetto al valore iniziale  $E_{cm}$  con conseguente abbattimento delle rigidezze flessionali della pila nelle due direzioni e corrispondente aumento dei periodi di vibrazione. Questa condizione rappresenta lo scenario più gravoso per la struttura in esame: in condizioni iniziali non fessurate, le pile sono caratterizzate da rigidezze molto alte, dunque periodi di vibrazione molto bassi (spesso  $T_1 < T_B$  o al più  $T_B < T_1 \ll T_C$ ) ai quali corrispondono ordinate spettrali prossime o uguali a quelle di massima amplificazione (plateau dello spettro di risposta). In definitiva, in questo ramo dello spettro, un aumento del periodo di vibrazione, legato ad un abbattimento della rigidezza, comporta un aumento dell'accelerazione sismica considerata.

Inoltre, secondo quanto anticipato nel paragrafo relativo alle azioni sismiche, la valutazione degli effetti dell'azione sismica viene effettuata considerando uno spettro di progetto, ottenuto riducendo lo spettro elastico mediante un fattore di struttura pari ad 1.5, in modo da tener conto in maniera semplificata della capacità dissipativa anelastica della struttura.

Per questioni legate al criterio di gerarchia delle resistenze, gli spettri elastici ( $q=1$ ) verranno utilizzati solo nel caso della verifica degli apparecchi di appoggio e per la valutazione delle azioni in fondazione; si rimanda ai relativi paragrafi per approfondimenti in merito all'applicazione del criterio di gerarchia delle resistenze per i diversi elementi strutturali.

Si ribadisce inoltre che per la valutazione delle masse sismiche del viadotto, oltre alla massa efficace dell'impalcato e della pila, è stata considerata anche un'aliquota pari al 20% del carico dovuto al transito dei mezzi.

Nel paragrafo relativo all'analisi dei risultati si riportano tutte le valutazioni effettuate per l'analisi sismica della pila in esame, sia in ipotesi di sezione fessurata che non fessurata, con riferimento allo spettro elastico ( $q=1$ ) e allo spettro di progetto ( $q=1.5$ ).

Oltre alle sollecitazioni destinate in condizioni sismiche, desunte seguendo i criteri sopra elencati, le sollecitazioni di verifica della pila indotte in condizioni statiche, sono state determinate a partire dai valori delle azioni trasmesse dagli impalcato afferenti, alla quota degli apparecchi di appoggio. Queste sono state trasportate in corrispondenza della testa della pila per le singole condizioni di carico e quindi alla base della pila, facendo riferimento a uno schema a mensola.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>45 di 90</b>

## 9.2 MODELLAZIONE FEM

L'analisi strutturale del sistema di fondazione della pila in esame è stata condotta mediante una modellazione tridimensionale eseguita utilizzando il software agli elementi finiti MidasGen ver. 11.12.

Il plinto di fondazione è stato modellato mediante elementi bidimensionali a piastra (shell), cui si è assegnato lo spessore corrispondente; la palificata di sostegno è stata simulata con elementi monodimensionali a trave (beam): l'interazione tra il terreno e i pali di fondazione è stata modellata tramite l'applicazione di molle non lineari orizzontali e molle lineari verticali.

I carichi assegnati nei vari punti della struttura sono stati desunti dall'analisi dei carichi descritta in precedenza.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso il modello tridimensionale agli elementi finiti descritto, schematizzato nelle Figure seguenti.

Gli assi di riferimento adottati sono:

- x = asse trasversale rispetto all'asse del viadotto
- y = asse longitudinale rispetto all'asse del viadotto
- z = asse verticale

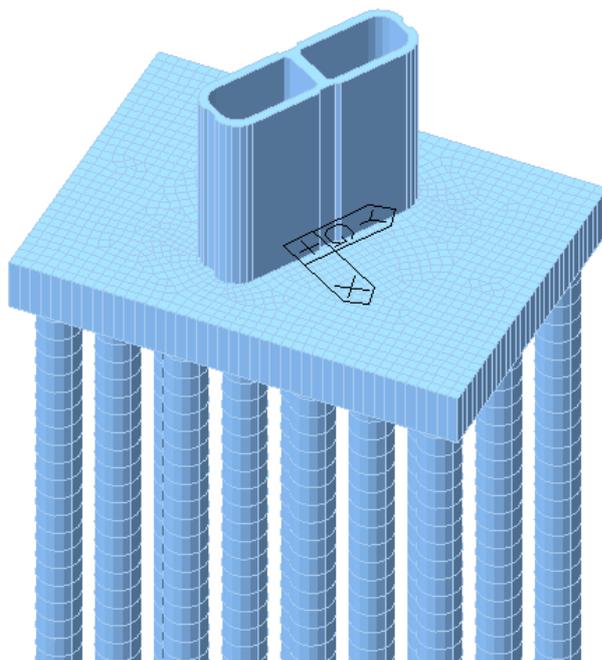


Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>46 di 90</b>	

## 10 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA

Nei paragrafi successivi si esibiscono le sollecitazioni e le verifiche strutturali relative al fusto della pila caratterizzata dall'altezza massima fra quelle del tipo in esame che prevedono la medesima tipologia di armatura.

Per le sollecitazioni relative a ciascuna delle pile, si faccia riferimento ai tabulati di calcolo.

I dati identificativi della pila di cui si mostrano le verifiche strutturali, sono sintetizzati nel prospetto di seguito.

	<b>VI. 01</b>	-	WBS viadotto
	<b>P 32</b>	-	Numero pila
Sigla geometria	B		Codice pila per tipologia geometria
Sigla impalcati afferenti	12	-	Codice pila per tipologia impalcati afferenti
H <sub>p</sub>	9.00	m	Altezza pila

Si riportano di seguito la sintesi delle proprietà geometriche e meccaniche delle pile di calcolo, nonché le valutazioni effettuate per l'analisi sismica, sia in ipotesi di sezione fessurata che non fessurata, con riferimento allo spettro elastico (q=1) e allo spettro di progetto (q=1.5): come anticipato nei criteri di modellazione, l'analisi è stata sviluppata riconducendo la pila allo schema di oscillatore semplice con incastro alla base.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.H5.001    A    47 di 90</b>	

PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PILA			
	<b>VI. 01</b>	-	WBS viadotto
	<b>P 32</b>	-	Numero pila
Sigla pila	B	-	Tipologia pila per geometria
H <sub>p</sub>	9.0	m	Altezza pila
γ	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume
f <sub>ck</sub>	32	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
s	1.2	m	Altezza sezione piena estremità superiore pila
s*	0.65	m	Altezza protuberanze pila
A	11.45	m <sup>2</sup>	Sezione trasversale fusto pila
A <sub>sup</sub>	36.32	m <sup>2</sup>	Sezione trasversale estremità superiore pila
A <sub>sup</sub> *	3.88	m <sup>2</sup>	Sezione protuberanze testa pila (2 totali)
I <sub>y</sub>	1.35E+14	mm <sup>4</sup>	Inerzia mensola direzione trasversale
I <sub>z</sub>	1.90E+13	mm <sup>4</sup>	Inerzia mensola longitudinale
E	33346	MPa	Modulo di elasticità
K <sub>T</sub>	18485753	N/mm	Rigidezza flessionale direzione trasversale
K <sub>L</sub>	2605320	N/mm	Rigidezza flessionale direzione longitudinale
K <sub>T,fess</sub>	9242876	N/mm	Rigidezza flessionale in condizioni fessurate direzione trasversale
K <sub>L,fess</sub>	1302660	N/mm	Rigidezza flessionale in condizioni fessurate direzione longitudinale
P <sub>pila_tot</sub>	3386	kN	Peso proprio pila
P <sub>sup.pila</sub>	2269	kN	Peso proprio della metà superiore della pila (Peso metà fusto+Peso pulvino)
P <sub>inf.pila</sub>	1116	kN	Peso proprio della metà inferiore della pila (Peso metà fusto)
m <sub>pila_tot</sub>	345	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa pila
m <sub>sup.pila</sub>	231	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa della metà superiore della pila
m <sub>inf.pila</sub>	114	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa della metà inferiore della pila
Applicabilità analisi statica lineare		<b>Analisi statica lineare applicabile</b>	

CALCOLO MASSA EFFICACE PILA/IMPALCATO			
Sigla impalcato afferenti	12	-	
<u>Direzione longitudinale</u>			
P <sub>impalcato</sub>	8200	kN	Peso dell'impalcato (travi+soletta)
P <sub>permanenti portati</sub>	8900	kN	Carichi permanenti portati totali
P <sub>traffico ferroviario</sub>	10600	kN	Carico ferroviario
0.2xP <sub>traffico ferroviario</sub>	2120	kN	20% del carico dovuto al transito dei mezzi
m <sub>impalcato</sub>	1960	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa impalcato (PP+PERM.+0.2ACC) - direzione longitudinale
<b>m<sub>efficace tot - longitudinale</sub></b>	<b>2202</b>	<b>kN/m/s<sup>2</sup></b>	<b>Massa efficace pila sup.+impalcato - direzione longitudinale</b>
<u>Direzione trasversale</u>			
P <sub>impalcato</sub>	12900	kN	Peso dell'impalcato (travi+soletta)
P <sub>permanenti portati</sub>	12500	kN	Carichi permanenti portati totali
P <sub>traffico ferroviario</sub>	14150	kN	Carico ferroviario
0.2xP <sub>traffico ferroviario</sub>	2830	kN	20% del carico dovuto al transito dei mezzi
m <sub>impalcato</sub>	2879	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa impalcato (PP+PERM.+0.2ACC) - direzione trasversale
<b>m<sub>efficace tot - trasversale</sub></b>	<b>3121</b>	<b>kN/m/s<sup>2</sup></b>	<b>Massa efficace pila sup.+impalcato - direzione trasversale</b>

PARAMETRI SPETTRALI		
a <sub>g</sub>	0.218	g    PGA
S <sub>s</sub>	1.377	Coefficiente stratigrafico
a <sub>g</sub> (T=0)	0.300	g    Accelerazione spettrale al suolo (a <sub>g</sub> *S)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>48 di 90</b>
		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					

<b>CALCOLO PERIODO DI VIBRAZIONE PILA IN DIREZIONE LONGITUDINALE</b>		
<u>Ipotesi sezione non fessurata (<math>E = E_m</math>)</u>		
TL	0.183 s	Periodo di vibrazione
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.494 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1.5$ )
FL	10672 kN	Taglio longitudinale base pila
ML	96044 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.741 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1$ )
FL	16007 kN	Taglio longitudinale
ML	144066 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<u>Ipotesi sezione fessurata (<math>E_f = 0.5E</math>)</u>		
TL,fess	0.258 s	
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.494 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1.5$ )
FL	10672 kN	Taglio longitudinale base pila
ML	96044 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.741 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ( $q=1$ )
Fi,sup	15932 kN	Forza di inerzia parte superiore
Fi,inf	6378 kN	Forza di inerzia parte inferiore
FL	22311 kN	Taglio longitudinale intradosso plinto
ML	191196 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato

