

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

VI02 - VIADOTTO DAL Km 9+536.29 AL Km 10+378.69

Pila tipo B.2 (P18) - 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	2	B	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.02.B.5.001.A

n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A 2 di 96

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
4.1	CALCESTRUZZO	9
4.1.1	Strutture di elevazione.....	9
4.1.2	Plinto di fondazione.....	9
4.1.3	Pali di fondazione.....	10
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE	11
4.3	COPRIFERRI MINIMI.....	11
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	12
5.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	12
5.2	LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI.....	13
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....	14
6.1	CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO	14
6.2	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA Q ₆	14
6.3	AZIONI SISMICHE Q ₇	15
6.3.1	Spettri di risposta elastici	23
6.3.2	Spettri di risposta di progetto.....	25
6.3.3	Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse 30	
6.4	VARIAZIONI TERMICHE ϵ_3	30
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	31

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	3 di 96

8	CRITERI DI VERIFICA	37
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	37
8.1.1	<i>Verifica a fessurazione</i>	<i>37</i>
8.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>38</i>
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
8.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti</i>	<i>40</i>
8.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti</i>	<i>40</i>
9	CRITERI DI MODELLAZIONE	42
9.1	MODELLO STRUTTURALE DI ANALISI	42
9.2	MODELLAZIONE FEM	44
10	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA....	45
10.1	SOLLECITAZIONI AGENTI	48
10.2	VERIFICA DEL FUSTO	55
11	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE.....	72
11.1	SOLLECITAZIONI AGENTI	74
11.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	80
11.2.1	<i>Plinto di fondazione</i>	<i>80</i>
11.2.2	<i>Pali.....</i>	<i>88</i>
12	INDICE DELLE FIGURE	96

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 4 di 96

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali della pile tipo B.2, 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 VI02 è presente un'unica pila del tipo in esame: P18.

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO			
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			
ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	5 di 96

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 _y	I _z	B _T	B _L
		Sezione fusto	Spessore pulvino	Inerzia dir. trasversale	Inerzia dir. longitudinale	Lunghezza pila	Larghezza pila
[-]	[-]	[m ²]	[m]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[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 7.6m lungo il viadotto VI02.

Il sistema di fondazione previsto è del tipo indiretto, con plinti di spessore pari a 2m e dimensioni in pianta 12x16.5m, su n.12 pali di diametro ϕ 1500 (Pilinto tipo F1).

Tipologia sistema di fondazione		Geometria plinto			Pali	
Sigla	Descrizione	B _L	B _T	s	n	ϕ
		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]
F1	12x16.5x2	12	16.5	2	12	1500

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 [-]
2	25	Cassoncini cls precompressi		37.2	Acciaio-cls (travi)

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.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 6 di 96

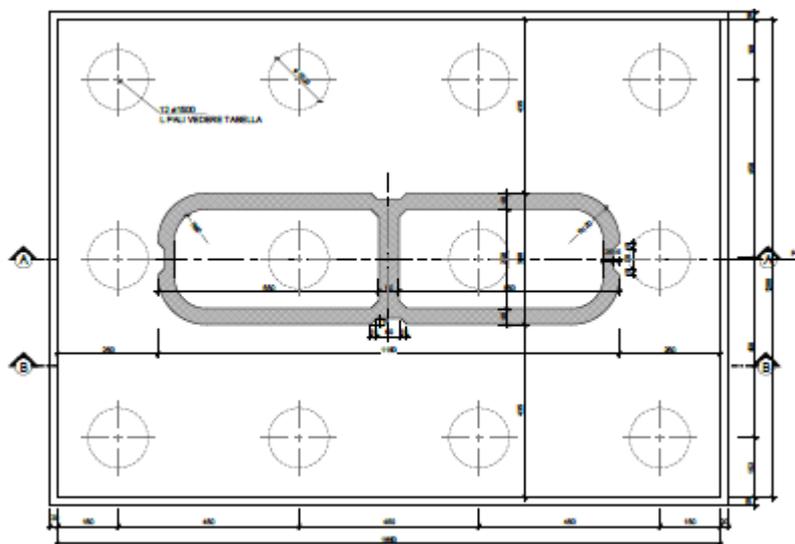


Figura 1: Vista in pianta

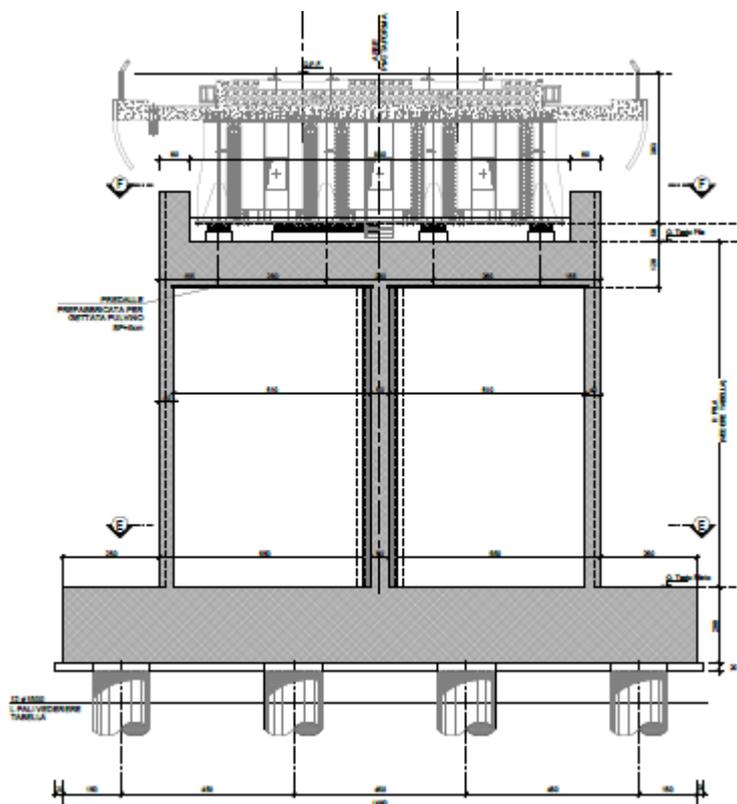


Figura 2: Sezione in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	7 di 96

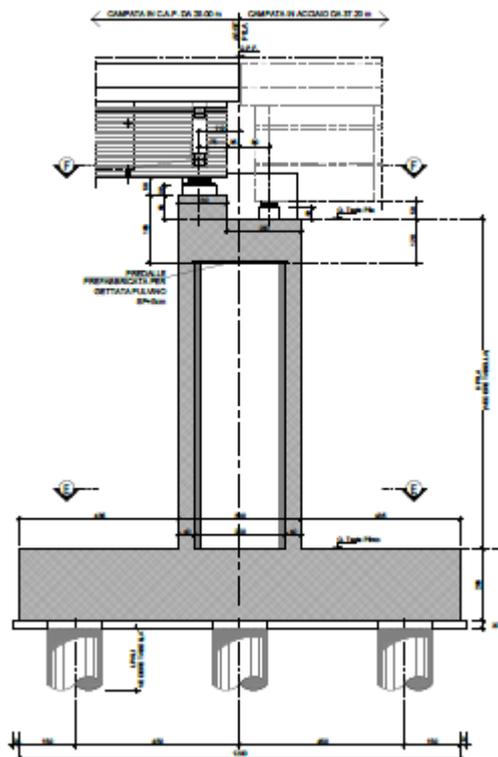


Figura 3: Sezione in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto

Di seguito si fornisce l'elenco delle pile del tipo in esame relativamente al viadotto VI02. 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 α (m)	PK pila	Tipologia armatura
02	18	B	2	7.6	F1	Non liquefacibile	1500	3.2	10+001.31	Armatura tipo 2

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 α , 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 α 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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	8 di 96

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	9 di 96

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

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 10 di 96

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 11 di 96
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						

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

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 12 di 96

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.

VI02 – P18

strato	Formazione	spessore strato	zbase strato	γ	ϕ
		(m)	(m da pc)	(kN/m ³)	(°)
1	DI	7.0	7.0	16	30
2	Po	8.0	15.0	16	35
3	TL	13.0	28.0	15	litoide
4	Pb	7.0	35.0	16	35
5	Pb	15.0	50.0	16	37
zw	Profondità della falda dal p.c.				5.00 m
zp	Quota testa palo				3.00 m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. ASTALDI S.p.A.	<p style="text-align: center;">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p style="text-align: center;">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</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	<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.02.B5.001</td> <td>A</td> <td>13 di 96</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	13 di 96
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	13 di 96								

5.2 LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI

Sono stati rilevati livelli di terreno potenzialmente liquefacibile in corrispondenza delle fondazioni pile da P1 a P4, da P10 a P13, da P23 a P26 nel VI02.

Le pile del tipo in esame non sono dunque interessate dalla liquefazione.

Dall'eventuale liquefacibilità del suolo, dipende inoltre il valore del coefficiente α , 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 α assunti nei calcoli è riportata nei paragrafi descrittivi iniziali.

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 14 di 96

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:

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A 15 di 96

6.3 AZIONI SISMICHE Q₇

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;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , 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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A
					PAGINA 16 di 96	

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;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , 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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 17 di 96

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	≥ 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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 18 di 96

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	19 di 96

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 20 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	21 di 96

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A 22 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 23 di 96
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo								

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

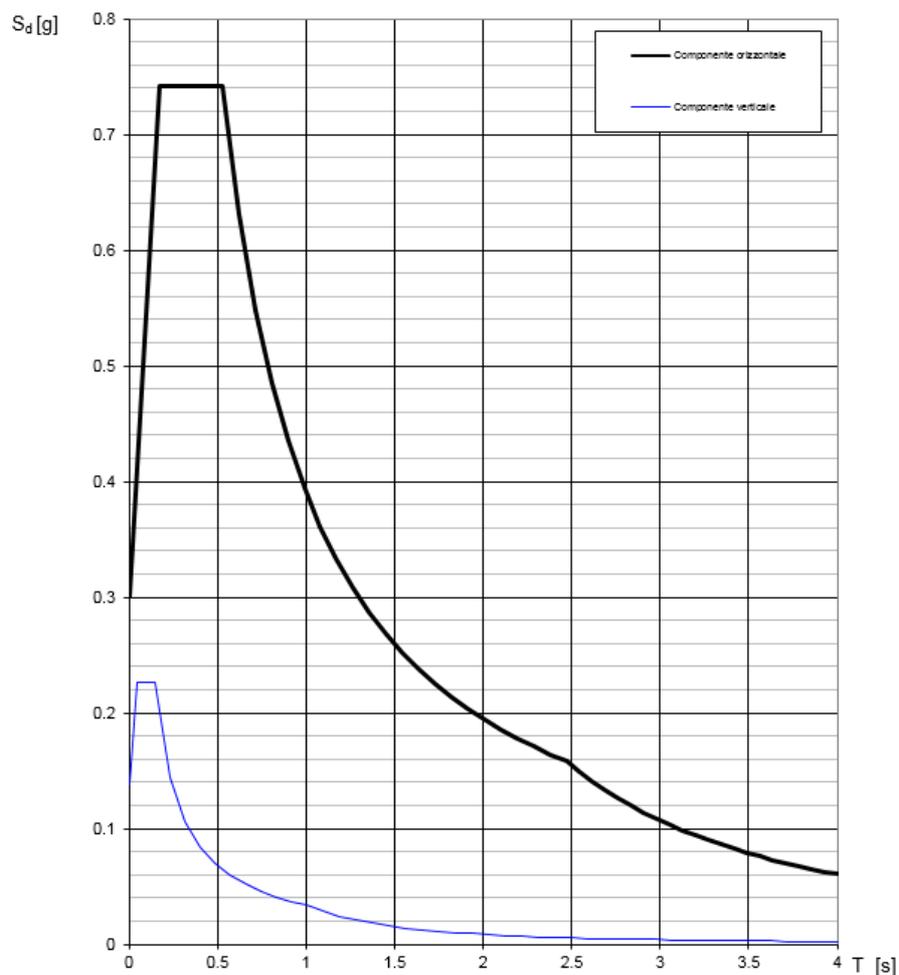


Figura 4: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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		
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 24 di 96

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
η	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 η 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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	25 di 96

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 η 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 α_u / α_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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A
					PAGINA 26 di 96	

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 27 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 28 di 96