<b>CALCOLO PERIODO DI VIBRAZIONE PILA IN DIREZIONE TRASVERSALE</b>		
<u>Ipotesi sezione non fessurata (<math>E = E_m</math>)</u>		
Tt	0.082 s	
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.389 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1.5$ )
FT	11892 kN	Taglio trasversale
MT	107031 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.501 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1$ )
FT	15339 kN	Taglio trasversale
MT	138051 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<u>Ipotesi sezione fessurata (<math>E_f = 0.5E</math>)</u>		
TT,fess	0.115	
<b>Spettro di progetto (<math>q = 1.5</math>)</b>		
ag(T)	0.427 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1.5$ )
FT	13077 kN	Taglio trasversale
MT	117690 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<b>Spettro elastico (<math>q = 1</math>)</b>		
ag(T)	0.589 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ( $q=1$ )
Fi,sup	17972 kN	Forza di inerzia parte superiore
Fi,inf	6378 kN	Forza di inerzia parte inferiore
FT	24350 kN	Taglio trasversale
MT	214648 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>49 di 90</b>

## 10.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Si riporta di seguito la sintesi degli scarichi espletati dagli appoggi d'impalcato sulla pila, relativamente ai due lati, fisso e mobile, per ciascuna delle condizioni di carico elementari analizzate. Le grandezze che figurano nella Tabella di seguito fanno riferimento alle seguenti azioni trasmesse dagli appoggi:

N: Reazione verticale (positiva, se diretta verso l'alto)

Ht: Reazione orizzontale, in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

Hi: Reazione orizzontale, in direzione parallela all'asse del viadotto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>50 di 90</b>

CASI DI CARICO		APPOGGIO 1			APPOGGIO 2			APPOGGIO 3			APPOGGIO 4		
Sigla	Tipologia	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	1100.0	0.0	0.0	950.0	0.0	0.0	950.0	0.0	0.0	1100.0	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	1250.0	0.0	0.0	900.0	0.0	40.0	900.0	0.0	70.0	1400.0	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Aviamento treno	-50.0	0.0	0.0	-100.0	40.0	520.0	-100.0	40.0	540.0	-50.0	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Aviamento treno	-50.0	0.0	0.0	-100.0	50.0	580.0	-100.0	50.0	590.0	-50.0	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Aviamento treno	50.0	0.0	0.0	100.0	50.0	-590.0	100.0	50.0	-580.0	50.0	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	50.0	0.0	0.0	100.0	-60.0	-710.0	150.0	-60.0	-720.0	50.0	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	50.0	0.0	0.0	100.0	-40.0	-450.0	100.0	-40.0	-450.0	50.0	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	-50.0	0.0	0.0	-100.0	-40.0	450.0	-100.0	-40.0	450.0	-50.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-100.0	0.0	0.0	-50.0	110.0	0.0	50.0	110.0	0.0	150.0	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-150.0	0.0	0.0	-100.0	170.0	30.0	100.0	170.0	-20.0	200.0	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-200.0	0.0	0.0	-100.0	170.0	20.0	100.0	170.0	-30.0	150.0	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	-50.0	60.0	0.0	100.0	60.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	-50.0	60.0	0.0	100.0	60.0	0.0	150.0	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-150.0	0.0	0.0	-100.0	60.0	0.0	50.0	60.0	0.0	50.0	0.0	0.0
Q6	Vento	-150.0	0.0	0.0	-50.0	190.0	30.0	50.0	190.0	-30.0	200.0	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	50.0	0.0	0.0	400.0	0.0	120.0	1000.0	0.0	110.0	1050.0	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	850.0	0.0	0.0	1000.0	0.0	90.0	500.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	50.0	0.0	0.0	500.0	0.0	130.0	1100.0	0.0	130.0	1200.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	120.0	120.0	0.0	230.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	130.0	130.0
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	30.0	30.0	0.0	90.0	50.0	0.0	50.0	50.0	0.0	40.0	40.0

Tabella 5: Scarichi espletati dagli appoggi per le singole condizioni di carico – Lato fisso

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>51 di 90</b>

CASI DI CARICO		APPOGGIO 5			APPOGGIO 6			APPOGGIO 7			APPOGGIO 8		
Sigla	Tipologia	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	2750.0	0.0	0.0	2750.0	0.0	0.0	3300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	2350.0	0.0	0.0	2450.0	0.0	0.0	3250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Aviamento treno	50.0	0.0	0.0	50.0	-40.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Aviamento treno	50.0	0.0	0.0	50.0	-40.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Aviamento treno	-50.0	0.0	0.0	-50.0	-40.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	-50.0	0.0	0.0	-100.0	80.0	0.0	-100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	-50.0	0.0	0.0	-50.0	50.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	50.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-350.0	0.0	0.0	100.0	470.0	0.0	450.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-450.0	0.0	0.0	150.0	540.0	0.0	550.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-550.0	0.0	0.0	-150.0	540.0	0.0	450.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	100.0	110.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-100.0	0.0	0.0	100.0	120.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-100.0	0.0	0.0	100.0	120.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q6	Vento	-400.0	0.0	0.0	50.0	710.0	0.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	100.0	0.0	0.0	1500.0	0.0	0.0	2400.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	1900.0	0.0	0.0	1700.0	0.0	0.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	100.0	0.0	0.0	1800.0	0.0	0.0	2950.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	260.0	260.0	0.0	260.0	260.0	0.0	330.0	330.0	0.0	0.0	0.0
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	60.0	60.0	0.0	110.0	110.0	0.0	110.0	110.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6: Scarichi espletati dagli appoggi per le singole condizioni di carico – Lato mobile

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>52 di 90</b>

Si riporta di seguito la sintesi delle sollecitazioni indotte nella sezione a quota testa pila, desunte dagli scarichi espletati dagli appoggi. I momenti flettenti nei due piani di verifica sono ricavati tenendo in considerazione le eccentricità, rispetto all'asse pila, dei singoli appoggi su ciascun lato, in direzione longitudinale e in direzione trasversale.

I tagli agenti in condizioni sismiche, riportati nella seguente Tabella sono ricavati, come anticipato in precedenza, dallo schema di oscillatore semplice, considerando lo spettro di risposta di progetto.

Le grandezze che figurano nelle Tabelle riportate di seguito fanno riferimento al seguente gruppo di sollecitazioni:

N: Sforzo normale (negativo, se di compressione)

Ht: Taglio in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

Hi: Taglio in direzione parallela all'asse del viadotto

Mt: Momento flettente che produce flessione nel piano ortogonale all'asse del viadotto

Ml: Momento flettente che produce flessione nel piano parallelo all'asse del viadotto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	53 di 90

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI TESTA PILA				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-55105	4251	727	40559	20910
SLU-Gr.3(N)	-54743	2649	2228	29887	21330
SLU-Gr.1(P)	-57171	3954	1082	41922	20562
SLU-Gr.3(P)	-57244	2489	2960	32410	19721
SLU-Gr.1-1SW/2	-48218	2286	495	45098	17872
SLU-Gr.3-1SW/2	-47928	1590	1532	40922	17321
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-43541	2127	1082	22775	7729
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-43034	1532	2960	19324	7323
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-44340	4251	782	37803	16733
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-43978	2649	2283	27131	17153
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-46406	3954	1137	39166	16385
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-46479	2489	3015	29654	15544
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-37453	2286	550	42341	13695
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-37163	1590	1587	38165	13144
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-32776	2127	1137	20018	3552
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-32269	1532	3015	16567	3146
SLV-EL+0.3ET	-25400	4030	10676	0	0
SLV-0.3EL+ET	-25347	13109	3215	0	0
SLE-C-Gr.1(N)	-38460	2909	505	27880	14646
SLE-C-Gr.3(N)	-38210	1804	1540	20520	14936
SLE-C-Gr.1(P)	-39885	2704	750	28820	14406
SLE-C-Gr.3(P)	-39935	1694	2045	22260	13826
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-33710	1554	345	31010	12551
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-33510	1074	1060	28130	12171
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-30485	1444	750	15615	5556
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-30135	1034	2045	13235	5276
SLE-F-Gr.1(N)	-35800	1804	382	21300	13714
SLE-F-Gr.3(N)	-35600	920	1210	15412	13946
SLE-F-Gr.1(P)	-36940	1640	578	22052	13522
SLE-F-Gr.3(P)	-36980	832	1614	16804	13058
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-32000	720	254	23804	12038
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-31840	336	826	21500	11734
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-29420	632	578	11488	6442
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-29140	304	1614	9584	6218
SLE-QP	-25400	0	110	6140	10010

Tabella 7: Sollecitazioni nella sezione a quota testa pila

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p align="center"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p align="center"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.01.H5.001</td> <td>A</td> <td>54 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	54 di 90
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	54 di 90								

Il calcolo delle massime sollecitazioni agenti a quota spiccato plinto è stato effettuato trasportando le azioni relative alla sezione di testa pila e considerando i carichi aggiuntivi relativi al peso proprio della pila e all'azione del vento sulla pila.

Di seguito se ne riporta una sintesi.

Le grandezze che figurano nelle Tabelle riportate di seguito fanno riferimento al medesimo gruppo di sollecitazioni individuato in precedenza per la sezione a quota testa pila.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>55 di 90</b>

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI BASE PILA				
	<b>N</b>	<b>Ht</b>	<b>HI</b>	<b>Mt</b>	<b>MI</b>
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-59676	4318	960	79116	28498
SLU-Gr.3(N)	-59313	2715	2460	54024	42425
SLU-Gr.1(P)	-61742	4020	1315	77804	31347
SLU-Gr.3(P)	-61814	2556	3193	55112	47406
SLU-Gr.1-1SW/2	-52788	2353	728	65972	23372
SLU-Gr.3-1SW/2	-52498	1657	1764	55532	32152
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-48112	2193	1315	42214	18515
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-47604	1599	3193	33412	35009
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-47726	4318	1015	76360	24816
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-47363	2715	2515	51268	38743
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-49792	4020	1370	75048	27665
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-49864	2556	3248	52355	43724
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-40838	2353	783	63216	19690
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-40548	1657	1819	52776	28470
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-36162	2193	1370	39457	14833
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-35654	1599	3248	30656	31327
SLV-EL+0.3ET	-28786	4030	10676	44777	100097
SLV-0.3EL+ET	-28732	13109	3215	149257	29912
SLE-C-Gr.1(N)	-41846	2954	660	54261	19890
SLE-C-Gr.3(N)	-41596	1849	1695	36956	29495
SLE-C-Gr.1(P)	-43271	2749	905	53356	21855
SLE-C-Gr.3(P)	-43321	1739	2200	37706	32930
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-37096	1599	500	45196	16355
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-36896	1119	1215	37996	22410
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-33871	1489	905	28811	13005
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-33521	1079	2200	22741	24380
SLE-F-Gr.1(N)	-39186	1804	382	37536	17152
SLE-F-Gr.3(N)	-38986	920	1210	23692	24836
SLE-F-Gr.1(P)	-40326	1640	578	36812	18724
SLE-F-Gr.3(P)	-40366	832	1614	24292	27584
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-35386	720	254	30284	14324
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-35226	336	826	24524	19168
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-32806	632	578	17176	11644
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-32526	304	1614	12320	20744
SLE-QP	-28786	0	110	6140	11000

Tabella 8: Sollecitazioni nella sezione di spiccato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	56 di 90						

## 10.2 VERIFICA DEL FUSTO

Le verifiche strutturali allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio sono state svolte, seguendo i criteri esposti in precedenza, con il codice di calcolo RC-SEC, per ciascuna delle combinazioni di carico considerate.

La sezione di verifica è quella relativa allo spiccato della pila (quota estradosso plinto).

L'armatura longitudinale del fusto della pila prevede ferri distribuiti lungo il perimetro, sia lungo il lato interno che quello esterno.

Una sintesi delle caratteristiche dell'armatura longitudinale e a taglio (staffe) previste è esibita nei prospetti di seguito. Il valore del copriferro  $c$  che figura è valutato in asse barra; l'area di armatura minima da garantire, rispetto alla sezione di calcestruzzo, segue le prescrizioni riportate nel par.2.5.2.2.6 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

ARMATURA LONGITUDINALE FUSTO								
n°strati	c (cm)	$\phi$ (mm)	$s_{ext}$ (cm)	$s_{int}$ (cm)	n°tot	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s/A_{cls}$ (%)	$A_{min}/A_{cls}$ (%)
1	8.3	30	10	20	432	3052.1	2.67	0.6

ARMATURA TRASVERSALE FUSTO (STAFFE)							
Direzione longitudinale				Direzione trasversale			
nb	$\phi$ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)	nb	$\phi$ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)
6	20	20	94.25	4	20	20	62.83

Le grandezze che figurano nelle verifiche riportate di seguito fanno riferimento al seguente gruppo di sollecitazioni:

N: Sforzo normale (positivo, se di compressione)

Vx: Taglio in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

Vy: Taglio in direzione parallela all'asse del viadotto

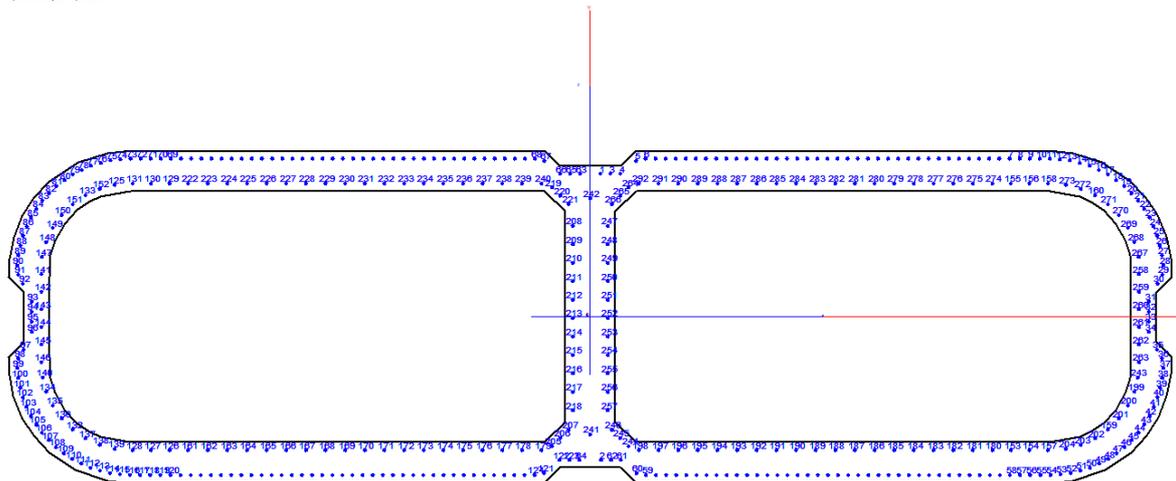
My: Momento flettente che produce flessione nel piano ortogonale all'asse del viadotto

Mx: Momento flettente che produce flessione nel piano parallelo all'asse del viadotto

Di seguito le verifiche strutturali relative alla sezione di spiccato della pila.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    VI.01.H5.001    A    57 di 90</b>	

SYSTRA S.p.A. - Via ...



**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	477.1	163.0
2	506.1	153.6
3	534.2	135.2
4	549.6	118.9
5	561.0	101.2
6	569.9	79.6
7	574.3	58.1
8	575.0	39.6
9	560.0	24.6
10	560.0	-25.4
11	575.0	-40.4
12	574.4	-57.5
13	570.2	-79.0
14	561.5	-100.8
15	550.1	-118.6
16	534.7	-135.1
17	508.7	-152.7
18	477.2	-163.3
19	461.2	-165.0
20	45.0	-165.0
21	30.0	-150.0
22	-30.0	-150.0
23	-45.0	-165.0
24	-461.2	-165.0
25	-477.2	-163.3
26	-508.6	-152.8
27	-534.6	-135.2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 58 di 90</b>

28	-549.9	-118.8
29	-561.3	-101.0
30	-570.1	-79.3
31	-574.4	-57.8
32	-575.0	-40.4
33	-560.0	-25.4
34	-560.0	24.6
35	-575.0	39.6
36	-574.3	57.8
37	-570.0	79.3
38	-561.2	100.9
39	-549.7	118.7
40	-534.4	135.0
41	-506.2	153.5
42	-477.1	163.0
43	-461.2	164.9
44	-45.0	165.0
45	-30.0	150.0
46	30.0	150.0
47	45.0	165.0
48	461.2	164.9

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	533.6	-61.1
2	529.2	-75.4
3	519.6	-92.8
4	507.5	-105.7
5	495.7	-114.0
6	484.2	-119.7
7	455.0	-125.0
8	45.0	-125.0
9	25.0	-105.0
10	25.0	105.0
11	45.0	125.0
12	455.0	125.0
13	484.2	119.7
14	495.7	114.1
15	507.5	105.8
16	519.6	92.9
17	529.2	75.5
18	533.6	61.2
19	535.0	40.0
20	535.0	-40.0

**DOMINIO N° 3**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
------------	--------	--------

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>
					PAGINA <b>59 di 90</b>	

1	-535.0	40.0
2	-533.6	61.2
3	-529.2	75.5
4	-519.6	92.9
5	-507.5	105.8
6	-495.7	114.1
7	-484.2	119.7
8	-455.0	125.0
9	-45.0	125.0
10	-25.0	105.0
11	-25.0	-105.0
12	-45.0	-125.0
13	-455.0	-125.0
14	-484.2	-119.7
15	-495.7	-114.0
16	-507.5	-105.7
17	-519.6	-92.8
18	-529.2	-75.4
19	-533.6	-61.1
20	-535.0	-40.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.9	142.3	30
2	10.5	-142.4	30
3	19.9	142.3	30
4	29.8	142.3	30
5	45.3	155.1	30
6	54.5	157.3	30
7	414.5	157.3	30
8	424.5	157.3	30
9	434.5	157.3	30
10	444.5	157.3	30
11	454.5	157.3	30
12	464.5	156.5	30
13	474.5	155.6	30
14	484.1	153.0	30
15	493.7	150.4	30
16	502.8	146.1	30
17	511.8	141.7	30
18	520.0	136.0	30
19	527.9	130.0	30
20	535.0	122.9	30
21	541.8	115.6	30
22	547.5	107.4	30
23	552.8	99.0	30
24	557.0	89.9	30
25	560.7	80.6	30
26	563.3	71.0	30
27	565.3	61.2	30
28	566.6	51.3	30
29	565.6	41.8	30
30	560.9	32.9	30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>60 di 90</b>

31	552.3	15.1	30
32	552.3	5.1	30
33	552.3	-4.9	30
34	552.3	-14.9	30
35	560.2	-32.8	30
36	565.3	-41.4	30
37	566.6	-50.8	30
38	565.4	-60.7	30
39	563.4	-70.5	30
40	560.8	-80.2	30
41	557.3	-89.5	30
42	553.0	-98.5	30
43	547.8	-107.0	30
44	542.1	-115.2	30
45	535.4	-122.6	30
46	528.3	-129.7	30
47	520.4	-135.7	30
48	512.2	-141.4	30
49	503.3	-145.9	30
50	494.2	-150.1	30
51	484.6	-152.9	30
52	474.9	-155.5	30
53	465.0	-156.5	30
54	455.0	-157.3	30
55	445.0	-157.3	30
56	435.0	-157.3	30
57	425.0	-157.3	30
58	415.0	-157.3	30
59	55.0	-157.4	30
60	45.7	-155.5	30
61	30.2	-142.4	30
62	20.4	-142.4	30
63	-9.9	142.3	30
64	-10.5	-142.4	30
65	-19.9	142.3	30
66	-29.8	142.3	30
67	-45.3	155.1	30
68	-54.5	157.3	30
69	-414.5	157.3	30
70	-424.5	157.3	30
71	-434.5	157.3	30
72	-444.5	157.3	30
73	-454.5	157.3	30
74	-464.5	156.5	30
75	-474.5	155.6	30
76	-484.1	153.0	30
77	-493.7	150.4	30
78	-502.8	146.1	30
79	-511.8	141.7	30
80	-520.0	136.0	30
81	-527.9	130.0	30
82	-535.0	122.9	30
83	-541.8	115.6	30
84	-547.5	107.4	30
85	-552.8	99.0	30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>61 di 90</b>

86	-557.0	89.9	30
87	-560.7	80.6	30
88	-563.3	71.0	30
89	-565.3	61.2	30
90	-566.6	51.3	30
91	-565.6	41.8	30
92	-560.9	32.9	30
93	-552.3	15.1	30
94	-552.3	5.1	30
95	-552.3	-4.9	30
96	-552.3	-14.9	30
97	-560.2	-32.8	30
98	-565.3	-41.4	30
99	-566.6	-50.8	30
100	-565.4	-60.7	30
101	-563.4	-70.5	30
102	-560.8	-80.2	30
103	-557.3	-89.5	30
104	-553.0	-98.5	30
105	-547.8	-107.0	30
106	-542.1	-115.2	30
107	-535.4	-122.6	30
108	-528.3	-129.7	30
109	-520.4	-135.7	30
110	-512.2	-141.4	30
111	-503.3	-145.9	30
112	-494.2	-150.1	30
113	-484.6	-152.9	30
114	-474.9	-155.5	30
115	-465.0	-156.5	30
116	-455.0	-157.3	30
117	-445.0	-157.3	30
118	-435.0	-157.3	30
119	-425.0	-157.3	30
120	-415.0	-157.3	30
121	-45.7	-155.5	30
122	-30.2	-142.4	30
123	-20.4	-142.4	30
124	-55.0	-157.4	30
125	-470.2	131.4	30
126	-415.9	-132.7	30
127	-434.2	-132.7	30
128	-452.5	-132.7	30
129	-415.9	132.7	30
130	-434.2	132.7	30
131	-452.5	132.7	30
132	-511.7	-112.0	30
133	-499.1	120.8	30
134	-538.0	-74.4	30
135	-531.5	-88.4	30
136	-522.7	-101.1	30
137	-499.1	-120.8	30
138	-485.1	-127.4	30
139	-470.2	-131.4	30
140	-541.3	-60.2	30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>62 di 90</b>

141	-542.7	42.5	30
142	-542.7	25.0	30
143	-542.7	7.5	30
144	-542.7	-10.0	30
145	-542.7	-27.5	30
146	-542.7	-45.0	30
147	-542.0	59.5	30
148	-538.0	74.4	30
149	-531.5	88.4	30
150	-522.7	101.1	30
151	-511.7	112.0	30
152	-485.1	127.4	30
153	415.9	-132.7	30
154	434.2	-132.7	30
155	415.9	132.7	30
156	434.2	132.7	30
157	452.5	-132.7	30
158	452.5	132.7	30
159	511.7	-112.0	30
160	499.1	120.8	30
161	-397.7	-132.7	30
162	-378.3	-132.7	30
163	-358.8	-132.7	30
164	-339.4	-132.7	30
165	-320.0	-132.7	30
166	-300.6	-132.7	30
167	-281.2	-132.7	30
168	-261.7	-132.7	30
169	-242.3	-132.7	30
170	-222.9	-132.7	30
171	-203.5	-132.7	30
172	-184.1	-132.7	30
173	-164.6	-132.7	30
174	-145.2	-132.7	30
175	-125.8	-132.7	30
176	-106.4	-132.7	30
177	-86.9	-132.7	30
178	-67.5	-132.7	30
179	-48.1	-132.7	30
180	397.7	-132.7	30
181	378.3	-132.7	30
182	358.8	-132.7	30
183	339.4	-132.7	30
184	320.0	-132.7	30
185	300.6	-132.7	30
186	281.2	-132.7	30
187	261.7	-132.7	30
188	242.3	-132.7	30
189	222.9	-132.7	30
190	203.5	-132.7	30
191	184.1	-132.7	30
192	164.6	-132.7	30
193	145.2	-132.7	30
194	125.8	-132.7	30
195	106.4	-132.7	30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>63 di 90</b>