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

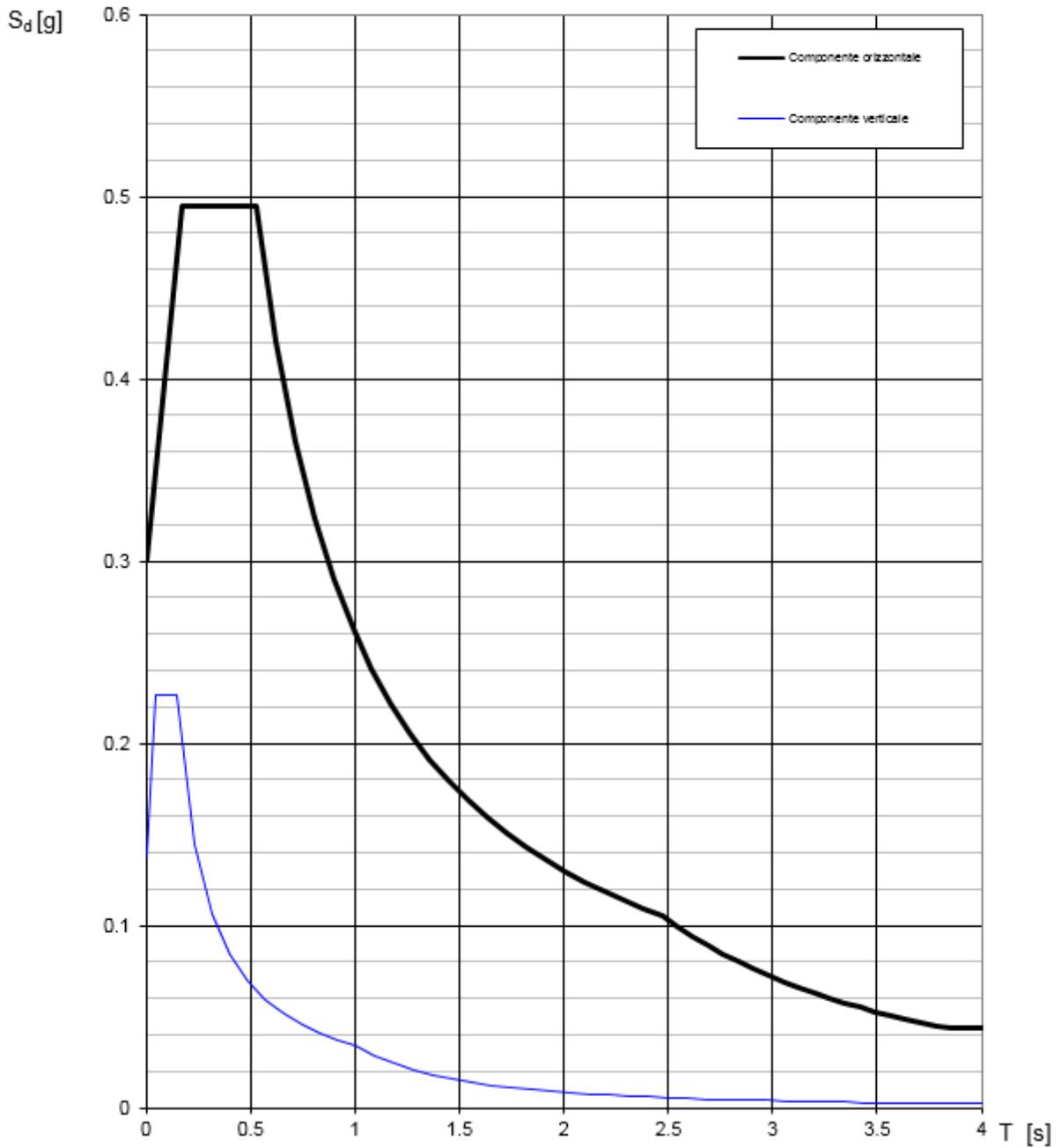


Figura 5: Spettri di risposta di progetto ($q=1,5$)_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: 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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 29 di 96

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
η	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 η 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	0.495
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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 30 di 96

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 ϵ_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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 31 di 96

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 γ_{Gi} e γ_{Qj} e quelli dei coefficienti di combinazione ψ_{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 ψ_{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: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.		Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A PAGINA 32 di 96

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{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 ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_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 ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

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

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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}2$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	$\mathcal{E}3$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}4$	1,00	1,00 ⁽¹⁾	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 ψ_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: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A PAGINA 33 di 96

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	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 Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_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 (Φ, α , 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> SALINI IMPREGIO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.B5.001</td> <td>A</td> <td>34 di 96</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	34 di 96
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	34 di 96								

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 35 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 36 di 96				

- **(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 γ_{Gk} .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A 37 di 96

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A 38 di 96

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 ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

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

Per il calcolo di ε_{sm} e Δ_{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 σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 39 di 96				

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

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

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 40 di 96

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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 41 di 96

corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ 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;

σ_{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;

θ 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 ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);

α 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.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 42 di 96

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.

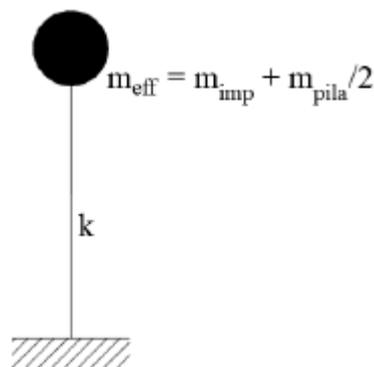


Figura 11: Modello della pila ad oscillatore semplice

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 43 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 44 di 96

9.2 MODELLAZIONE FEM

I risultati desunti dall'analisi strutturale semplificata descritta nel paragrafo precedente, sono stati verificati con quelli ottenuti da un modello FEM tridimensionale eseguito mediante il software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen.

Il fusto della pila è stato schematizzato mediante un elemento frame monodimensionale (beam), cui si è assegnata la sezione corrispondente, distinguendo tra quella cava corrente e quella piena in corrispondenza della zona pulvino; 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

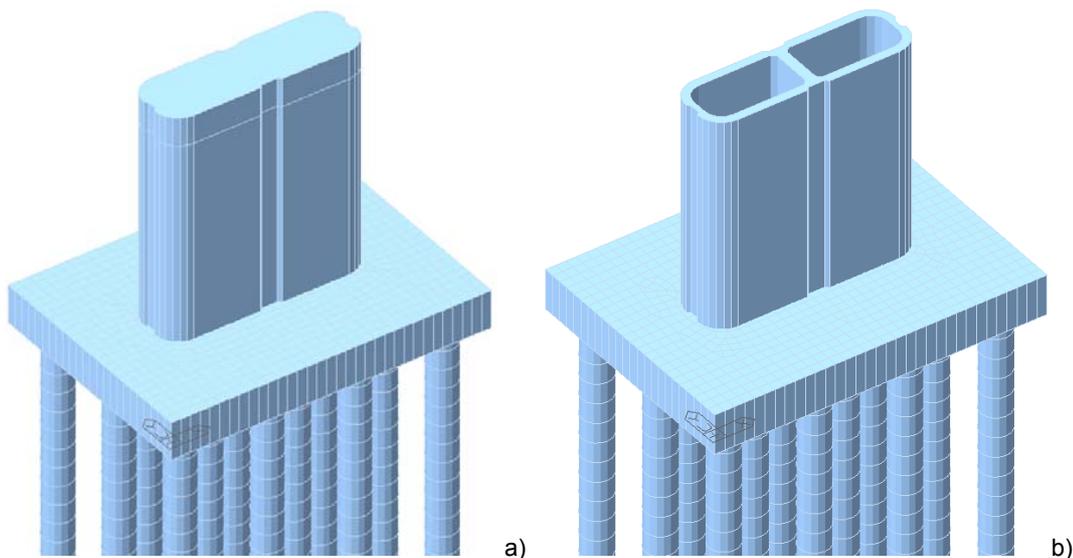


Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D b) Spaccato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 45 di 96
		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					

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.

	VI. 02	-	WBS viadotto
	P 18	-	Numero pila
Sigla geometria	B		Codice pila per tipologia geometria
Sigla impalcati afferenti	2	-	Codice pila per tipologia impalcati afferenti
H _p	7.63	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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.B5.001 A 46 di 96	

PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PILA			
	VI. 02	-	WBS viadotto
	P 18	-	Numero pila
Sigla pila	B	-	Tipologia pila per geometria
H _p	7.6 m		Altezza pila
γ	25 kN/m ³		Peso per unità di volume
f _{ck}	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 ²		Sezione trasversale fusto pila
A _{sup}	36.32 m ²		Sezione trasversale estremità superiore pila
A _{sup} *	3.88 m ²		Sezione protuberanze testa pila (2 totali)
I _y	1.35E+14 mm ⁴		Inerzia mensola direzione trasversale
I _z	1.90E+13 mm ⁴		Inerzia mensola longitudinale
E	33346 MPa		Modulo di elasticità
K _T	30338287 N/mm		Rigidezza flessionale direzione trasversale
K _L	4275776 N/mm		Rigidezza flessionale direzione longitudinale
K _{T,fess}	15169144 N/mm		Rigidezza flessionale in condizioni fessurate direzione trasversale
K _{L,fess}	2137888 N/mm		Rigidezza flessionale in condizioni fessurate direzione longitudinale
P _{pila_tot}	2993 kN		Peso proprio pila
P _{sup.pila}	2073 kN		Peso proprio della metà superiore della pila (Peso metà fusto+Peso pulvino)
P _{inf.pila}	920 kN		Peso proprio della metà inferiore della pila (Peso metà fusto)
m _{pila_tot}	305 kN/m/s ²		Massa pila
m _{sup.pila}	211 kN/m/s ²		Massa della metà superiore della pila
m _{inf.pila}	94 kN/m/s ²		Massa della metà inferiore della pila
Applicabilità analisi statica lineare		Analisi statica lineare applicabile	

CALCOLO MASSA EFFICACE PILA/IMPALCATO			
Sigla impalcato afferenti	2	-	
<u>Direzione longitudinale</u>			
P _{impalcato}	6348 kN		Peso dell'impalcato (travi+soletta)
P _{permanenti portati}	5315 kN		Carichi permanenti portati totali
P _{traffico ferroviario}	7079 kN		Carico ferroviario
0.2xP _{traffico ferroviario}	1416 kN		20% del carico dovuto al transito dei mezzi
m _{impalcato}	1334 kN/m/s ²		Massa impalcato (PP+PERM.+0.2ACC) - direzione longitudinale
m_{efficace tot - longitudinale}	1555 kN/m/s²		Massa efficace pila sup.+impalcato - direzione longitudinale
<u>Direzione trasversale</u>			
P _{impalcato}	6924 kN		Peso dell'impalcato (travi+soletta)
P _{permanenti portati}	6807 kN		Carichi permanenti portati totali
P _{traffico ferroviario}	8739 kN		Carico ferroviario
0.2xP _{traffico ferroviario}	1748 kN		20% del carico dovuto al transito dei mezzi
m _{impalcato}	1579 kN/m/s ²		Massa impalcato (PP+PERM.+0.2ACC) - direzione trasversale
m_{efficace tot - trasversale}	1800 kN/m/s²		Massa efficace pila sup.+impalcato - direzione trasversale

PARAMETRI SPETTRALI			
a _g	0.218 g		PGA
S _S	1.377		Coefficiente stratigrafico
a _g (T=0)	0.300 g		Accelerazione spettrale al suolo (a _g *S)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 47 di 96
		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					

CALCOLO PERIODO DI VIBRAZIONE PILA IN DIREZIONE LONGITUDINALE		
<u>Ipotesi sezione non fessurata ($E = E_m$)</u>		
TL	0.120 s	Periodo di vibrazione
Spettro di progetto ($q = 1.5$)		
ag(T)	0.430 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ($q=1.5$)
FL	6560 kN	Taglio longitudinale base pila
ML	50053 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
Spettro elastico ($q = 1$)		
ag(T)	0.596 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ($q=1$)
FL	9083 kN	Taglio longitudinale
ML	69305 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
<u>Ipotesi sezione fessurata ($E_f = 0.5E$)</u>		
TL,fess	0.169 s	
Spettro di progetto ($q = 1.5$)		
ag(T)	0.485 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ($q=1.5$)
FL	7403 kN	Taglio longitudinale base pila
ML	56488 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
Spettro elastico ($q = 1$)		
ag(T)	0.721 g	Accelerazione spettrale in direzione longitudinale ($q=1$)
Fi,sup	10927 kN	Forza di inerzia parte superiore
Fi,inf	3247 kN	Forza di inerzia parte inferiore
FL	14174 kN	Taglio longitudinale intradosso plinto
ML	108478 kNm	Flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato

CALCOLO PERIODO DI VIBRAZIONE PILA IN DIREZIONE TRASVERSALE		
<u>Ipotesi sezione non fessurata ($E = E_m$)</u>		
Tt	0.048 s	
Spettro di progetto ($q = 1.5$)		
ag(T)	0.353 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ($q=1.5$)
FT	6226 kN	Taglio trasversale
MT	47506 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
Spettro elastico ($q = 1$)		
ag(T)	0.420 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ($q=1$)
FT	7407 kN	Taglio trasversale
MT	56514 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
<u>Ipotesi sezione fessurata ($E_f = 0.5E$)</u>		
TT,fess	0.068	
Spettro di progetto ($q = 1.5$)		
ag(T)	0.375 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ($q=1.5$)
FT	6617 kN	Taglio trasversale
MT	50485 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
Spettro elastico ($q = 1$)		
ag(T)	0.470 g	Accelerazione spettrale in direzione trasversale ($q=1$)
Fi,sup	8247 kN	Forza di inerzia parte superiore
Fi,inf	3247 kN	Forza di inerzia parte inferiore
FT	11494 kN	Taglio trasversale
MT	82664 kNm	Flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 48 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	49 di 96