196	86.9	-132.7	30
197	67.5	-132.7	30
198	48.1	-132.7	30
199	538.0	-74.4	30
200	531.5	-88.4	30
201	522.7	-101.1	30
202	499.1	-120.8	30
203	485.1	-127.4	30
204	470.2	-131.4	30
205	-37.8	-128.7	30
206	-29.6	-120.4	30
207	-21.3	-112.2	30
208	-17.3	90.5	30
209	-17.3	72.1	30
210	-17.3	53.8	30
211	-17.3	35.4	30
212	-17.3	17.1	30
213	-17.3	-1.3	30
214	-17.3	-19.6	30
215	-17.3	-37.9	30
216	-17.3	-56.3	30
217	-17.3	-74.6	30
218	-17.3	-93.0	30
219	-37.8	128.7	30
220	-29.6	120.4	30
221	-21.3	112.2	30
222	-397.7	132.7	30
223	-378.3	132.7	30
224	-358.8	132.7	30
225	-339.4	132.7	30
226	-320.0	132.7	30
227	-300.6	132.7	30
228	-281.2	132.7	30
229	-261.7	132.7	30
230	-242.3	132.7	30
231	-222.9	132.7	30
232	-203.5	132.7	30
233	-184.1	132.7	30
234	-164.6	132.7	30
235	-145.2	132.7	30
236	-125.8	132.7	30
237	-106.4	132.7	30
238	-86.9	132.7	30
239	-67.5	132.7	30
240	-48.1	132.7	30
241	-0.2	-117.1	30
242	-0.1	117.9	30
243	541.3	-60.2	30
244	37.8	-128.7	30
245	29.6	-120.4	30
246	21.3	-112.2	30
247	17.3	90.5	30
248	17.3	72.1	30
249	17.3	53.8	30
250	17.3	35.4	30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>
					PAGINA <b>64 di 90</b>	

251	17.3	17.1	30
252	17.3	-1.3	30
253	17.3	-19.6	30
254	17.3	-37.9	30
255	17.3	-56.3	30
256	17.3	-74.6	30
257	17.3	-93.0	30
258	542.7	42.5	30
259	542.7	25.0	30
260	542.7	7.5	30
261	542.7	-10.0	30
262	542.7	-27.5	30
263	542.7	-45.0	30
264	37.8	128.7	30
265	29.6	120.4	30
266	21.3	112.2	30
267	542.0	59.5	30
268	538.0	74.4	30
269	531.5	88.4	30
270	522.7	101.1	30
271	511.7	112.0	30
272	485.1	127.4	30
273	470.2	131.4	30
274	397.7	132.7	30
275	378.3	132.7	30
276	358.8	132.7	30
277	339.4	132.7	30
278	320.0	132.7	30
279	300.6	132.7	30
280	281.2	132.7	30
281	261.7	132.7	30
282	242.3	132.7	30
283	222.9	132.7	30
284	203.5	132.7	30
285	184.1	132.7	30
286	164.6	132.7	30
287	145.2	132.7	30
288	125.8	132.7	30
289	106.4	132.7	30
290	86.9	132.7	30
291	67.5	132.7	30
292	48.1	132.7	30

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	68	69	35	30
2	6	7	35	30
3	120	124	35	30

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>65 di 90</b>

4                      58                      59                      35                      30

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	59675.55	28498.19	79116.46	0.00	0.00
2	59313.05	42425.44	54024.21	0.00	0.00
3	61741.80	31347.44	77804.21	0.00	0.00
4	61814.30	47406.19	55111.71	0.00	0.00
5	52788.05	23372.44	65972.21	0.00	0.00
6	52498.05	32152.19	55532.21	0.00	0.00
7	48111.80	18514.94	42213.96	0.00	0.00
8	47604.30	35008.69	33412.46	0.00	0.00
9	47725.60	24816.19	76359.96	0.00	0.00
10	47363.10	38743.44	51267.71	0.00	0.00
11	49791.85	27665.44	75047.71	0.00	0.00
12	49864.35	43724.19	52355.21	0.00	0.00
13	40838.10	19690.44	63215.71	0.00	0.00
14	40548.10	28470.19	52775.71	0.00	0.00
15	36161.85	14832.94	39457.46	0.00	0.00
16	35654.35	31326.69	30655.96	0.00	0.00
17	28785.60	100096.58	44777.04	0.00	0.00
18	28732.26	29911.84	149256.79	0.00	0.00

#### COMB. RARE/FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	41845.60	19889.63 (0.00)	54261.48 (0.00)
2	41595.60	29494.63 (929631.16)	36956.48 (1164818.70)
3	43270.60	21854.63 (0.00)	53356.48 (0.00)
4	43320.60	32929.63 (470128.90)	37706.48 (538326.93)
5	37095.60	16354.63 (0.00)	45196.48 (0.00)
6	36895.60	22409.63 (4080702.96)	37996.48 (6919005.92)
7	33870.60	13004.63 (0.00)	28811.48 (0.00)
8	33520.60	24379.63 (0.00)	22741.48 (0.00)
9	39185.60	17152.00 (0.00)	37536.00 (0.00)
10	38985.60	24836.00 (0.00)	23692.00 (0.00)
11	40325.60	18724.00 (0.00)	36812.00 (0.00)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>66 di 90</b>	

12	40365.60	27584.00 (0.00)	24292.00 (0.00)
13	35385.60	14324.00 (0.00)	30284.00 (0.00)
14	35225.60	19168.00 (0.00)	24524.00 (0.00)
15	32805.60	11644.00 (0.00)	17176.00 (0.00)
16	32525.60	20744.00 (0.00)	12320.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N° Comb.	N	Mx	My
1	28785.60	11000.00 (0.00)	6140.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N° Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	59675.55	120379.90	351738.50	59675.32	151295.78	426853.04	5.386	-----
2	S	59313.05	159363.25	237378.20	59313.13	211680.27	268792.65	4.983	-----
3	S	61741.80	129566.74	335382.83	61742.04	163229.46	401106.15	5.164	-----
4	S	61814.30	164735.67	227954.74	61814.41	217752.20	252045.42	4.584	-----
5	S	52788.05	117155.45	339324.41	52787.95	151305.01	421769.32	6.404	-----
6	S	52498.05	141503.70	272185.88	52498.19	189434.24	327344.45	5.896	-----
7	S	48111.80	124211.83	306964.64	48111.80	165852.12	383991.28	9.077	-----
8	S	47604.30	162703.26	177106.92	47604.03	220591.97	210236.97	6.301	-----
9	S	47725.60	109207.49	342436.99	47725.80	142776.40	435987.93	5.715	-----
10	S	47363.10	148408.52	228912.50	47363.07	204659.58	273443.80	5.317	-----
11	S	49791.85	116775.81	331106.29	49791.67	152924.71	415617.13	5.538	-----
12	S	49864.35	154595.15	216954.03	49864.57	211634.39	253750.83	4.846	-----
13	S	40838.10	102946.89	335083.82	40838.16	137832.63	439552.69	6.958	-----
14	S	40548.10	128973.54	266832.77	40548.17	180165.90	337096.89	6.376	-----
15	S	36161.85	109278.21	304646.27	36161.76	151629.97	403275.02	10.224	-----
16	S	35654.35	154677.57	153803.12	35654.51	211731.34	205653.10	6.738	-----
17	S	28785.60	168886.38	59227.03	28785.44	215624.69	96108.31	2.153	-----

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>67 di 90</b>				

18            S    28732.26    73584.52    354577.21            28732.32            98942.56            499616.79    3.346            -----

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max            Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7            Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max            Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max            Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min            Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min            Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min            Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max            Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max            Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max            Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.00024	506.1	153.6	0.00341	493.7	150.4	-0.00401	-494.2	-150.1
2	0.00350	0.00002	477.1	163.0	0.00338	474.5	155.6	-0.00449	-474.9	-155.5
3	0.00350	0.00026	506.1	153.6	0.00341	493.7	150.4	-0.00398	-494.2	-150.1
4	0.00350	0.00003	477.1	163.0	0.00338	474.5	155.6	-0.00447	-474.9	-155.5
5	0.00350	0.00014	506.1	153.6	0.00341	493.7	150.4	-0.00426	-494.2	-150.1
6	0.00350	0.00002	477.1	163.0	0.00339	484.1	153.0	-0.00451	-484.6	-152.9
7	0.00350	0.00003	506.1	153.6	0.00341	493.7	150.4	-0.00450	-494.2	-150.1
8	0.00350	-0.00059	477.1	163.0	0.00334	474.5	155.6	-0.00588	-474.9	-155.5
9	0.00350	0.00006	506.1	153.6	0.00341	493.7	150.4	-0.00442	-494.2	-150.1
10	0.00350	-0.00022	477.1	163.0	0.00337	474.5	155.6	-0.00505	-474.9	-155.5
11	0.00350	0.00009	506.1	153.6	0.00341	493.7	150.4	-0.00437	-494.2	-150.1
12	0.00350	-0.00024	477.1	163.0	0.00337	474.5	155.6	-0.00509	-474.9	-155.5
13	0.00350	-0.00005	506.1	153.6	0.00340	493.7	150.4	-0.00469	-494.2	-150.1
14	0.00350	-0.00019	477.1	163.0	0.00339	493.7	150.4	-0.00498	-484.6	-152.9
15	0.00350	-0.00016	506.1	153.6	0.00340	493.7	150.4	-0.00494	-494.2	-150.1
16	0.00350	-0.00117	477.1	163.0	0.00332	474.5	155.6	-0.00721	-474.9	-155.5
17	0.00288	-0.00276	461.2	164.9	0.00260	454.5	157.3	-0.01000	-455.0	-157.3
18	0.00350	-0.00031	534.2	135.2	0.00342	511.8	141.7	-0.00530	-512.2	-141.4

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c            Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d            Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000004327	0.000010488	-0.000300634	----	----
2	0.000003303	0.000015225	-0.000556987	----	----
3	0.000004103	0.000011100	-0.000281222	----	----
4	0.000003169	0.000015562	-0.000547785	----	----
5	0.000004442	0.000010906	-0.000423005	----	----
6	0.000003777	0.000013849	-0.000558688	----	----
7	0.000004266	0.000012303	-0.000548637	----	----
8	0.000003091	0.000020228	-0.001271319	----	----
9	0.000004679	0.000010682	-0.000508545	----	----
10	0.000003522	0.000016324	-0.000840422	----	----
11	0.000004464	0.000011215	-0.000481927	----	----
12	0.000003357	0.000016932	-0.000860718	----	----

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>			<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
						<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>68 di 90</b>			