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	794.5	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	794.5	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	688.2	0.0	0.0	640.1	0.0	0.0	640.3	0.0	0.0	688.8	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Aviamento treno	-36.1	0.0	0.0	-37.2	43.1	403.1	-31.8	43.1	421.9	-26.6	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Aviamento treno	-39.7	0.0	0.0	-41.0	47.4	443.5	-35.0	47.4	464.0	-29.3	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Aviamento treno	29.3	0.0	0.0	35.0	47.4	-464.0	41.0	47.4	-443.5	39.7	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	38.2	0.0	0.0	39.5	-45.7	-427.6	33.7	-45.7	-447.4	28.2	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	24.0	0.0	0.0	24.8	-28.8	-268.8	21.2	-28.7	-281.2	17.7	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	-17.7	0.0	0.0	-21.2	-28.7	281.2	-24.8	-28.8	268.8	-24.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-121.7	0.0	0.0	-47.0	93.1	6.8	40.5	92.6	-6.8	128.2	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-135.0	0.0	0.0	-51.3	102.8	7.8	45.4	102.4	-7.8	140.9	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-141.0	0.0	0.0	-45.4	102.4	7.8	51.3	102.9	-7.8	135.1	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-19.4	0.0	0.0	-7.1	25.1	2.3	7.1	25.1	-2.3	19.4	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q6	Vento	-210.4	0.0	0.0	-75.3	201.8	15.0	73.4	201.7	-15.0	212.2	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	-11.6	0.0	0.0	292.6	0.0	0.0	574.5	0.0	0.0	810.9	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	815.6	0.0	0.0	568.6	0.0	0.0	290.5	0.0	0.0	-11.5	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	-9.2	0.0	0.0	322.3	0.0	0.0	639.9	0.0	0.0	923.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.9
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	32.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	33.4

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	50 di 96

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	900.0	0.0	0.0	850.0	0.0	0.0	850.0	0.0	0.0	1150.0	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	1100.0	0.0	0.0	800.0	0.0	0.0	800.0	0.0	0.0	1450.0	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Aviamento treno	50.0	0.0	0.0	0.0	-90.0	0.0	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Aviamento treno	100.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Aviamento treno	0.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	-50.0	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	-100.0	0.0	0.0	-50.0	110.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	-50.0	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	-50.0	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	-50.0	0.0	0.0	-50.0	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	0.0	0.0	0.0	50.0	70.0	0.0	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-150.0	0.0	0.0	-50.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-200.0	0.0	0.0	-500.0	320.0	0.0	50.0	0.0	0.0	250.0	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-350.0	0.0	0.0	-100.0	310.0	0.0	150.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	0.0	110.0	0.0	50.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-50.0	0.0	0.0	0.0	120.0	0.0	50.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-150.0	0.0	0.0	0.0	120.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q6	Vento	-250.0	0.0	0.0	-100.0	350.0	0.0	100.0	0.0	0.0	150.0	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	100.0	0.0	0.0	400.0	0.0	0.0	900.0	0.0	0.0	1050.0	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	750.0	0.0	0.0	1000.0	0.0	0.0	500.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	100.0	0.0	0.0	500.0	0.0	0.0	1000.0	0.0	0.0	1250.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	205.0	0.0	130.0	205.0	0.0	130.0	130.0
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	30.0	30.0	0.0	30.0	85.0	0.0	40.0	85.0	0.0	40.0	40.0

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 51 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	52 di 96

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI TESTA PILA				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-30471	2700	1057	21667	190
SLU-Gr.3(N)	-30991	1697	2113	15296	546
SLU-Gr.1(P)	-31730	2495	1292	21712	473
SLU-Gr.3(P)	-31755	1601	2585	16229	845
SLU-Gr.1-1SW/2	-26386	1498	634	25446	34
SLU-Gr.3-1SW/2	-26233	1108	1269	23098	281
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-24394	1400	1292	11105	6012
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-24188	1043	2585	9327	6239
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-24644	2700	1057	20563	217
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-25164	1697	2113	14193	520
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-25903	2495	1292	20608	500
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-25928	1601	2585	15126	872
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-20559	1498	634	24342	7
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-20406	1108	1269	21994	307
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-18567	1400	1292	10001	6039
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-18361	1043	2585	8224	6266
SLV-EL+0.3ET	-13731	2052	7403	0	0
SLV-0.3EL+ET	-13379	6637	2221	0	0
SLE-C-Gr.1(N)	-21260	1847	729	14888	177
SLE-C-Gr.3(N)	-21618	1155	1458	10495	331
SLE-C-Gr.1(P)	-22128	1705	891	14919	372
SLE-C-Gr.3(P)	-22145	1089	1783	11139	629
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-18442	1017	438	17495	23
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-18337	749	875	15875	240
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-17068	950	891	7604	4192
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-16926	704	1783	6379	4349
SLE-F-Gr.1(N)	-19802	1116	583	10655	122
SLE-F-Gr.3(N)	-20089	562	1166	7140	284
SLE-F-Gr.1(P)	-20497	1002	713	10680	278
SLE-F-Gr.3(P)	-20510	509	1426	7655	483
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-17548	452	350	12740	1
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-17464	237	700	11444	172
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-16449	398	713	4828	3334
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-16335	201	1426	3847	3459
SLE-QP	-13731	0	0	2522	94

Tabella 7: Sollecitazioni nella sezione a quota testa pila

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p align="center">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p align="center">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</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	<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.02.B5.001</td> <td>A</td> <td>53 di 96</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	53 di 96
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	53 di 96								

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	54 di 96

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI BASE PILA				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-34512	2757	1254	42486	9006
SLU-Gr.3(N)	-35032	1754	2311	28462	17425
SLU-Gr.1(P)	-35771	2552	1490	40966	11087
SLU-Gr.3(P)	-35797	1658	2782	28663	21319
SLU-Gr.1-1SW/2	-30427	1554	832	37090	5627
SLU-Gr.3-1SW/2	-30275	1165	1466	31769	10715
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-28435	1457	1490	22006	16626
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-28229	1100	2782	17501	26713
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-27638	2757	1254	41382	9032
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-28158	1754	2311	27358	17398
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-28897	2552	1490	39862	11113
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-28922	1658	2782	27559	21345
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-23552	1554	832	35986	5600
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-23400	1165	1466	30665	10741
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-21560	1457	1490	20903	16652
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-21354	1100	2782	16398	26739
SLV-EL+0.3ET	-16725	2052	7403	19794	58073
SLV-0.3EL+ET	-16372	6637	2221	65883	17062
SLE-C-Gr.1(N)	-24253	1884	860	29122	6240
SLE-C-Gr.3(N)	-24612	1193	1589	19451	11954
SLE-C-Gr.1(P)	-25121	1743	1023	28074	7675
SLE-C-Gr.3(P)	-25139	1126	1914	19589	14731
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-21435	1055	569	25401	3863
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-21330	786	1007	21731	7418
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-20062	988	1023	14999	11495
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-19919	741	1914	11892	18451
SLE-F-Gr.1(N)	-22795	1116	583	19167	4570
SLE-F-Gr.3(N)	-23082	562	1166	11430	9181
SLE-F-Gr.1(P)	-23490	1002	713	18329	5718
SLE-F-Gr.3(P)	-23504	509	1426	11541	11364
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-20541	452	350	16190	2672
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-20457	237	700	13255	5513
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-19442	398	713	7868	8774
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-19328	201	1426	5383	14340
SLE-QP	-16725	0	0	2522	94

Tabella 8: Sollecitazioni nella sezione di spiccato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	55 di 96		

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)	ϕ (mm)	s_{ext} (cm)	s_{int} (cm)	n°tot	A_s (cm ²)	A_s/A_{cls} (%)	A_{min}/A_{cls} (%)
1	7.2	20	20	20	306	960.8	0.84	0.6

ARMATURA TRASVERSALE FUSTO (STAFFE)							
Direzione longitudinale				Direzione trasversale			
nb	ϕ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm ² /m)	nb	ϕ (mm)	s (cm)	$A_{v, st}/s$ (cm ² /m)
6	14	20	46.18	4	14	20	30.79

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

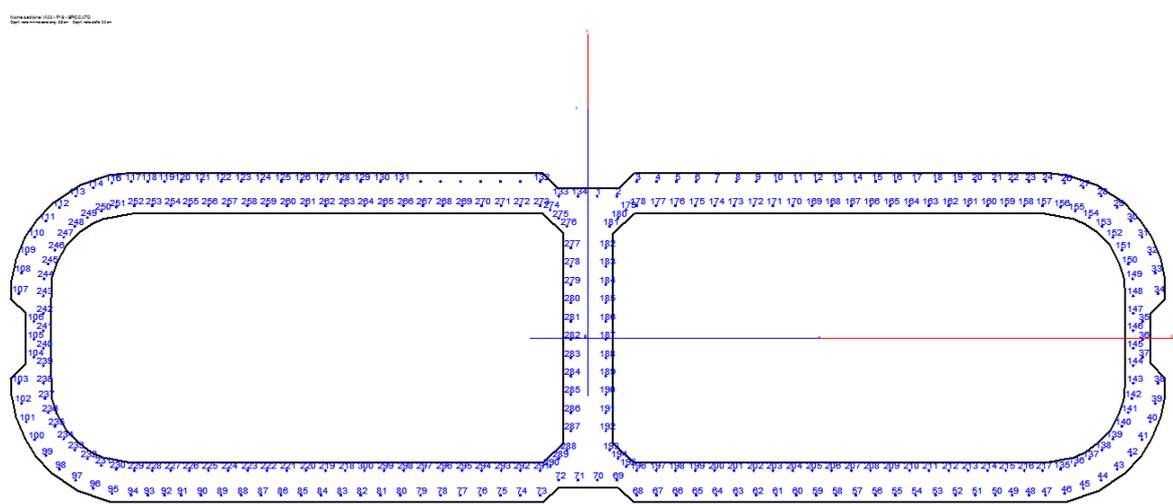
Vy: Taglio in direzione parallela all'asse del viadotto

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.B5.001 A 56 di 96	



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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 57 di 96

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> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A
					PAGINA 58 di 96	

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	8.9	142.3	20
2	28.2	142.3	20
3	48.1	157.3	20
4	68.0	157.3	20
5	87.8	157.3	20
6	107.7	157.3	20
7	127.5	157.3	20
8	147.4	157.3	20
9	167.2	157.3	20
10	187.1	157.3	20
11	206.9	157.3	20
12	226.8	157.3	20
13	246.6	157.3	20
14	266.5	157.3	20
15	286.3	157.3	20
16	306.2	157.3	20
17	326.0	157.3	20
18	345.9	157.3	20
19	365.8	157.3	20
20	385.6	157.3	20
21	405.5	157.3	20
22	422.2	157.3	20
23	438.9	157.3	20
24	455.5	157.3	20
25	474.4	155.6	20
26	474.4	155.6	20
27	493.2	150.6	20
28	510.8	142.4	20
29	526.7	131.3	20
30	540.5	117.5	20

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 59 di 96

31	551.6	101.6	20
32	559.8	84.0	20
33	564.8	65.2	20
34	567.4	45.0	20
35	552.3	16.7	20
36	552.3	-1.3	20
37	552.3	-19.2	20
38	567.4	-45.0	20
39	564.8	-65.2	20
40	559.8	-84.0	20
41	551.6	-101.6	20
42	540.5	-117.5	20
43	526.7	-131.3	20
44	510.8	-142.4	20
45	493.2	-150.6	20
46	474.4	-155.6	20
47	455.4	-157.3	20
48	438.9	-157.3	20
49	422.2	-157.3	20
50	405.5	-157.3	20
51	385.6	-157.3	20
52	365.8	-157.3	20
53	345.9	-157.3	20
54	326.0	-157.3	20
55	306.2	-157.3	20
56	286.3	-157.3	20
57	266.5	-157.3	20
58	246.6	-157.3	20
59	226.8	-157.3	20
60	206.9	-157.3	20
61	187.1	-157.3	20
62	167.2	-157.3	20
63	147.4	-157.3	20
64	127.5	-157.3	20
65	107.7	-157.3	20
66	87.8	-157.3	20
67	68.0	-157.3	20
68	48.1	-157.3	20
69	28.2	-142.3	20
70	8.9	-142.3	20
71	-10.4	-142.4	20
72	-29.6	-142.4	20
73	-48.0	-157.4	20
74	-67.9	-157.4	20
75	-87.8	-157.4	20
76	-107.6	-157.4	20
77	-127.5	-157.4	20
78	-147.3	-157.4	20
79	-167.2	-157.4	20
80	-187.0	-157.4	20
81	-206.9	-157.4	20
82	-226.7	-157.4	20
83	-246.6	-157.4	20
84	-266.4	-157.4	20
85	-286.3	-157.4	20