13	0.000004898	0.000010819	-0.000640785	----	----
14	0.000004090	0.000014409	-0.000799435	----	----
15	0.000004720	0.000012250	-0.000770045	----	----
16	0.000003198	0.000024064	-0.001947375	----	----
17	0.000001603	0.000035421	-0.003698687	----	----
18	0.000006023	0.000009039	-0.000939453	----	----

### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.41	-45.0	125.0	1.8	-494.2	-150.1	----	----	----	----
2	S	3.89	-45.0	125.0	-0.1	-474.9	-155.5	----	----	----	----
3	S	3.60	-45.0	125.0	1.9	-494.2	-150.1	----	----	----	----
4	S	4.15	-45.0	125.0	-1.8	-474.9	-155.5	388	14.1	10.0	1.00
5	S	2.97	-45.0	125.0	3.8	-494.2	-150.1	----	----	----	----
6	S	3.26	-45.0	125.0	1.2	-474.9	-155.5	----	----	----	----
7	S	2.65	-45.0	125.0	9.9	-494.2	-150.1	----	----	----	----
8	S	3.18	-45.0	125.0	2.0	-474.9	-155.5	----	----	----	----
9	S	3.16	-45.0	125.0	8.0	-494.2	-150.1	----	----	----	----
10	S	3.54	-45.0	125.0	6.4	-474.9	-155.5	----	----	----	----
11	S	3.31	-45.0	125.0	8.0	-484.6	-152.9	----	----	----	----
12	S	3.75	-45.0	125.0	5.0	-474.9	-155.5	----	----	----	----
13	S	2.81	-45.0	125.0	9.6	-494.2	-150.1	----	----	----	----
14	S	3.04	-45.0	125.0	7.4	-474.9	-155.5	----	----	----	----
15	S	2.55	-45.0	125.0	14.4	-474.9	-155.5	----	----	----	----
16	S	2.97	-45.0	125.0	8.0	-455.0	-157.3	----	----	----	----

### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Di diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - Beta12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 * (fctm/S2)^2 = 1 - Beta12 * (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$ . Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>							
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>										
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>			PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>69 di 90</b>		

1	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
2	S	-0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	929631.16	1164818.70
3	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
4	S	-0.2	0	0.125	30	65-202.826	0.00000 (0.00000)	192	0.001 (0.20)	470128.90	538326.93	
5	S	0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
6	S	0.0	0	----	----	----	----	----	----	4080702.96	6919005.92	
7	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
8	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
9	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
10	S	0.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
11	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
12	S	0.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
13	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
14	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
15	S	0.9	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
16	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.30	-45.0	125.0	15.2	-455.0	-157.3	----	----	----	----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.0	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00

**VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE X**

bw	=	80	cm
h	=	1150	cm
c	=	5.8	cm
d	=	h-c	= 1144.2 cm

**MATERIALI**

fywd	=	391.30	MPa
Rck	=	40	MPa
gc	=	1.5	
fck	=	0.83xRck =	33.2 MPa
fcd	=	0.85xfck/gc =	18.81 MPa

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>70 di 90</b>

ARMATURE A TAGLIO

øst	=	20	
braccia	=	4	
øst2	=	0	
braccia	=	0	
passo	=	20	cm
(Asw / s)	=	62.832	cm <sup>2</sup> / m
a	=	90	° (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

øl	=	30	
Numero	=	4	
Asl	=	28.274	cm <sup>2</sup>

TAGLIO AGENTE	VEd =	13109	(KN)
SFORZO NORMALE	Ned =	28732	(KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k	=	1.13	
vmin	=	0.243	
rl	=	0.0003	
scp	=	3.1231	(Mpa)
VRd	=	5542.24 (KN)	NO 6512.024138 (KN)
VRd	=	6512.02 (KN)	
ac	=	1.1660	Ned/Ac= 3.1231 (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

IPOSTESI 1 Cot q = 2,5 q = 21,8°  
Armatura trasversale

VRsd = 63296.40 (KN)

VRcd = 31158.17 (KN)

VRd = 31158.17 (KN) min(VRsd, VRcd)

IPOSTESI 2 Cot q = 1 q = 45°  
Armatura trasversale

VRsd = 25318.56 (KN)

VRcd = 45179.34 (KN)

VRd = 25318.56 (KN) min(VRsd, VRcd)

IPOSTESI 3 Cot q in cui VRsd=VRcd :Rottura bilanciata  
cot(q) = 1.60 (calcolato) cot(q) = 1.60 (limitato)

q = 31.96 °  
VRsd = 40579.83 (KN)

VRcd = 40579.83 (KN)

VRd = 40579.83 (KN)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 71 di 90</b>

MASSIMO TAGLIO RESISTENTE

VRd = 40580 (KN)

VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE Y

bw = 130 cm  
h = 330 cm  
c = 5.8 cm  
d = h-c = 324.2 cm

MATERIALI

fywd = 391.30 MPa  
Rck = 40 MPa  
gc = 1.5  
fck = 0.83xRck = 33.2 MPa  
fcd = 0.85xfck/gc = 18.81 MPa

ARMATURE A TAGLIO

øst = 20  
braccia = 6  
øst2 = 0  
braccia = 0  
passo = 20 cm  
(Asw / s) = 94.2 cm<sup>2</sup> / m  
a = 90 ° (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

øl = 30  
Numero = 7  
Asl = 49.480 cm<sup>2</sup>

TAGLIO AGENTE VEd = 10676 (KN)  
SFORZO NORMALE Ned = 28732 (KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k = 1.25  
vmin = 0.281  
rl = 0.0012  
scp = 3.7627 (Mpa)  
VRd = 3372.34 (KN) NO 3564.246631 (KN)  
VRd = 3564.25 (KN)  
ac = 1.2500 Ned/Ac= 6.6975 (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

IPOSTESI 1 Cot q = 2,5 q = 21,8°  
Armatura trasversale

VRsd = 26901.80 (KN)

VRcd = 15379.66 (KN)

VRd = 15379.66 (KN) min(VRsd, VRcd)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>72 di 90</b>

IPOTESI 2      Cot  $q = 1$     $q = 45^\circ$   
 Armatura trasversale

VRsd = 10760.72 (KN)

VRcd = 22300.50 (KN)

VRd = 10760.72 (KN)      min(VRsd, VRcd)

IPOTESI 3      Cot  $q$  in cui VRsd=VRcd      :Rottura bilanciata  
 cot( $q$ ) = 1.77      (calcolato)      cot( $q$ ) = 1.77      (limitato)

$q = 29.42^\circ$

VRsd = 19082.61 (KN)

VRcd = 19082.61 (KN)

VRd = 19082.61 (KN)

MASSIMO TAGLIO RESISTENTE

VRd = 19083 (KN)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. PAGINA <b>A 73 di 90</b>

## **11 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE**

Nei paragrafi successivi si forniscono le sollecitazioni e le verifiche strutturali relative al sistema di fondazione delle pile del tipo in esame di cui si sono esplicitate le verifiche nel precedente capitolo. In particolare, le verifiche strutturali esibite riguardano il plinto di fondazione e la palificata relativi alla pila di altezza massima, fra quelle in esame aventi medesima tipologia di armatura.

I dati identificativi del sistema di fondazione sono sintetizzati nei prospetti di seguito:

<b>PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PLINTO DI FONDAZIONE</b>			
Sigla plinto	<b>F2</b>	-	Tipologia plinto per geometria
$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume
$f_{ck}$	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
$B_T$	21.2	m	Dimensione plinto in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto
$B_L$	15.2	m	Dimensione plinto in pianta in direz. longitudinale rispetto all'asse del viadotto
$s$	2.5	m	Spessore del plinto
$P_{plinto}$	20140	kN	Peso del plinto
$m_{plinto}$	2053	kN/m/s <sup>2</sup>	Massa del plinto
$S_{terr}$	1.2	m	Spessore medio ricoprimento

<b>PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PALI DI FONDAZIONE</b>			
$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume
$f_{ck}$	25	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
$n_L$	4	-	Numero file in direzione longitudinale
$n_T$	3	-	Numero file in direzione trasversale
$n$	12	-	Numero pali
$\phi$	2000	mm	Diametro pali

Le coordinate dei pali, rispetto al baricentro del plinto di fondazione, sono riportate di seguito; il sistema di riferimento adottato fa riferimento alle seguenti direzioni:

x: Direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

y: Direzione parallela all'asse del viadotto

L'origine del sistema di riferimento coincide con il baricentro del plinto di fondazione.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI.01.H5.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>PAGINA</b> <b>74 di 90</b>

**Coordinate pali**

x (m)	y (m)
9	-6
3	-6
-3	-6
-9	-6
9	0
3	0
-3	0
-9	0
9	6
3	6
-3	6
-9	6

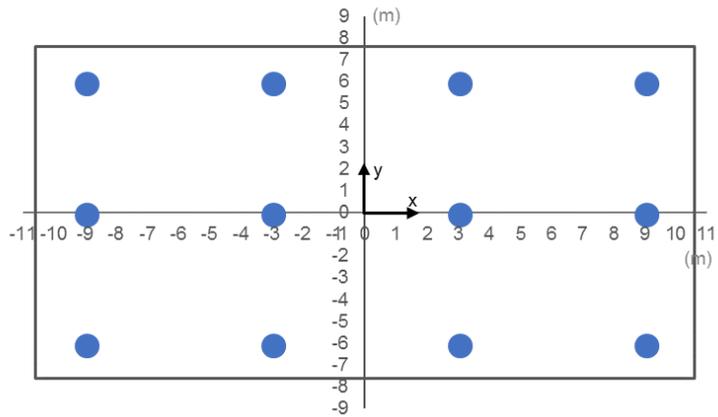


Figura 13: Disposizione dei pali di fondazione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>75 di 90</b>

## 11.1 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL PLINTO

Come anticipato, l'analisi strutturale del sistema di fondazione della pila in esame è stata condotta mediante una modellazione tridimensionale eseguita utilizzando il software agli elementi finiti MidasGen ver. 11.12.

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni del plinto, estrapolati dal modello considerando l'involuppo massimo delle combinazioni SLU e SLE. In particolare, nelle figure seguenti sono stati filtrati i diagrammi dei momenti flettenti, in modo da evidenziare, per ciascuna sezione di verifica, il campo dell'elemento strutturale coperto e quello che invece richiede una sezione maggiormente armata. Nelle figure la zona colorata è coperta dall'armatura considerata, mentre la zona in bianco, in continuità con il valore massimo visualizzato, necessita di un incremento di armatura.

Tutte le sollecitazioni sono riferite al metro lineare di elemento strutturale.