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 60 di 96

86	-306.1	-157.4	20
87	-326.0	-157.4	20
88	-345.8	-157.4	20
89	-365.7	-157.4	20
90	-385.5	-157.4	20
91	-405.4	-157.4	20
92	-422.2	-157.3	20
93	-438.9	-157.3	20
94	-455.4	-157.3	20
95	-474.4	-155.6	20
96	-493.2	-150.6	20
97	-510.8	-142.4	20
98	-526.7	-131.3	20
99	-540.5	-117.5	20
100	-551.6	-101.6	20
101	-559.8	-84.0	20
102	-564.8	-65.2	20
103	-567.4	-45.0	20
104	-552.3	-19.2	20
105	-552.3	-1.3	20
106	-552.3	16.7	20
107	-567.4	45.0	20
108	-564.8	65.2	20
109	-559.8	84.0	20
110	-551.6	101.6	20
111	-540.5	117.5	20
112	-526.7	131.3	20
113	-510.8	142.4	20
114	-493.2	150.6	20
115	-474.4	155.6	20
116	-474.4	155.6	20
117	-455.5	157.3	20
118	-438.9	157.3	20
119	-422.2	157.3	20
120	-405.5	157.3	20
121	-385.5	157.3	20
122	-365.6	157.3	20
123	-345.8	157.3	20
124	-325.9	157.3	20
125	-306.0	157.3	20
126	-286.2	157.3	20
127	-266.3	157.3	20
128	-246.5	157.3	20
129	-226.6	157.3	20
130	-206.8	157.3	20
131	-186.9	157.3	20
132	-48.0	157.3	20
133	-29.5	142.3	20
134	-10.3	142.3	20
135	470.2	-131.4	20
136	485.1	-127.4	20
137	499.1	-120.8	20
138	511.7	-112.0	20
139	522.7	-101.1	20
140	531.5	-88.4	20

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 61 di 96

141	538.0	-74.4	20
142	541.3	-60.2	20
143	542.7	-45.0	20
144	542.7	-27.5	20
145	542.7	-10.0	20
146	542.7	7.5	20
147	542.7	25.0	20
148	542.7	42.5	20
149	542.0	59.5	20
150	538.0	74.4	20
151	531.5	88.4	20
152	522.7	101.1	20
153	511.7	112.0	20
154	499.1	120.8	20
155	485.1	127.4	20
156	470.2	131.4	20
157	452.5	132.7	20
158	434.2	132.7	20
159	416.0	132.7	20
160	397.7	132.7	20
161	378.3	132.7	20
162	358.9	132.7	20
163	339.4	132.7	20
164	320.0	132.7	20
165	300.6	132.7	20
166	281.2	132.7	20
167	261.7	132.7	20
168	242.3	132.7	20
169	222.9	132.7	20
170	203.5	132.7	20
171	184.1	132.7	20
172	164.6	132.7	20
173	145.2	132.7	20
174	125.8	132.7	20
175	106.4	132.7	20
176	87.0	132.7	20
177	67.5	132.7	20
178	48.1	132.7	20
179	37.8	128.7	20
180	29.6	120.4	20
181	21.3	112.2	20
182	17.3	90.5	20
183	17.3	72.1	20
184	17.3	53.8	20
185	17.3	35.4	20
186	17.3	17.1	20
187	17.3	-1.3	20
188	17.3	-19.6	20
189	17.3	-37.9	20
190	17.3	-56.3	20
191	17.3	-74.6	20
192	17.3	-93.0	20
193	21.3	-112.2	20
194	29.6	-120.4	20
195	37.8	-128.7	20

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 62 di 96

196	48.1	-132.7	20
197	67.5	-132.7	20
198	87.0	-132.7	20
199	106.4	-132.7	20
200	125.8	-132.7	20
201	145.2	-132.7	20
202	164.6	-132.7	20
203	184.1	-132.7	20
204	203.5	-132.7	20
205	222.9	-132.7	20
206	242.3	-132.7	20
207	261.7	-132.7	20
208	281.2	-132.7	20
209	300.6	-132.7	20
210	320.0	-132.7	20
211	339.4	-132.7	20
212	358.9	-132.7	20
213	378.3	-132.7	20
214	397.7	-132.7	20
215	416.0	-132.7	20
216	434.2	-132.7	20
217	452.5	-132.7	20
218	-242.3	-132.7	20
219	-261.7	-132.7	20
220	-281.2	-132.7	20
221	-300.6	-132.7	20
222	-320.0	-132.7	20
223	-339.4	-132.7	20
224	-358.9	-132.7	20
225	-378.3	-132.7	20
226	-397.7	-132.7	20
227	-416.0	-132.7	20
228	-434.2	-132.7	20
229	-452.5	-132.7	20
230	-470.2	-131.4	20
231	-485.1	-127.4	20
232	-499.1	-120.8	20
233	-511.7	-112.0	20
234	-522.7	-101.1	20
235	-531.5	-88.4	20
236	-538.0	-74.4	20
237	-541.3	-60.2	20
238	-542.7	-45.0	20
239	-542.7	-27.5	20
240	-542.7	-10.0	20
241	-542.7	7.5	20
242	-542.7	25.0	20
243	-542.7	42.5	20
244	-542.0	59.5	20
245	-538.0	74.4	20
246	-531.5	88.4	20
247	-522.7	101.1	20
248	-511.7	112.0	20
249	-499.1	120.8	20
250	-485.1	127.4	20

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 63 di 96

251	-470.2	131.4	20
252	-452.5	132.7	20
253	-434.2	132.7	20
254	-416.0	132.7	20
255	-397.7	132.7	20
256	-378.3	132.7	20
257	-358.9	132.7	20
258	-339.4	132.7	20
259	-320.0	132.7	20
260	-300.6	132.7	20
261	-281.2	132.7	20
262	-261.7	132.7	20
263	-242.3	132.7	20
264	-222.9	132.7	20
265	-203.5	132.7	20
266	-184.1	132.7	20
267	-164.6	132.7	20
268	-145.2	132.7	20
269	-125.8	132.7	20
270	-106.4	132.7	20
271	-87.0	132.7	20
272	-67.5	132.7	20
273	-48.1	132.7	20
274	-37.8	128.7	20
275	-29.6	120.4	20
276	-21.3	112.2	20
277	-17.3	90.5	20
278	-17.3	72.1	20
279	-17.3	53.8	20
280	-17.3	35.4	20
281	-17.3	17.1	20
282	-17.3	-1.3	20
283	-17.3	-19.6	20
284	-17.3	-37.9	20
285	-17.3	-56.3	20
286	-17.3	-74.6	20
287	-17.3	-93.0	20
288	-21.3	-112.2	20
289	-29.6	-120.4	20
290	-37.8	-128.7	20
291	-48.1	-132.7	20
292	-67.5	-132.7	20
293	-87.0	-132.7	20
294	-106.4	-132.7	20
295	-125.8	-132.7	20
296	-145.2	-132.7	20
297	-164.6	-132.7	20
298	-184.1	-132.7	20
299	-203.5	-132.7	20
300	-222.9	-132.7	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen.

Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	64 di 96

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	131	132	6	20

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	34512.46	9005.84	42485.66	0.00	0.00
2	35032.50	17424.68	28461.79	0.00	0.00
3	35771.49	11086.60	40965.94	0.00	0.00
4	35796.58	21318.91	28662.89	0.00	0.00
5	30427.07	5627.01	37089.61	0.00	0.00
6	30274.53	10714.53	31768.88	0.00	0.00
7	28435.07	16625.60	22006.25	0.00	0.00
8	28228.74	26712.91	17501.45	0.00	0.00
9	27637.74	9032.35	41381.96	0.00	0.00
10	28157.78	17398.16	27358.08	0.00	0.00
11	28896.77	11113.11	39862.24	0.00	0.00
12	28921.86	21345.43	27559.19	0.00	0.00
13	23552.35	5600.49	35985.90	0.00	0.00
14	23399.81	10741.04	30665.17	0.00	0.00
15	21560.35	16652.11	20902.54	0.00	0.00
16	21354.02	26739.43	16397.74	0.00	0.00
17	16724.60	58073.49	19794.29	0.00	0.00
18	16372.06	17061.78	65882.98	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	24252.97	6239.51 (0.00)	29122.31 (0.00)
2	24611.62	11953.80 (0.00)	19450.68 (0.00)
3	25121.27	7674.52 (0.00)	28074.23 (0.00)
4	25138.57	14731.29 (0.00)	19589.37 (0.00)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 65 di 96

5	21435.46	3863.02 (0.00)	25400.90 (0.00)
6	21330.26	7417.92 (0.00)	21731.43 (0.00)
7	20061.67	11494.52 (0.00)	14998.58 (0.00)
8	19919.37	18451.29 (237814.84)	11891.82 (153271.21)
9	22795.35	4570.43 (0.00)	19167.34 (0.00)
10	23082.27	9180.83 (0.00)	11430.03 (0.00)
11	23489.99	5718.44 (0.00)	18328.88 (0.00)
12	23503.83	11363.85 (0.00)	11540.99 (0.00)
13	20541.34	2671.77 (0.00)	16190.21 (0.00)
14	20457.18	5513.16 (0.00)	13254.63 (0.00)
15	19442.31	8774.44 (0.00)	7868.36 (0.00)
16	19328.47	14339.85 (0.00)	5382.95 (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	16724.60	94.32 (0.00)	2522.41 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.2 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	34512.46	45129.57	211871.81	34512.66	59639.24	276643.57	6.518	-----
2	S	35032.50	80023.84	100967.30	35032.46	99773.99	163770.99	5.752	-----
3	S	35771.49	54858.47	198561.84	35771.21	70938.38	259328.24	6.338	-----
4	S	35796.58	84345.15	78602.43	35796.36	103387.08	140013.24	4.878	-----
5	S	30427.07	32328.00	215038.50	30427.02	43656.34	287716.76	7.759	-----
6	S	30274.53	57974.31	167758.26	30274.73	77528.87	228351.68	7.197	-----
7	S	28435.07	76824.11	63471.77	28435.01	94511.04	124618.81	5.677	-----
8	S	28228.74	80910.10	28030.54	28228.72	96500.60	63187.04	3.616	-----

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	66 di 96

9	S	27637.74	40603.89	193507.96	27637.54	56189.50	262558.73	6.341	-----
10	S	28157.78	74232.23	79538.16	28157.89	92724.59	145105.35	5.316	-----
11	S	28896.77	50447.55	180417.26	28896.58	68331.43	244700.56	6.142	-----
12	S	28921.86	77660.31	61966.32	28921.60	95315.93	122272.67	4.451	-----
13	S	23552.35	29030.84	193373.86	23552.63	41375.20	269646.11	7.492	-----
14	S	23399.81	53435.24	147013.73	23399.54	74288.50	211146.62	6.892	-----
15	S	21560.35	69342.02	50503.16	21560.47	85745.95	107252.25	5.143	-----
16	S	21354.02	72416.42	22412.26	21353.97	87012.25	52966.97	3.251	-----
17	S	16724.60	67456.21	11242.52	16724.59	80816.21	27599.58	1.392	-----
18	S	16372.06	38563.09	149441.01	16371.88	57650.08	220739.06	3.353	-----

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	-0.00094	506.1	153.6	0.00341	510.8	142.4	-0.00677	-510.8	-142.4
2	0.00350	-0.00216	477.1	163.0	0.00328	474.4	155.6	-0.00948	-474.4	-155.6
3	0.00350	-0.00079	506.1	153.6	0.00339	510.8	142.4	-0.00640	-510.8	-142.4
4	0.00323	-0.00255	461.2	164.9	0.00299	474.4	155.6	-0.01000	-474.4	-155.6
5	0.00350	-0.00137	534.2	135.2	0.00340	526.7	131.3	-0.00776	-526.7	-131.3
6	0.00350	-0.00116	506.1	153.6	0.00338	493.2	150.6	-0.00724	-493.2	-150.6
7	0.00274	-0.00283	461.2	164.9	0.00248	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
8	0.00207	-0.00322	461.2	164.9	0.00181	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
9	0.00350	-0.00139	534.2	135.2	0.00340	510.8	142.4	-0.00782	-510.8	-142.4
10	0.00302	-0.00267	461.2	164.9	0.00278	474.4	155.6	-0.01000	-474.4	-155.6
11	0.00350	-0.00122	506.1	153.6	0.00338	510.8	142.4	-0.00738	-510.8	-142.4
12	0.00272	-0.00284	461.2	164.9	0.00247	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
13	0.00350	-0.00192	534.2	135.2	0.00339	526.7	131.3	-0.00904	-526.7	-131.3
14	0.00350	-0.00173	506.1	153.6	0.00336	493.2	150.6	-0.00856	-493.2	-150.6
15	0.00235	-0.00306	461.2	164.9	0.00209	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
16	0.00184	-0.00335	461.2	164.9	0.00158	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
17	0.00155	-0.00352	461.2	164.9	0.00128	455.5	157.3	-0.01000	-455.4	-157.3
18	0.00350	-0.00227	506.1	153.6	0.00336	510.8	142.4	-0.00983	-510.8	-142.4