### 11.1.1 Plinto di fondazione $s=2.5m$ - Verifiche a flessione – Armatura Dir.Y

SEZIONI PLINTO FONDAZIONE			N°	Ø	A	δ	Sforzo normale	MOMENTI LIMITE			
								SLE			SLU
								$M_{SLE,0.2}$	$\sigma_{c,sle}$	$\sigma_{a,sle}$	Mu
			barre	mm	cm <sup>2</sup>	cm	kN	kNm	MPa	MPa	kNm
Y1=100x250	Lato compresso	1° strato	10	24	45.24	5.2	0	5500	6.27	240	9630
		2° strato									
	Lato teso	3° strato									
		2° strato	10	26	53.09	13.1					
		1° strato	10	26	53.09	7.9					

SEZIONI PLINTO FONDAZIONE			N°	Ø	A	δ	Sforzo normale	MOMENTI LIMITE			
								SLE			SLU
								$M_{SLE,0.2}$	$\sigma_{c,sle}$	$\sigma_{a,sle}$	Mu
			barre	mm	cm <sup>2</sup>	cm	kN	kNm	MPa	MPa	kNm
Y2=100x250	Lato compresso	1° strato	10	24	45.24	5.2	0	6200	6.62	222	11840
		2° strato									
	Lato teso	3° strato	5	26	26.55	18.3					
		2° strato	10	26	53.09	13.1					
		1° strato	10	26	53.09	7.9					

Nelle figure successivi i valori dei momenti sono espressi in kNm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>76 di 90</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>							

Filtro sollecitazioni con sezione Y1  
 Combinazione SLU

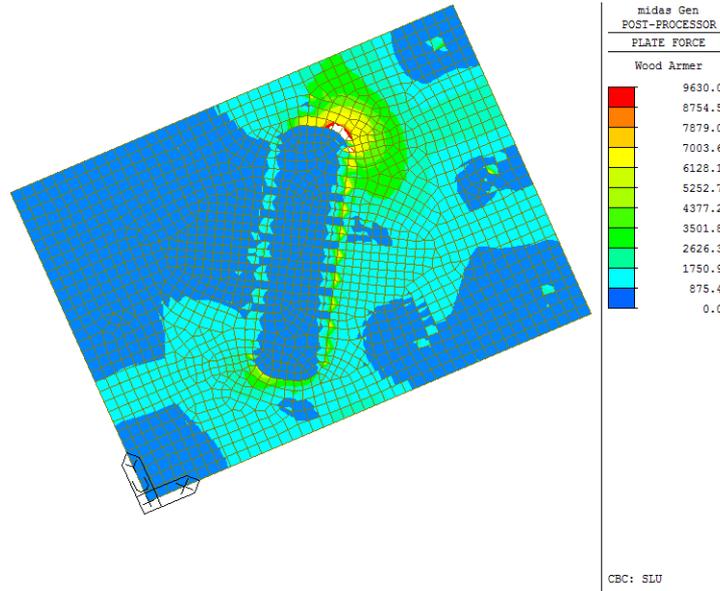


Figura 14: Y1 – SLU – Myy (kNm/m)

Combinazione SLE

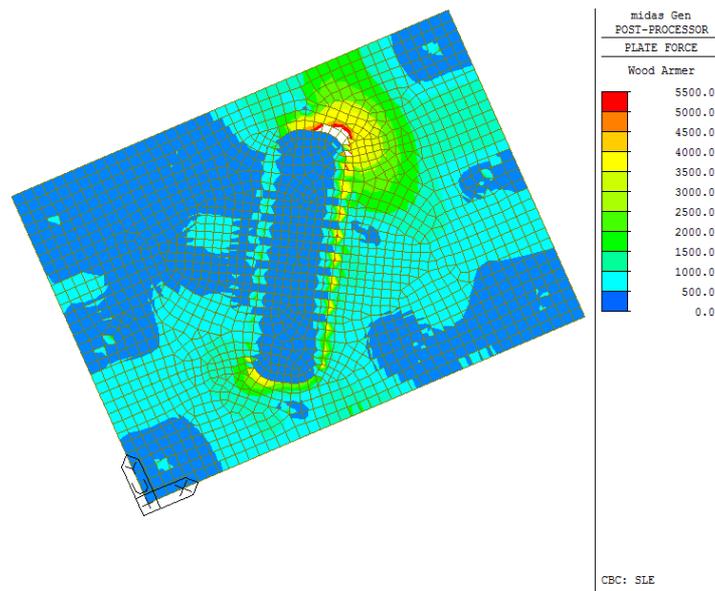


Figura 15: Y1 – SLE – Myy (kNm/m)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	77 di 90

Filtro sollecitazioni con sezione Y2  
 Combinazione SLU

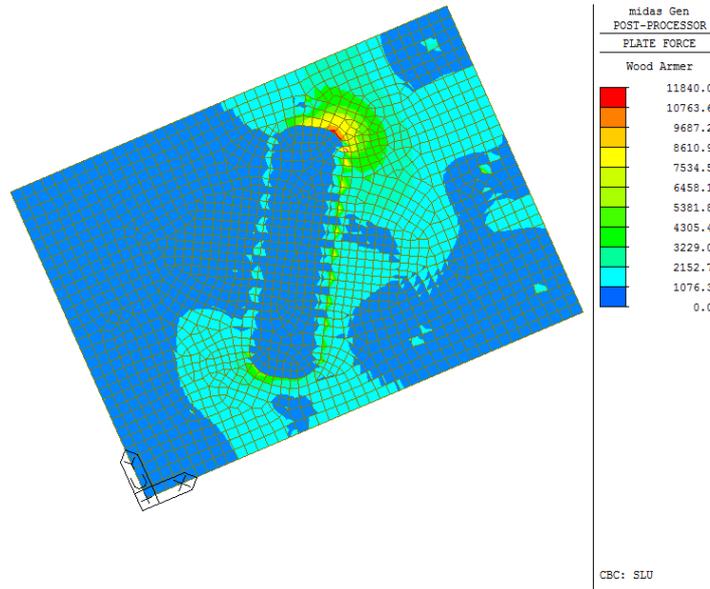


Figura 16: Y2 – SLU – Myy (kNm/m)

Combinazione SLE

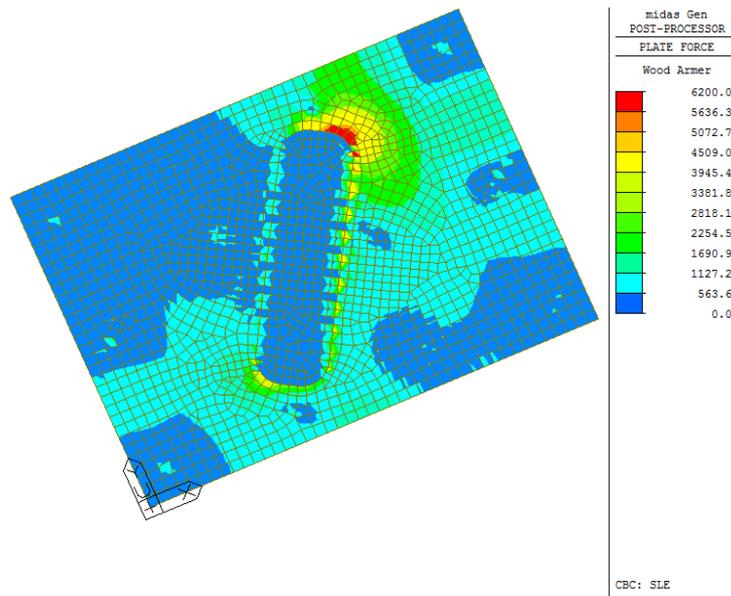


Figura 17: Y2 – SLE – Myy (kNm/m)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>78 di 90</b>

### 11.1.2 Plinto di fondazione $s=2.5m$ - Verifiche a flessione – Armatura Dir.X

SEZIONI PLINTO FONDAZIONE			N°	Ø	A	δ	Sforzo normale	MOMENTI LIMITE			
								SLE			SLU
								$M_{SLE,0.2}$	$\sigma_{c,sle}$	$\sigma_{a,sle}$	Mu
								kNm	MPa	MPa	kNm
<b>X1=100x250</b>	<b>Lato compresso</b>	1° strato	10	24	31.42	5.2	0	6650	7.4	286	9782
		2° strato									
	<b>Lato teso</b>	3° strato									
		2° strato	10	26	53.09	10.5					
		1° strato	10	26	53.09	5.3					

SEZIONI PLINTO FONDAZIONE			N°	Ø	A	δ	Sforzo normale	MOMENTI LIMITE			
								SLE			SLU
								$M_{SLE,0.2}$	$\sigma_{c,sle}$	$\sigma_{a,sle}$	Mu
								kNm	MPa	MPa	kNm
<b>X2=100x250</b>	<b>Lato compresso</b>	1° strato	10	24	31.42	5.2	0	7750	8.1	274	12020
		2° strato									
	<b>Lato teso</b>	3° strato	5	26	26.55	15.7					
		2° strato	10	26	53.09	10.5					
		1° strato	10	26	53.09	5.3					

Nelle figure successivi i valori dei momenti sono espressi in kNm.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<b>Mandante:</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>PROGETTO</b>	<b>LOTTO</b>	<b>CODIFICA</b>	<b>DOCUMENTO</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>79 di 90</b>

Filtro sollecitazioni con sezione X1  
 Combinazione SLU

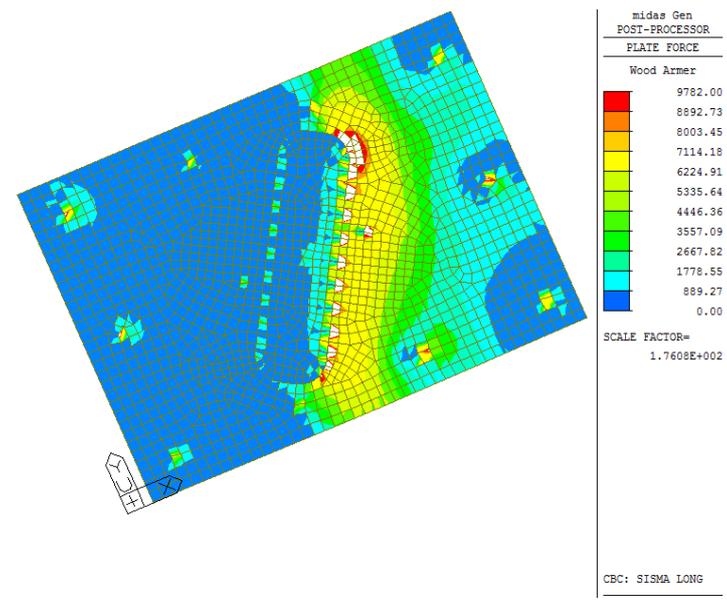


Figura 18: X1 – SLU – Mxx (kNm/m)

Combinazione SLE

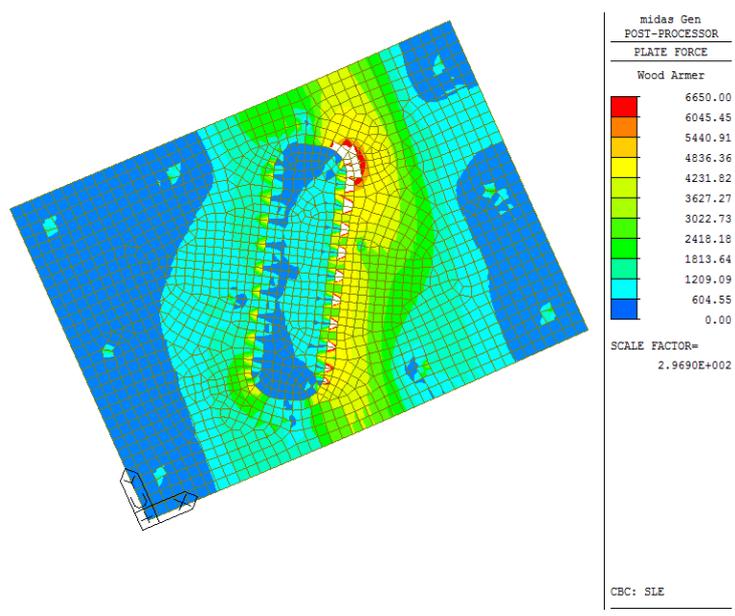


Figura 19: X1 – SLE – Mxx (kNm/m)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>PROGETTO</b>	<b>LOTTO</b>	<b>CODIFICA</b>	<b>DOCUMENTO</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>80 di 90</b>