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	0.000006987	0.000010704	-0.001680102	----	----
2	0.000004141	0.000028386	-0.003101426	----	----
3	0.000006158	0.000012304	-0.001506496	----	----
4	0.000003353	0.000031506	-0.003505979	----	----

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.								
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 67 di 96

5	0.000008374	0.000008908	-0.002177397	----	----
6	0.000005972	0.000015679	-0.001930532	----	----
7	0.000002745	0.000031733	-0.003758044	----	----
8	0.000001213	0.000034029	-0.004094687	----	----
9	0.000007760	0.000011550	-0.002206773	----	----
10	0.000003455	0.000030533	-0.003609129	----	----
11	0.000006717	0.000013688	-0.002001668	----	----
12	0.000002676	0.000031884	-0.003766100	----	----
13	0.000009390	0.000009685	-0.002825448	----	----
14	0.000006412	0.000018583	-0.002599075	----	----
15	0.000002239	0.000031948	-0.003954578	----	----
16	0.000000996	0.000033910	-0.004212234	----	----
17	0.000000511	0.000034383	-0.004358928	----	----
18	0.000008502	0.000015815	-0.003231740	----	----

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 [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	2.17	-45.0	125.0	7.4	-510.8	-142.4	----	----	----	----
2	S	2.56	-45.0	125.0	6.5	-474.4	-155.6	----	----	----	----
3	S	2.32	-45.0	125.0	7.5	-510.8	-142.4	----	----	----	----
4	S	2.76	-45.0	125.0	4.0	-474.4	-155.6	----	----	----	----
5	S	1.82	-45.0	125.0	8.3	-526.7	-131.3	----	----	----	----
6	S	2.03	-45.0	125.0	6.5	-493.2	-150.6	----	----	----	----
7	S	2.19	-45.0	125.0	3.8	-474.4	-155.6	----	----	----	----
8	S	2.60	-45.0	125.0	-2.8	-474.4	-155.6	1529	22.0	19.1	1.00
9	S	1.98	-45.0	125.0	12.4	-510.8	-142.4	----	----	----	----
10	S	2.30	-45.0	125.0	11.5	-474.4	-155.6	----	----	----	----
11	S	2.11	-45.0	125.0	12.5	-493.2	-150.6	----	----	----	----
12	S	2.46	-45.0	125.0	9.6	-474.4	-155.6	----	----	----	----
13	S	1.71	-45.0	125.0	13.1	-526.7	-131.3	----	----	----	----
14	S	1.88	-45.0	125.0	11.6	-493.2	-150.6	----	----	----	----
15	S	2.00	-45.0	125.0	9.4	-474.4	-155.6	----	----	----	----
16	S	2.33	-45.0	125.0	4.3	-455.4	-157.3	----	----	----	----

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
S1	Esito della verifica
S2	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	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
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.2 (P18) - Relazione di calcolo			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
			IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	68 di 96						

$\Psi = 1 - \text{Beta}12^2 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12^2 \cdot (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12^2 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot \text{sm} \cdot \text{srm}$. 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	Ψ	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
2	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
3	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
4	S	0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
5	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
6	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
7	S	0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
8	S	-0.2	0	0.125	20	69-165.121	0.00001 (0.00001)	246	0.002 (0.20)	237814.84	153271.21	
9	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
10	S	0.7	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
11	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
12	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
13	S	0.9	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
14	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
15	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00
16	S	0.2	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	1.30	-25.0	105.0	18.1	-564.8	-65.2	----	----	----	----

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Ψ	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	0.00

VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE X

bw	=	80	cm
h	=	1150	cm
c	=	5.5	cm
d	=	h-c	= 1144.5 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	=	14
braccia	=	4

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 69 di 96

ϕ_{st2} = 0
 braccia = 0
 passo = 20 cm
 (Asw / s) = 30.788 cm² / m
 a = 90 ° (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

ϕ = 20
 Numero = 4
 Asl = 12.566 cm²

TAGLIO AGENTE VEd = 6637 (KN)
 SFORZO NORMALE Ned = 16372 (KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k = 1.13
 v_{min} = 0.243
 r_l = 0.0001
 scp = 1.7796 (Mpa)

VRd = 3401.31 (KN) NO 4668.518053 (KN)
 VRd = 4668.52 (KN)
 ac = 1.0946 Ned/Ac= 1.7796 (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

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

VRsd = 31023.37 (KN)
 VRcd = 29257.55 (KN)
 VRd = 29257.55 (KN) min(VRsd, VRcd)

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

VRsd = 12409.35 (KN)
 VRcd = 42423.44 (KN)
 VRd = 12409.35 (KN) min(VRsd, VRcd)

IPOTESI 3 Cot q in cui VRsd=VRcd :Rottura bilanciata
 cot(q) = 2.42 (calcolato) cot(q) = 2.42 (limitato)
 q = 22.48 °
 VRsd = 29981.70 (KN)

VRcd = 29981.70 (KN)

VRd = 29981.70 (KN)

MASSIMO TAGLIO RESISTENTE

VRd = 29982 (KN)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 70 di 96

VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE Y

bw = 130 cm
h = 330 cm
c = 5.5 cm
d = h-c = 324.5 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 = 14
braccia = 6
øst2 = 0
braccia = 0
passo = 20 cm
(Asw / s) = 46.2 cm² / m
a = 90 ° (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

øl = 20
Numero = 7
Asl = 21.991 cm²

TAGLIO AGENTE VEd = 7403 (KN)
SFORZO NORMALE Ned = 16372 (KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k = 1.25
vmin = 0.281
rl = 0.0005
scp = 3.7627 (Mpa)
VRd = 3139.59 (KN) NO 3567.381091 (KN)
VRd = 3567.38 (KN)
ac = 1.2029 Ned/Ac= 3.8163 (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

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

VRsd = 13194.08 (KN)

VRcd = 14813.26 (KN)

VRd = 13194.08 (KN) min(VRsd, VRcd)

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	72 di 96

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. 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:

PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PLINTO DI FONDAZIONE			
Sigla plinto	F1	-	Tipologia plinto per geometria
γ	25	kN/m ³	Peso per unità di volume
f_{ck}	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
B_T	16.5	m	Dimensione plinto in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto
B_L	12.0	m	Dimensione plinto in pianta in direz. longitudinale rispetto all'asse del viadotto
s	2.0	m	Spessore del plinto
P_{plinto}	9900	kN	Peso del plinto
m_{plinto}	1009	kN/m/s ²	Massa del plinto
S_{terr}	1.2	m	Spessore medio ricoprimento

PROPRIETA' MECCANICHE E GEOMETRICHE PALI DI FONDAZIONE			
γ	25	kN/m ³	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
ϕ	1500	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.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 73 di 96

Coordinate pali

x (m)	y (m)
7	-4.5
2.25	-4.5
-2.25	-4.5
-6.75	-4.5
6.75	0
2.25	0
-2.25	0
-6.75	0
6.75	4.5
2.25	4.5
-2.25	4.5
-6.75	4.5

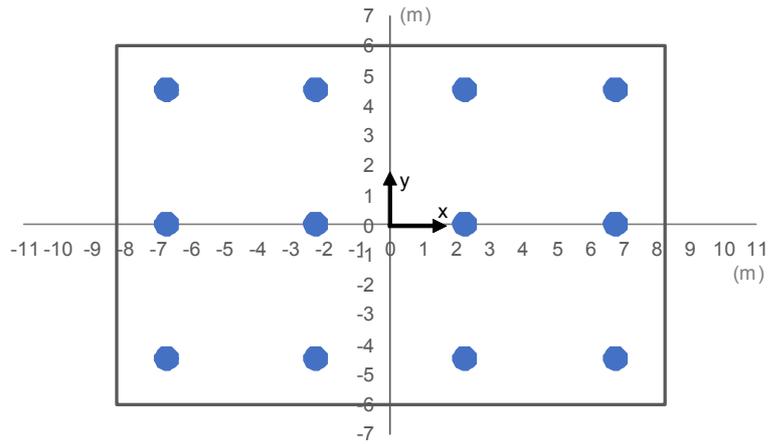


Figura 13: Disposizione dei pali di fondazione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 74 di 96

11.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Per le combinazioni di carico statiche, le sollecitazioni ad intradosso plinto sono state ottenute a partire da quelle indotte a base pila, tenendo conto del peso del plinto di fondazione, del carico permanente dovuto al peso del ricoprimento sul plinto, valutato considerandone uno spessore medio, e dell'eccentricità tra la sezione di spiccato e quella di intradosso del plinto (spessore della fondazione).

In condizione sismica, invece, secondo quanto prescritto nel par.7.2.5 del DM 14.1.2008, per le strutture progettate in CD "B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti.

Più precisamente, la forza assiale negli elementi strutturali verticali derivante dalla combinazione delle azioni deve essere associata al concomitante valore resistente del momento flettente del taglio; si richiede tuttavia che tali azioni risultino non maggiori di quelle trasferite dagli elementi soprastanti, amplificate con un γ_{Rd} pari a 1,1 in CD "B", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di struttura q pari a 1.

Ciò significa che le azioni di taglio e momento di verifica della fondazione devono essere pari ai valori minimi risultanti da questi tre casi sopraelencati, per i quali si riporta un riepilogo nei prospetti di seguito.

SOLLECITAZIONI SISMICHE BASE PILA PER $q=1$					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-16725	2222	9083	16954	69305
SLV-0.3EL+ET	-16372	7407	2725	56514	20792

SOLLECITAZIONI SISMICHE CON COEFF. DI SOVRARESISTENZA $\gamma_{Rd} = 1.1$					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-16725	2257	8144	21774	63881
SLV-0.3EL+ET	-16372	7300	2443	72471	18768

SOLLECITAZIONI RESISTENTI S_{Rd}					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-16725	29982	13195	263689	81244
SLV-0.3EL+ET	-16372	29982	13195	263689	81244

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 75 di 96

Nel caso in esame, dunque, considerando il minimo dei valori individuati nei prospetti sopra riportati, risulta:

SOLLECITAZIONI SISMICHE BASE PILA DI PROGETTO PER CALCOLO PLINTO					
Combinazioni di carico	N	Ht	HI	Mt	MI
SLV-EL+0.3ET	-16725	2222	8144	16954	63881
SLV-0.3EL+ET	-16372	7300	2443	56514	18768

Alle sollecitazioni sismiche base pila, di progetto per il calcolo del plinto, va sommata la forza di inerzia relativa alla parte inferiore della pila (semialtezza inferiore del fusto e plinto), calcolata con riferimento allo spettro di risposta elastico.

Di seguito sono sintetizzate le sollecitazioni ad intradosso plinto ricavate per ciascuna delle combinazioni di carico considerate.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	76 di 96

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI INTRADOSSO PLINTO				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-53922	2757	1254	47999	11514
SLU-Gr.3(N)	-54442	1754	2311	31969	22046
SLU-Gr.1(P)	-55181	2552	1490	46070	14066
SLU-Gr.3(P)	-55206	1658	2782	31979	26883
SLU-Gr.1-1SW/2	-49836	1554	832	40198	7291
SLU-Gr.3-1SW/2	-49684	1165	1466	34098	13647
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-47844	1457	1490	24920	19605
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-47638	1100	2782	19701	32277
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-42015	2757	1254	46896	11541
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-42535	1754	2311	30866	22020
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-43274	2552	1490	44966	14093
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-43299	1658	2782	30875	26910
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-37930	1554	832	39095	7264
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-37777	1165	1466	32995	13673
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-35938	1457	1490	23817	19632
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-35731	1100	2782	18597	32304
SLV-EL+0.3ET	-31102	3196	11390	22372	83415
SLV-0.3EL+ET	-30749	10547	3417	74361	24628
SLE-C-Gr.1(N)	-38630	1884	860	32891	7960
SLE-C-Gr.3(N)	-38989	1193	1589	21836	15132
SLE-C-Gr.1(P)	-39498	1743	1023	31560	9720
SLE-C-Gr.3(P)	-39516	1126	1914	21842	18560
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-35813	1055	569	27511	5001
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-35707	786	1007	23304	9431
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-34439	988	1023	16975	13540
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-34297	741	1914	13375	22280
SLE-F-Gr.1(N)	-37173	1116	583	21399	5736
SLE-F-Gr.3(N)	-37459	562	1166	12554	11513
SLE-F-Gr.1(P)	-37867	1002	713	20334	7144
SLE-F-Gr.3(P)	-37881	509	1426	12560	14216
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-34919	452	350	17095	3372
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-34834	237	700	13729	6913
SLE-F-Gr.1-MaxML (P)	-33819	398	713	8665	10200
SLE-F-Gr.3-MaxML (P)	-33706	201	1426	5786	17192
SLE-QP	-31102	0	0	2522	94

Tabella 9: Sollecitazioni a quota intradosso plinto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 77 di 96

Per ricavare le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione è stata considerato un modello di plinto rigido, in cui l'azione assiale nei pali viene valutata assumendo una rotazione rigida del plinto (palo impedito di ruotare in testa), tenendo poi conto, in maniera approssimata mediante la definizione di un apposito coefficiente, degli effetti flessionali sui pali dovuti ai carichi trasmessi dalla pila, come mostrato nelle immagini riportate di seguito.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali, mentre il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri):

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

Il coefficiente α dipende dalle caratteristiche di rigidezza 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_{palo} (m)	CONDIZIONI DEL TERRENO	α (m)
1.5	Non liquefacibile	3.2

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. PAGINA A 78 di 96

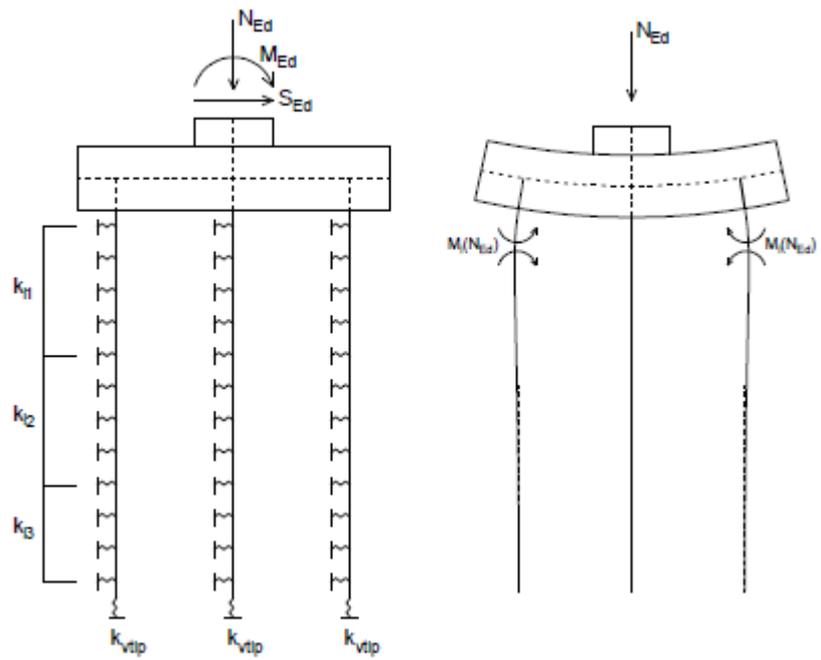


Figura 14: Modello del pinto su pali (a sinistra) ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul pinto (a destra)

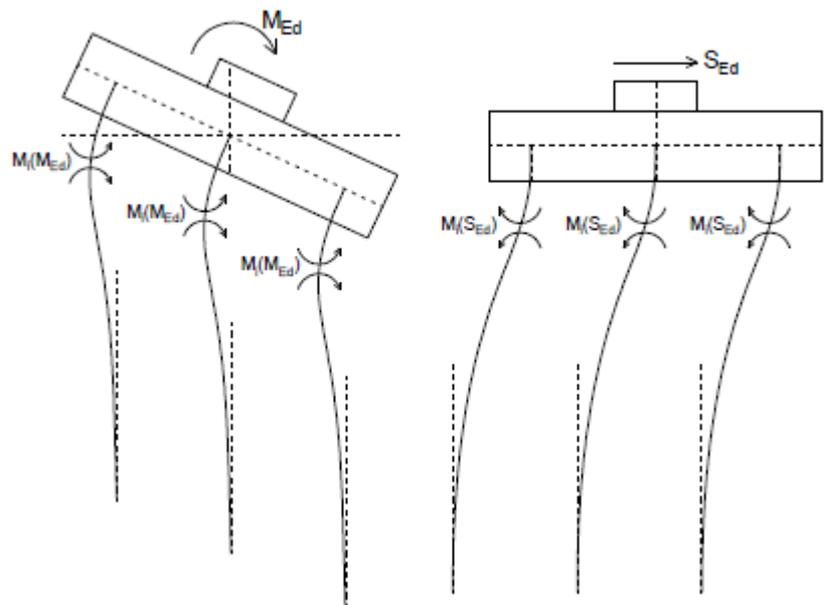


Figura 15: Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul pinto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	79 di 96	

Di seguito si mostrano le sollecitazioni relative al palo più sollecitato.

Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI MASSIME NEI PALI DI FONDAZIONE						
	N_{Ed}/n kN	$(M_t \cdot d_i / ? \cdot d_i^2)$ kN	$(M_l \cdot d_i / ? \cdot d_i^2)$ kN	N_{min} kN	N_{max} kN	$V_{ris,max}$ kN	M_{max} kNm
-							
SLU-Gr.1(N)	-4493	-1067	-320	-5880	-3107	252	808
SLU-Gr.3(N)	-4537	-710	-612	-5860	-3214	242	774
SLU-Gr.1(P)	-4598	-1024	-391	-6013	-3184	246	788
SLU-Gr.3(P)	-4600	-711	-747	-6058	-3143	270	864
SLU-Gr.1-1SW/2	-4153	-893	-203	-5249	-3057	147	470
SLU-Gr.3-1SW/2	-4140	-758	-379	-5277	-3003	156	499
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-3987	-554	-545	-5085	-2889	174	556
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-3970	-438	-897	-5304	-2635	249	798
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-3501	-1042	-321	-4864	-2139	252	808
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-3545	-686	-612	-4842	-2247	242	774
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-3606	-999	-391	-4997	-2215	246	788
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-3608	-686	-747	-5042	-2175	270	864
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-3161	-869	-202	-4231	-2090	147	470
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-3148	-733	-380	-4261	-2035	156	499
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-2995	-529	-545	-4069	-1920	174	556
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-2978	-413	-897	-4288	-1667	249	798
SLV-EL+0.3ET	-2592	-497	-2317	-5406	222	986	3155
SLV-0.3EL+ET	-2592	-1652	-684	-4928	-255	924	2956
SLE-C-Gr.1(N)	-3219	-731	-221	-4171	-2267	173	552
SLE-C-Gr.3(N)	-3249	-485	-420	-4155	-2343	166	530
SLE-C-Gr.1(P)	-3292	-701	-270	-4263	-2320	168	539
SLE-C-Gr.3(P)	-3293	-485	-516	-4294	-2292	185	592
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-2984	-611	-139	-3735	-2234	100	320
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-2976	-518	-262	-3755	-2196	106	341
SLE-C-Gr.1-MaxML(P)	-2870	-377	-376	-3623	-2117	119	379
SLE-C-Gr.3-MaxML(P)	-2858	-297	-619	-3774	-1942	171	547
SLE-F-Gr.1(N)	-3098	-476	-159	-3733	-2463	105	336
SLE-F-Gr.3(N)	-3122	-279	-320	-3720	-2523	108	345
SLE-F-Gr.1(P)	-3156	-452	-198	-3806	-2505	103	328
SLE-F-Gr.3(P)	-3157	-279	-395	-3831	-2483	126	404
SLE-F-Gr.1-1SW/2	-2910	-380	-94	-3383	-2436	48	152
SLE-F-Gr.3-1SW/2	-2903	-305	-192	-3400	-2406	62	197
SLE-F-Gr.1-MaxML(P)	-2818	-193	-283	-3294	-2342	68	218
SLE-F-Gr.3-MaxML(P)	-2809	-129	-478	-3415	-2203	120	384
SLE-QP	-2592	-56	-3	-2650	-2533	0	0
Comb. dimensionante strutturali	Comb. dimensionante portanza		N_{min}	N_{max}	$V_{ris,max}$	M_{max}	
SLV-EL+0.3ET	SLU-Gr.3(P)		-6058	222	986	3155	
SLE-C-Gr.3(P)	SLE-C-Gr.3(P)		-4294	-1942	185	592	

Figura 16: Sollecitazioni massime nei pali di fondazione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO		REV.
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	80 di 96

11.2 VERIFICHE STRUTTURALI

11.2.1 Plinto di fondazione

Per le verifiche strutturali il plinto di fondazione è stato schematizzato con una mensola incastrata in corrispondenza della sezione di attacco con il fusto della pila e con l'estremità libera posta in corrispondenza della fila di pali più esterna, nella direzione di verifica considerata. Le azioni che intervengono sono rappresentate dalla pressione esercitata dal peso proprio del plinto (contributo favorevole) e dalle forze esplicate sulla mensola per la reazione vincolare dei pali. Non viene considerata l'eventualità che all'interno del plinto possa instaurarsi uno schema tirante-puntone in quanto la geometria del plinto non è tale da creare un meccanismo di mensola tozza. Si fa l'ipotesi che le reazioni del suolo siano esplicate esclusivamente dalla palificata e che siano trasmesse sul plinto come forze concentrate. Per la valutazione delle sollecitazioni sulla mensola viene presa in considerazione la combinazione di carico che dà luogo alle massime reazioni dei pali, sia in compressione che in trazione.

Per la verifica in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, si considera una mensola di larghezza pari alla dimensione del plinto nella direzione trasversale e di altezza pari allo spessore della fondazione. L'azione applicata sull'estremo libero è posta pari alla somma delle reazioni dei pali della fila più esterna.

In direzione trasversale, la mensola è caratterizzata da una luce inferiore, pertanto cautelativamente si dispongono le stesse armature verificate in direzione longitudinale.

Si esibiscono quindi le sollecitazioni e le verifiche a flessione e taglio della mensola in direzione longitudinale, relativamente alla sezione di incastro, corrispondente all'attacco plinto-fusto.

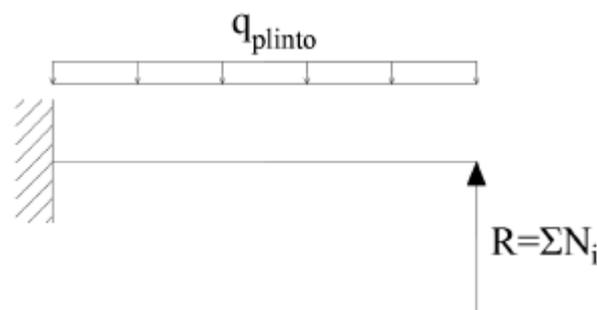


Figura 17: Schema a mensola del plinto su pali

I dati utili per la verifica del plinto in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto sono sintetizzati nel prospetto di seguito.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.B5.001 A 81 di 96	

DATI PER VERIFICA PLINTO (IN DIREZ.LONGITUDINALE)		
L	2.9 m	Lunghezza mensola di calcolo
B	16.5 m	Base sezione di calcolo
s	2.0 m	Altezza sezione di calcolo
R=?Ni_SLU	-23284 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLU)
R=?Ni_SLE	-16528 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLE)
q	825 kN/m	Peso proprio del plinto di competenza della striscia di calcolo
M _{i_SLU}	67523 kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M _{s_SLU}	-3469 kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M _{ris_SLU}	64054 kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
V _{ris_SLU}	20891 kN	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M _{ris_SLU/m}	3882 kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
V _{ris_SLU/m}	1266 kN/m	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
M _{i_SLE}	47932 kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M _{s_SLE}	-3469 kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M _{ris_SLE}	44463 kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M _{ris_SLE/m}	2695 kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)

I dati sopra riportati prendono in considerazione le massime reazioni di compressione dei pali. Il prospetto di seguito tiene conto dell'eventuale sollecitazione di trazione sui pali.

R=?Ni_SLU	227 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLU)
R=?Ni_SLE	-8164 kN	Somma delle reazioni dei pali sulla fila più esterna (SLE)
q	1221 kN/m	Peso proprio del plinto di competenza della striscia di calcolo
M _{i_SLU}	-658 kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M _{s_SLU}	-5134 kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M _{ris_SLU}	-5792 kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
V _{ris_SLU}	3768 kN	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M _{ris_SLU/m}	-351 kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
V _{ris_SLU/m}	228 kN/m	Taglio risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)
M _{i_SLE}	- kNm	Momento dovuto all'azione della palificata sul plinto
M _{s_SLE}	- kNm	Momento dovuto al peso proprio del plinto
M _{ris_SLE}	- kNm	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila
M _{ris_SLE/m}	- kNm/m	Momento risultante nella sezione di attacco plinto-fusto pila (striscia di 1m)

Entrambi i gruppi di sollecitazioni dedotti saranno sottoposti a verifica.