Filtro sollecitazioni con sezione X2  
 Combinazione SLU

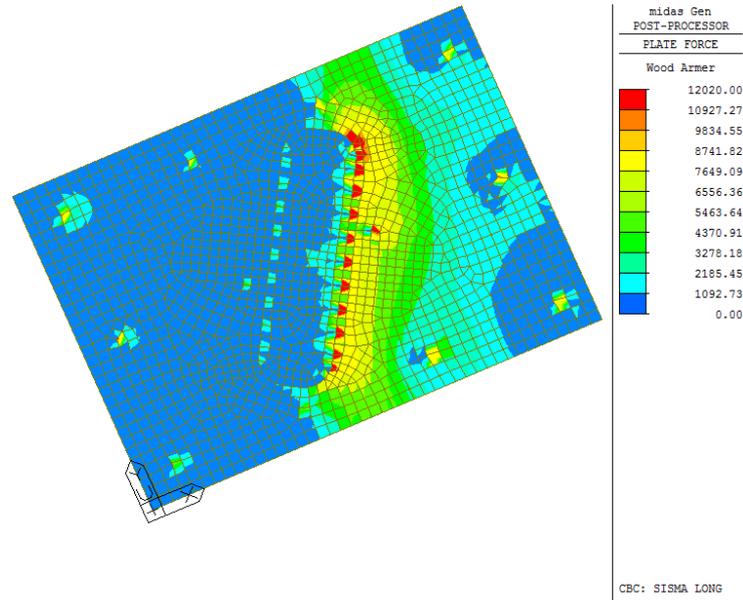


Figura 20: X2 – SLU – Mxx (kNm/m)

Combinazione SLE

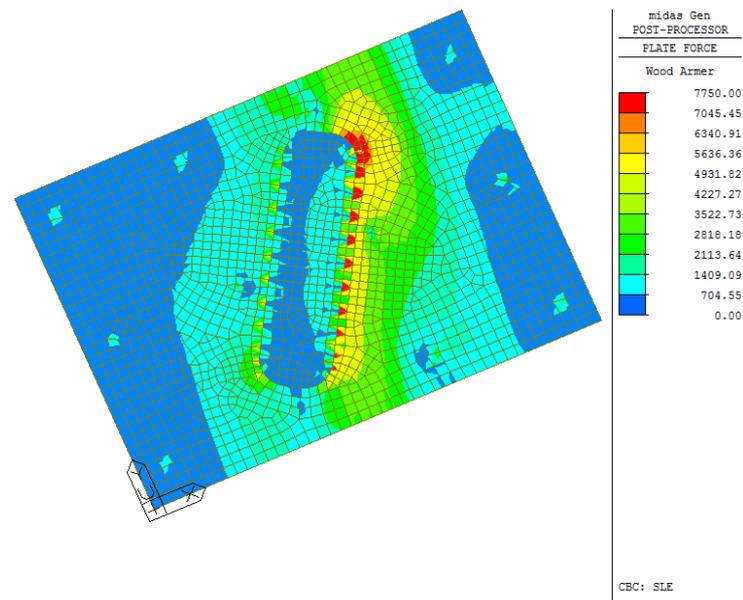


Figura 21: X2 – SLE – Mxx (kNm/m)

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.01.H5.001 A 81 di 90

### 11.1.3 Plinto di fondazione s=2.5m - Verifiche a taglio

Si predispone un'armatura pari a 2φ16/10 nella zona in corrispondenza dell'attacco della pila. Si riporta di seguito la verifica.

Il taglio sollecitante e resistente fanno riferimento ad una sezione di larghezza pari ad 1 metro.

<b>SEZIONE</b>	<b>IPOTESI 1</b> Cot φ = 2,5 φ = 21,8°
b <sub>w</sub> = 100 cm	Armatura trasversale
h = 250 cm	$V_{Rsd} = 8709.48 \text{ (KN)}$ $0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$
c = 4 cm	$V_{Rcd} = 6283.82 \text{ (KN)}$ $0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$
d = h - c = 246 cm	$V_{Rd} = 6283.82 \text{ (KN)}$ $\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$
<b>MATERIALI</b>	<b>IPOTESI 2</b> Cot φ = 1 φ = 45°
f <sub>ywd</sub> = 391.30 MPa	Armatura trasversale
R <sub>ck</sub> = 35 MPa	$V_{Rsd} = 3483.79 \text{ (KN)}$ $0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$
γ <sub>c</sub> = 1.5	$V_{Rcd} = 9111.53 \text{ (KN)}$ $0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$
f <sub>ck</sub> = 0.83xR <sub>ck</sub> = 29.05 MPa	$V_{Rd} = 3483.79 \text{ (KN)}$ $\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$
f <sub>cd</sub> = 0.85xf <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> = 16.46 MPa	<b>IPOTESI 3</b> Cot φ in cui V <sub>Rsd</sub> =V <sub>Rcd</sub> :Rottura bilanciata
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>	cot(θ) = 2.06 (calcolato) cot(θ) = 2.06 (limitato)
φ <sub>st</sub> = 16	θ = 25.93 °
braccia = 2	$V_{Rsd} = 7165.79 \text{ (KN)}$ $0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{sd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$
φ <sub>st2</sub> = 0	$V_{Rcd} = 7165.79 \text{ (KN)}$ $0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$
braccia = 0	$V_{Rd} = 7165.79 \text{ (KN)}$
passo = 10 cm	<b>MASSIMO TAGLIO RESISTENTE</b>
(A <sub>sw</sub> / s) = 40.212 cm <sup>2</sup> / m	$V_{Rd} = 7166 \text{ (KN)}$
α = 90 ° (90° staffe verticali)	
<b>ARMATURE LONGITUDINALI</b>	
φ <sub>l</sub> =	
Numero =	
A <sub>sl</sub> = 0.000 cm <sup>2</sup>	
<b>TAGLIO AGENTE</b> V <sub>Ed</sub> = (KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b> N <sub>Ed</sub> = (KN)	

Nelle figure successivi i valori del taglio sono espressi in kN.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>82 di 90</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>								

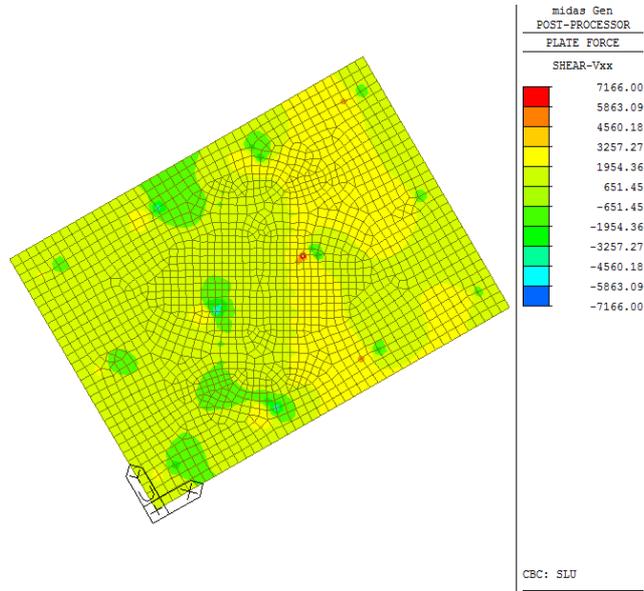


Figura 22: SLU- Vxx (kN/m)

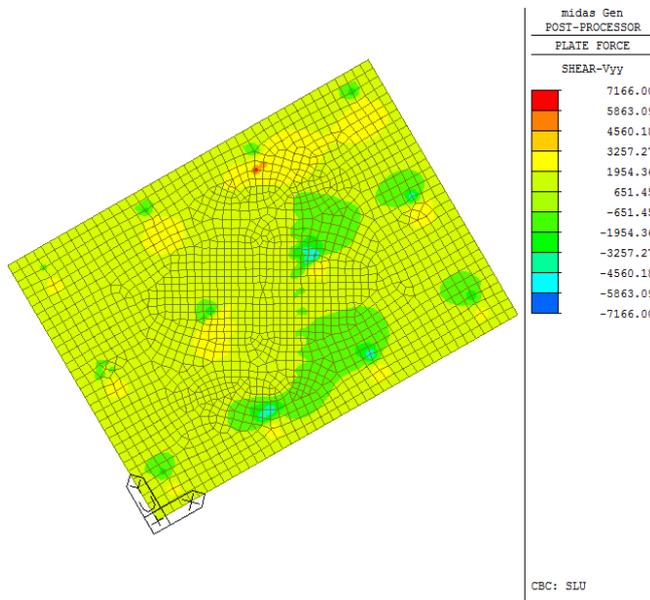


Figura 23: SLU- Vyy(kN/m)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.01.H5.001	A	83 di 90

## 11.2 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni sui pali di fondazione (sforzo normale e taglio), estrapolate dal modello di calcolo considerando l'involuppo massimo delle combinazioni SLU e SLE.

In favore di sicurezza il momento a quota testa pali è stato valutato secondo la formulazione riportata di seguito, secondo la quale risulta direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente  $\alpha$  (espresso in metri):

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

Il coefficiente  $\alpha$  dipende dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e dunque dall'eventuale liquefacibilità del suolo. Generalmente, la sua applicazione fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo sono definiti i seguenti valori:

$D_{\text{palo}}$ (m)	CONDIZIONI DEL TERRENO	$\alpha$ (m)
2	Potenzialmente liquefacibile	5.2

Si rimanda alla relazione geotecnica per maggiori dettagli relativi al calcolo di tale parametro.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>84 di 90</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>								

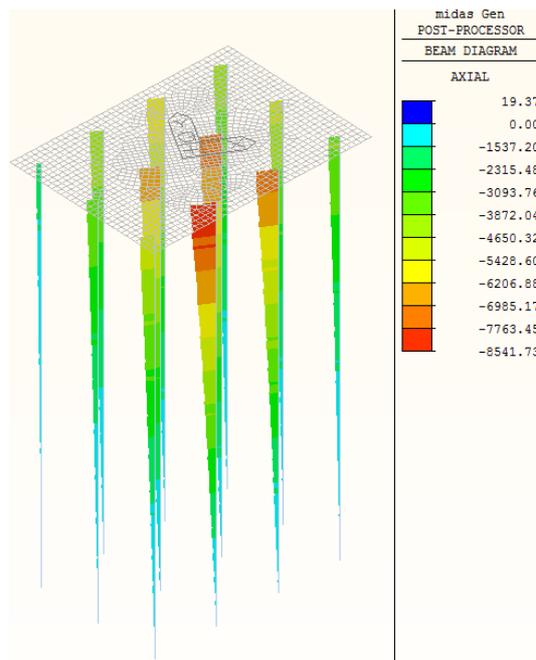


Figura 24: Involuppo combinazioni SLE – Sforzo Normale (kN)