Una sintesi delle caratteristiche dell'armatura longitudinale e a taglio previste è esibita nei prospetti di seguito. Il numero totale dei ferri fa riferimento ad una sezione di larghezza pari a 1m, posta in corrispondenza dell'attacco con il fusto della pila.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	82 di 96

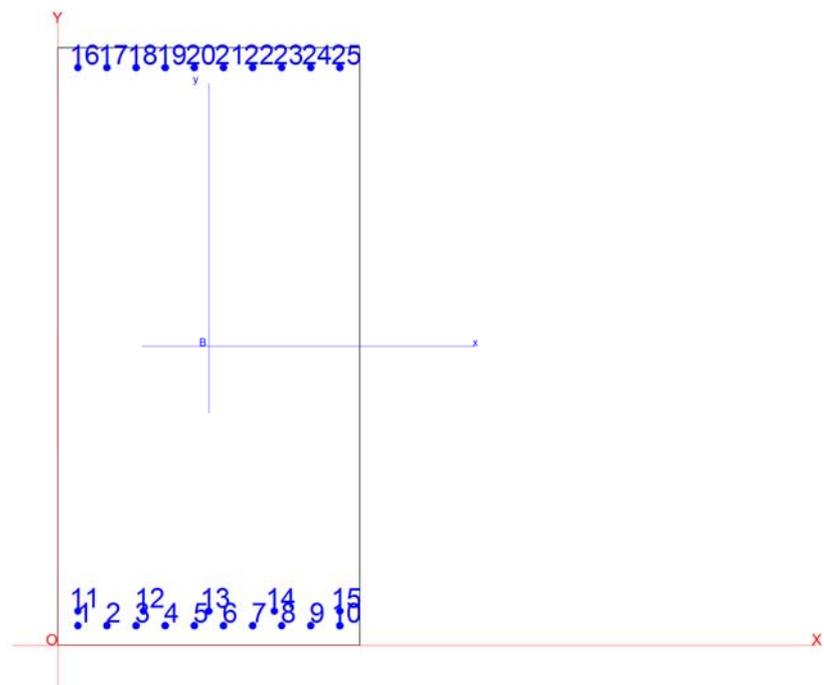
Il valore della distanza "Dist." che figura di seguito è valutata tra l'estremo inferiore della sezione e l'asse barra; l'area di armatura minima da garantire, rispetto alla sezione di calcestruzzo bxd, con d pari all'altezza utile della sezione, segue le prescrizioni riportate nel par.4.1.6.1.1 del DM 14.1.2008.

ARMATURA LONGITUDINALE PLINTO							
Direzione longitudinale							
Lato	n°strati	Dist.(cm)	n°	φ(mm)	A _s (cm ²)	A _s /bxd (%)	A _{min} /bxd (%)
A _s tesa	1	6.6	10	24	45.22	0.3	0.2
A _s tesa	2	11.4	5	24	22.61		
A _s tesa	3	-	-	-	-		
A _s ' compressa	1	193.4	10	24	45.22	-	-

ARMATURA TRASVERSALE PLINTO			
Direzione longitudinale			
nb	φ(mm)	s (cm)	A _{v, st} /s (cm ² /m)
2	14	10	30.79

Di seguito le verifiche strutturali relative al plinto di fondazione, eseguite secondo i criteri sopra esplicitati, per una striscia di larghezza pari ad 1m.

Nome sezione: VI.02 - P18 - FOND



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A
					PAGINA 83 di 96	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	200.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	200.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	6.6	6.6	24
2	16.2	6.6	24
3	25.9	6.6	24
4	35.5	6.6	24
5	45.2	6.6	24
6	54.8	6.6	24
7	64.5	6.6	24
8	74.1	6.6	24
9	83.8	6.6	24
10	93.4	6.6	24
11	6.6	11.4	24
12	28.3	11.4	24
13	50.0	11.4	24
14	71.7	11.4	24
15	93.4	11.4	24
16	6.6	193.4	24
17	16.2	193.4	24
18	25.9	193.4	24
19	35.5	193.4	24
20	45.2	193.4	24
21	54.8	193.4	24
22	64.5	193.4	24
23	74.1	193.4	24
24	83.8	193.4	24
25	93.4	193.4	24

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	84 di 96

1	0.00	3882.08	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-351.04	0.00	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	0.00	2694.75 (2270.59)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.4 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 trav). 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	0.00	4658.85	0.00	0.00	4979.59	0.00	1.283	67.9(31.1)
2	S	0.00	-3221.97	0.00	0.00	-3366.93	0.00	9.591	45.2(31.1)

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	0.00133	-0.00369	100.0	200.0	0.00094	6.6	193.4	-0.01000	6.6	6.6
2	0.00097	-0.00389	0.0	0.0	0.00060	6.6	6.6	-0.01000	6.6	193.4

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.B5.001 A 85 di 96	

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	0.000000000	0.000058561	-0.010386500	0.117	0.700
2	0.000000000	-0.000056745	0.000974518	0.089	0.700

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 [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre										
As eff.	Area barre [cm ²] 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 $\beta_1\beta_2$										
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.04	100.0	200.0	-226.2	6.6	6.6	2350	67.9	4.8	1.00

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}												
S1	Esito della verifica												
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata												
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata												
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata												
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e_1 + e_2)/(2 \cdot e_1)$ per trazione eccentrica												
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff												
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa												
e sm	= $1 - \beta_{12} \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]												
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi												
wk	Distanza media tra le fessure [mm]												
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi												
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]												
	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	
1	S	-3.3	0	0.125	24	54	0.290	0.00045 (0.00045)	159	0.122 (0.20)	2270.59	0.00	

VERIFICA A TAGLIO IN DIREZIONE Y

bw = 100 cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 86 di 96

h = 200 cm
 c = 4.7 cm
 d = h-c = 195.3 cm

MATERIALI

fywd = 391.30 MPa
 Rck = 35 MPa
 gc = 1.5
 fck = 0.83xRck = 29.05 MPa
 fcd = 0.85xfck/gc = 16.46 MPa

ARMATURE A TAGLIO

øst = 14
 braccia = 2
 øst2 = 0
 braccia = 0
 passo = 10 cm
 (Asw / s) = 30.788 cm² / m
 a = 90 ° (90° staffe verticali)

ARMATURE LONGITUDINALI

øl = 24
 Numero = 15
 Asl = 67.858 cm²

TAGLIO AGENTE VEd = 1266 (KN)
 SFORZO NORMALE Ned = 0 (KN)

ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

k = 1.32
 vmin = 0.286
 rl = 0.0035
 scp = 0.0000 (Mpa)
 VRd = 668.56 (KN) >= OK 558.7394123 (KN)
 VRd = 668.56 (KN)
 ac = 1.0000 Ned/Ac= 0.0000 (Mpa)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

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

VRsd = 5293.90 (KN)
 VRcd = 4988.74 (KN)
 VRd = 4988.74 (KN) min(VRsd, VRcd)

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

VRsd = 2117.56 (KN)
 VRcd = 7233.67 (KN)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	87 di 96

$$VRd = 2117.56 \text{ (KN)}$$

$$\min(VRsd, VRcd)$$

IPOTESI 3

$$\cot(q) = 2.41$$

$$q = 22.49^\circ$$

$$VRsd = 5113.84 \text{ (KN)}$$

Cot q in cui VRsd=VRcd

(calcolato)

°

$$\cot(q) = 2.41$$

:Rottura bilanciata

(limitato)

$$VRcd = 5113.84 \text{ (KN)}$$

$$VRd = 5113.84 \text{ (KN)}$$

MASSIMO TAGLIO RESISTENTE

$$VRd = 5114 \text{ (KN)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	

11.2.2 Pali

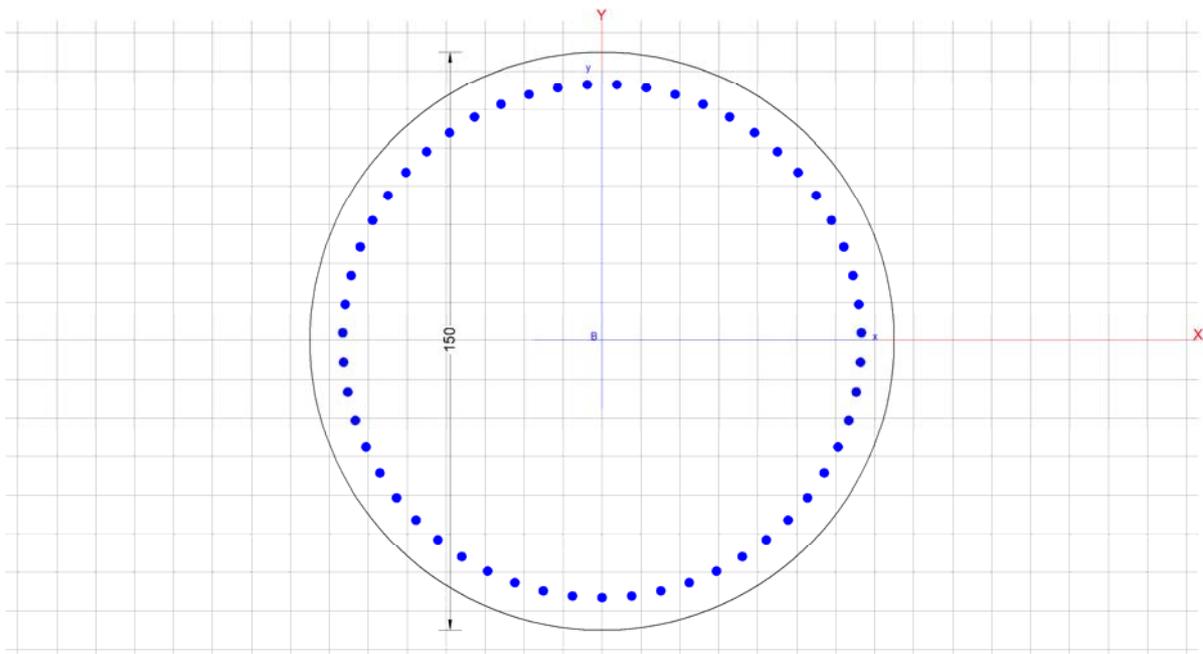
Si riportano di seguito, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate, le verifiche strutturali dei pali di fondazione relativi alla pila di altezza massima fra quelle del tipo in esame aventi la medesima tipologia di armatura.

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°	ϕ (mm)	A_s (cm ²)	A_s/A_{cls} (%)	A_{min}/A_{cls} (%)
1.5	1	8.4	55	24	248.69	1.4	1.0

ARMATURA TRASVERSALE PALI (SPIRALE)			
nb	ϕ (mm)	s (cm)	$A_{v,sl}/s$ (cm ² /m)
2	12	10	22.61

Nome sezione: VI.02 - P18 - PALO



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.B5.001 A 89 di 96	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	150.0	cm
Barre circonferenza:	55Ø24	(248.8 cm²)
Coprif. (dal baric. barre):	8.4	cm

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	3106.98	807.67	252.40	0.00
2	3213.98	773.59	241.75	0.00
3	3183.90	787.95	246.24	0.00
4	3143.09	863.62	269.88	0.00
5	3057.21	470.11	146.91	0.00
6	3003.49	499.35	156.05	0.00
7	2888.65	555.69	173.65	0.00
8	2635.45	797.73	249.29	0.00
9	2138.54	807.67	252.40	0.00
10	2247.02	773.59	241.75	0.00
11	2215.46	787.95	246.24	0.00
12	2174.66	863.62	269.88	0.00
13	2090.24	470.11	146.91	0.00
14	2035.05	499.35	156.05	0.00
15	1920.21	555.69	173.65	0.00
16	1667.01	797.73	249.29	0.00
17	-222.43	3154.76	985.86	0.00
18	255.23	2956.47	923.90	0.00
19	5879.96	807.67	252.40	0.00
20	5859.63	773.59	241.75	0.00
21	6012.88	787.95	246.24	0.00
22	6057.87	863.62	269.88	0.00
23	5248.83	470.11	146.91	0.00
24	5277.13	499.35	156.05	0.00
25	5085.39	555.69	173.65	0.00
26	5304.20	797.73	249.29	0.00
27	4863.94	807.67	252.40	0.00
28	4842.14	773.59	241.75	0.00
29	4996.86	787.95	246.24	0.00
30	5041.85	863.62	269.88	0.00
31	4231.34	470.11	146.91	0.00
32	4261.12	499.35	156.05	0.00
33	4069.37	555.69	173.65	0.00
34	4288.19	797.73	249.29	0.00
35	5406.06	3154.76	985.86	0.00
36	4928.40	2956.47	923.90	0.00

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
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.2 (P18) - Relazione di calcolo						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
						IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	91 di 96			