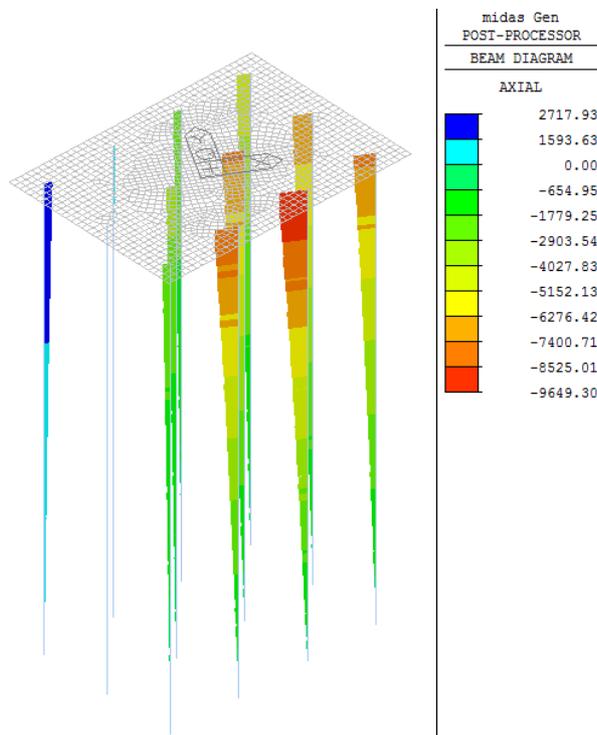


Figura 25: Involuppo combinazioni SLUsisma – Sforzo Normale (kN)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	LOTTO <b>IF1M</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>85 di 90</b>

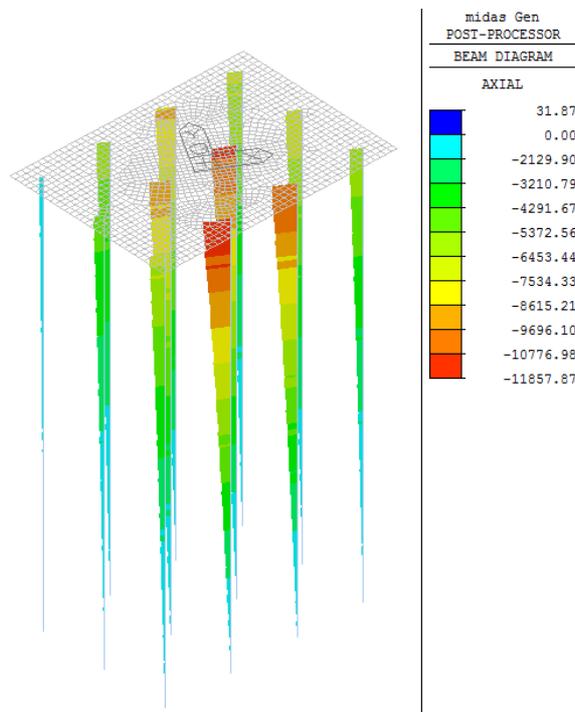


Figura 26: Involuppo combinazioni SLU – Sforzo Normale (kN)

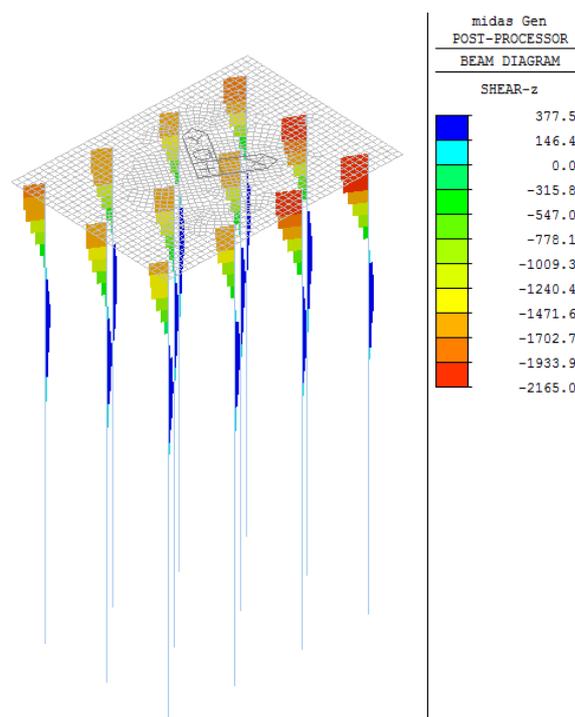


Figura 27: Involuppo combinazioni SLU – Taglio (kN)

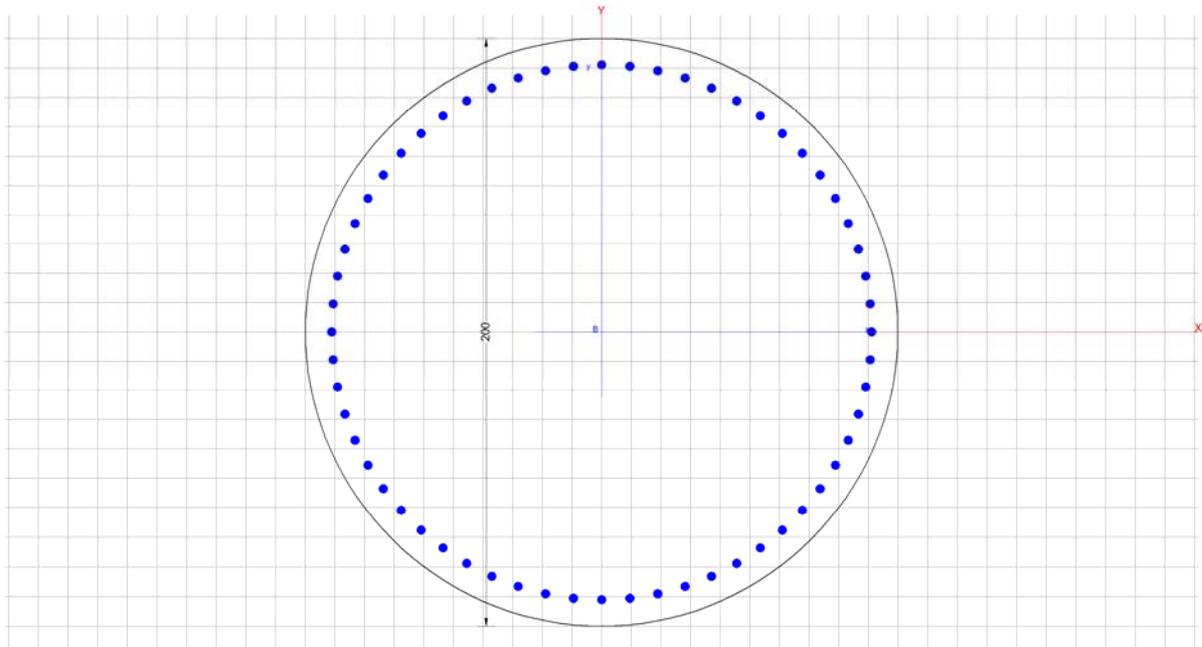
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>86 di 90</b>

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei pali di fondazione relativi alla pila in esame. Una sintesi delle caratteristiche dell'armatura longitudinale e a taglio (spirale) disposta è esibita nei prospetti di seguito. Il valore del copriferro  $c$  che figura è valutato in asse barra; l'area di armatura minima da garantire, rispetto alla sezione di calcestruzzo, segue le prescrizioni riportate nel par.2.5.2.2.6 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

ARMATURA LONGITUDINALE PALI							
D (m)	n°strati	c (cm)	n°	$\phi$ (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s/A_{cls}$ (%)	$A_{min}/A_{cls}$ (%)
2	1	8.9	60	30	423.90	1.4	1.0

ARMATURA TRASVERSALE PALI (SPIRALE)			
nb	$\phi$ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)
2	14	10	30.77

Nome sezione: VI.01 - P32 - PALO



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	200.0	cm
Barre circonferenza:	60Ø30	(424.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif. (dal baric. barre):	8.9	cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>87 di 90</b>				

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	7488.00	11491.00	2210.00	0.00
2	-2717.00	9138.00	1760.00	0.00

#### COMB. RARE/FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	3908.00	3160.00 (4092.24)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.5 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult, Mx Ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$										
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	7488.00	11491.00	7488.08	15798.17	1.375	27.8	12518.23	---	---	---
2	S	-2717.00	9138.00	-2717.23	10984.94	1.202	58.9	7187.63	---	---	---

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI.01.H5.001</b>	<b>A</b>	<b>88 di 90</b>

es min      Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min      Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max      Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max      Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00065	100.0	0.00307	91.1	-0.00576	-91.1
2	0.00350	-0.00380	100.0	0.00274	91.1	-0.01277	-91.1

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:                    14    mm  
Passo staffe:                         10.0    cm      [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]  
N.Bracci staffe:                      2  
Area staffe/m :                        30.8    cm<sup>2</sup>/m      [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm<sup>2</sup>/m]

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver                    S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Vsdu                  Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vrd                    Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]  
Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]  
Vwd                    Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]  
bw                     Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro  
Teta                    Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                     Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	Ast
1	S	2210.00	2201.27	7572.18	4393.76	182.0	21.80	1.168	15.5
2	S	1760.00	0.00	5925.36	4593.80	159.1	21.80	1.000	11.8

#### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver                    S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max                Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]  
Yc max                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sc min                Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]  
Yc min                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
Ys min                Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Dw Eff.                Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
Ac eff.                Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff.                Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.81	-100.0	0.00	100.0	-53.4	91.1	29.9	4847	120.2	----

#### COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver                    S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
ScI max                Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]  
ScI min                Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]  
K3                      =0,125 per flessione; = 0,25 (ScImin + ScI max)/(2 ScImin) per trazione eccentrica

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>89 di 90</b>				

Beta12      Prodotto dei Coeff. di aderenza  $Beta1 \cdot Beta2$   
 Psi           $= 1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (fctm/Sclmin)^2 = 1 - Beta12 \cdot (Mfess/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
 e sm        Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es  
 srm         Distanza media in mm tra le fessure  
 wk          Apertura delle fessure in mm =  $1,7 \cdot Eps \cdot Srm$ . Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess.     Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	4.05	-1.98	---	0.125	1.00	0.400	0.000107 (0.000107)	228	0.041 (0.20)	4092.24

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Pila tipo B.12 (P32) - Relazione di calcolo</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI.01.H5.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>90 di 90</b>	

## 12 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista in pianta .....	6
Figura 2: Sezione in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto .....	7
Figura 3: Sezione in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto .....	7
Figura 4: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale) .....	24
Figura 5: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale) .....	29
Figura 6: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	33
Figura 7: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008 .....	33
Figura 8: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008 .....	34
Figura 9: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008.....	34
Figura 10: Modellazione tridimensionale .....	35
Figura 11: Modello della pila ad oscillatore semplice .....	43
Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti .....	45
Figura 13: Disposizione dei pali di fondazione .....	74
Figura 14: Y1 – SLU – Myy (kNm/m) .....	76
Figura 15: Y1 – SLE – Myy (kNm/m).....	76
Figura 16: Y2 – SLU – Myy (kNm/m) .....	77
Figura 17: Y2 – SLE – Myy (kNm/m).....	77
Figura 18: X1 – SLU – Mxx (kNm/m) .....	79
Figura 19: X1 – SLE – Mxx (kNm/m).....	79
Figura 20: X2 – SLU – Mxx (kNm/m) .....	80
Figura 21: X2 – SLE – Mxx (kNm/m).....	80
Figura 22: SLU– Vxx (kN/m) .....	82
Figura 23: SLU– Vyy(kN/m) .....	82
Figura 24: Inviluppo combinazioni SLE – Sforzo Normale (kN).....	84
Figura 25: Inviluppo combinazioni SLUsisma – Sforzo Normale (kN) .....	84
Figura 26: Inviluppo combinazioni SLU – Sforzo Normale (kN) .....	85
Figura 27: Inviluppo combinazioni SLU – Taglio (kN) .....	85