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=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	3106.98	807.67	3107.01	6451.19	7.987	24.6	4969.35	---	---	---
2	S	3213.98	773.59	3214.02	6481.58	8.379	24.2	5007.31	---	---	---
3	S	3183.90	787.95	3183.75	6473.02	8.215	24.3	4996.69	---	---	---
4	S	3143.09	863.62	3142.82	6461.38	7.482	24.4	4982.08	---	---	---
5	S	3057.21	470.11	3057.25	6437.01	13.693	24.8	4951.53	---	---	---
6	S	3003.49	499.35	3003.50	6421.63	12.860	25.0	4932.46	---	---	---
7	S	2888.65	555.69	2888.84	6388.69	11.497	25.5	4891.10	---	---	---
8	S	2635.45	797.73	2635.57	6315.25	7.917	26.4	4799.69	---	---	---
9	S	2138.54	807.67	2138.65	6165.39	7.634	28.4	4616.76	---	---	---
10	S	2247.02	773.59	2247.02	6199.70	8.014	27.9	4656.96	---	---	---
11	S	2215.46	787.95	2215.38	6190.14	7.856	28.1	4645.32	---	---	---
12	S	2174.66	863.62	2174.95	6177.30	7.153	28.2	4630.14	---	---	---
13	S	2090.24	470.11	2090.19	6149.47	13.081	28.6	4598.74	---	---	---
14	S	2035.05	499.35	2034.91	6131.28	12.279	28.8	4578.13	---	---	---
15	S	1920.21	555.69	1920.07	6093.31	10.965	29.2	4534.98	---	---	---
16	S	1667.01	797.73	1667.07	6008.92	7.533	30.2	4439.25	---	---	---
17	S	-222.43	3154.76	-222.35	5320.14	1.686	37.7	3689.79	---	---	---
18	S	255.23	2956.47	255.46	5504.60	1.862	35.8	3885.37	---	---	---
19	S	5879.96	807.67	5879.94	7092.90	8.782	13.8	5890.97	---	---	---
20	S	5859.63	773.59	5859.53	7089.01	9.164	13.9	5884.62	---	---	---
21	S	6012.88	787.95	6012.58	7115.42	9.030	13.3	5931.72	---	---	---
22	S	6057.87	863.62	6057.69	7122.80	8.248	13.1	5945.58	---	---	---
23	S	5248.83	470.11	5248.81	6969.77	14.826	16.3	5692.81	---	---	---
24	S	5277.13	499.35	5277.11	6975.52	13.969	16.2	5701.69	---	---	---
25	S	5085.39	555.69	5085.46	6936.07	12.482	16.9	5640.23	---	---	---
26	S	5304.20	797.73	5304.17	6980.91	8.751	16.1	5710.42	---	---	---
27	S	4863.94	807.67	4864.17	6889.84	8.531	17.7	5568.50	---	---	---
28	S	4842.14	773.59	4842.03	6885.18	8.900	17.8	5561.28	---	---	---
29	S	4996.86	787.95	4996.90	6917.66	8.779	17.2	5611.74	---	---	---
30	S	5041.85	863.62	5041.96	6927.03	8.021	17.1	5626.18	---	---	---
31	S	4231.34	470.11	4231.12	6742.78	14.343	20.2	5358.76	---	---	---
32	S	4261.12	499.35	4260.98	6750.06	13.518	20.1	5368.85	---	---	---
33	S	4069.37	555.69	4069.26	6703.07	12.063	20.8	5303.97	---	---	---
34	S	4288.19	797.73	4288.34	6756.72	8.470	20.0	5377.83	---	---	---
35	S	5406.06	3154.76	5406.27	7001.15	2.219	15.7	5742.77	---	---	---
36	S	4928.40	2956.47	4928.40	6903.32	2.335	17.5	5589.45	---	---	---

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.)
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)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.			<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.			<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.			ROCKSOIL S.p.A.			TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
			IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	92 di 96						

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	-0.00096	75.0	0.00292	66.6	-0.00633	-66.6								
2	0.00350	-0.00092	75.0	0.00292	66.6	-0.00625	-66.6								
3	0.00350	-0.00094	75.0	0.00292	66.6	-0.00627	-66.6								
4	0.00350	-0.00095	75.0	0.00292	66.6	-0.00630	-66.6								
5	0.00350	-0.00098	75.0	0.00291	66.6	-0.00637	-66.6								
6	0.00350	-0.00100	75.0	0.00291	66.6	-0.00641	-66.6								
7	0.00350	-0.00104	75.0	0.00291	66.6	-0.00650	-66.6								
8	0.00350	-0.00113	75.0	0.00289	66.6	-0.00671	-66.6								
9	0.00350	-0.00132	75.0	0.00287	66.6	-0.00713	-66.6								
10	0.00350	-0.00128	75.0	0.00288	66.6	-0.00703	-66.6								
11	0.00350	-0.00129	75.0	0.00287	66.6	-0.00706	-66.6								
12	0.00350	-0.00131	75.0	0.00287	66.6	-0.00709	-66.6								
13	0.00350	-0.00134	75.0	0.00287	66.6	-0.00717	-66.6								
14	0.00350	-0.00137	75.0	0.00286	66.6	-0.00722	-66.6								
15	0.00350	-0.00142	75.0	0.00286	66.6	-0.00733	-66.6								
16	0.00350	-0.00153	75.0	0.00284	66.6	-0.00757	-66.6								
17	0.00350	-0.00253	75.0	0.00271	66.6	-0.00978	-66.6								
18	0.00350	-0.00225	75.0	0.00275	66.6	-0.00916	-66.6								
19	0.00350	-0.00018	75.0	0.00302	66.6	-0.00460	-66.6								
20	0.00350	-0.00018	75.0	0.00302	66.6	-0.00461	-66.6								
21	0.00350	-0.00015	75.0	0.00302	66.6	-0.00453	-66.6								
22	0.00350	-0.00014	75.0	0.00302	66.6	-0.00451	-66.6								
23	0.00350	-0.00033	75.0	0.00300	66.6	-0.00494	-66.6								
24	0.00350	-0.00032	75.0	0.00300	66.6	-0.00492	-66.6								
25	0.00350	-0.00037	75.0	0.00299	66.6	-0.00503	-66.6								
26	0.00350	-0.00032	75.0	0.00300	66.6	-0.00491	-66.6								
27	0.00350	-0.00043	75.0	0.00299	66.6	-0.00515	-66.6								
28	0.00350	-0.00043	75.0	0.00299	66.6	-0.00517	-66.6								
29	0.00350	-0.00039	75.0	0.00299	66.6	-0.00508	-66.6								
30	0.00350	-0.00038	75.0	0.00299	66.6	-0.00505	-66.6								
31	0.00350	-0.00061	75.0	0.00296	66.6	-0.00554	-66.6								
32	0.00350	-0.00060	75.0	0.00296	66.6	-0.00552	-66.6								
33	0.00350	-0.00065	75.0	0.00296	66.6	-0.00565	-66.6								
34	0.00350	-0.00059	75.0	0.00297	66.6	-0.00551	-66.6								
35	0.00350	-0.00029	75.0	0.00300	66.6	-0.00485	-66.6								
36	0.00350	-0.00041	75.0	0.00299	66.6	-0.00512	-66.6								

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	22.6	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /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]

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	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
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Pila tipo B.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.B5.001 A 93 di 96	

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 [cm²/m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	252.40	1101.15	4020.30	2395.28	135.3	21.80	1.124	2.4
2	S	241.75	1115.93	4035.59	2395.28	135.3	21.80	1.128	2.3
3	S	246.24	1111.77	4031.30	2395.28	135.3	21.80	1.127	2.3
4	S	269.88	1106.14	4025.46	2395.28	135.3	21.80	1.126	2.5
5	S	146.91	1094.27	4013.19	2395.28	135.3	21.80	1.122	1.4
6	S	156.05	1086.85	4005.51	2395.28	135.3	21.80	1.120	1.5
7	S	173.65	1070.98	3989.10	2395.28	135.3	21.80	1.115	1.6
8	S	249.29	1031.06	3930.65	2404.41	134.0	21.80	1.105	2.3
9	S	252.40	957.78	3835.87	2413.91	132.7	21.80	1.085	2.4
10	S	241.75	977.70	3875.45	2404.41	134.0	21.80	1.090	2.3
11	S	246.24	973.36	3870.96	2404.41	134.0	21.80	1.089	2.3
12	S	269.88	962.71	3840.97	2413.91	132.7	21.80	1.087	2.5
13	S	146.91	951.19	3829.05	2413.91	132.7	21.80	1.084	1.4
14	S	156.05	943.65	3821.25	2413.91	132.7	21.80	1.081	1.5
15	S	173.65	927.98	3805.04	2413.91	132.7	21.80	1.077	1.6
16	S	249.29	893.41	3769.28	2413.91	132.7	21.80	1.067	2.3
17	S	985.86	0.00	3426.96	2453.82	126.6	21.80	1.000	9.1
18	S	923.90	709.11	3491.36	2443.68	128.2	21.80	1.010	8.6
19	S	252.40	1356.12	4471.38	2372.26	138.3	21.80	1.235	2.4
20	S	241.75	1356.12	4468.44	2372.26	138.3	21.80	1.234	2.3
21	S	246.24	1356.12	4490.61	2372.26	138.3	21.80	1.240	2.3
22	S	269.88	1356.12	4497.12	2372.26	138.3	21.80	1.242	2.6
23	S	146.91	1352.21	4366.04	2378.87	137.5	21.80	1.210	1.4
24	S	156.05	1352.21	4370.12	2378.87	137.5	21.80	1.211	1.5
25	S	173.65	1352.21	4342.47	2378.87	137.5	21.80	1.203	1.7
26	S	249.29	1352.21	4374.02	2378.87	137.5	21.80	1.212	2.4
27	S	252.40	1332.60	4310.53	2378.87	137.5	21.80	1.194	2.4
28	S	241.75	1329.57	4307.38	2378.87	137.5	21.80	1.194	2.3
29	S	246.24	1351.14	4329.70	2378.87	137.5	21.80	1.200	2.3
30	S	269.88	1352.21	4336.19	2378.87	137.5	21.80	1.201	2.6
31	S	146.91	1261.96	4201.76	2386.69	136.5	21.80	1.169	1.4
32	S	156.05	1266.10	4206.03	2386.69	136.5	21.80	1.170	1.5
33	S	173.65	1239.47	4178.49	2386.69	136.5	21.80	1.163	1.6
34	S	249.29	1269.85	4209.92	2386.69	136.5	21.80	1.171	2.4
35	S	985.86	1352.21	4388.71	2378.87	137.5	21.80	1.216	9.4
36	S	923.90	1341.59	4319.82	2378.87	137.5	21.80	1.197	8.8

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. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
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.2 (P18) - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.B5.001	REV. A	PAGINA 94 di 96		

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	2.32	-75.0	0.00	75.0	-0.9	66.5	0.0	0	0.0	----
2	S	2.30	-75.0	0.00	75.0	0.4	66.5	0.0	0	0.0	----
3	S	2.31	-75.0	0.00	75.0	-0.1	66.5	0.0	0	0.0	----
4	S	2.42	-75.0	0.00	75.0	-2.1	66.5	0.0	0	0.0	----
5	S	1.77	-75.0	0.32	75.0	6.0	66.5	0.0	0	0.0	----
6	S	1.80	-75.0	0.25	75.0	5.1	66.5	0.0	0	0.0	----
7	S	1.85	-75.0	0.13	75.0	3.4	66.5	0.0	0	0.0	----
8	S	2.17	-75.0	0.00	75.0	-3.6	66.5	25.2	958	22.6	----
9	S	1.91	-75.0	0.39	75.0	7.1	66.5	0.0	0	0.0	----
10	S	1.96	-75.0	0.40	75.0	7.3	66.5	0.0	0	0.0	----
11	S	1.91	-75.0	0.43	75.0	7.7	66.5	0.0	0	0.0	----
12	S	2.07	-75.0	0.25	75.0	5.2	66.5	0.0	0	0.0	----
13	S	1.48	-75.0	0.79	75.0	12.5	66.5	0.0	0	0.0	----
14	S	1.57	-75.0	0.68	75.0	10.9	66.5	0.0	0	0.0	----
15	S	1.59	-75.0	0.60	75.0	9.8	66.5	0.0	0	0.0	----
16	S	1.90	-75.0	0.16	75.0	3.9	66.5	0.0	0	0.0	----
17	S	1.18	-75.0	1.18	75.0	17.8	43.6	0.0	0	0.0	----
18	S	3.20	-75.0	0.70	75.0	12.6	66.5	0.0	0	0.0	----
19	S	3.14	-75.0	0.74	75.0	13.1	66.5	0.0	0	0.0	----
20	S	3.21	-75.0	0.77	75.0	13.6	66.5	0.0	0	0.0	----
21	S	3.35	-75.0	0.67	75.0	12.2	66.5	0.0	0	0.0	----
22	S	2.47	-75.0	1.02	75.0	16.5	66.5	0.0	0	0.0	----
23	S	2.53	-75.0	0.98	75.0	16.0	66.5	0.0	0	0.0	----
24	S	2.55	-75.0	0.83	75.0	14.0	66.5	0.0	0	0.0	----
25	S	3.00	-75.0	0.52	75.0	9.9	66.5	0.0	0	0.0	----
26	S	2.50	-75.0	0.98	75.0	16.0	66.5	0.0	0	0.0	----
27	S	2.52	-75.0	0.96	75.0	15.7	66.5	0.0	0	0.0	----
28	S	2.52	-75.0	1.04	75.0	16.8	66.5	0.0	0	0.0	----
29	S	2.70	-75.0	0.88	75.0	14.7	66.5	0.0	0	0.0	----
30	S	1.93	-75.0	1.24	75.0	19.1	66.5	0.0	0	0.0	----
31	S	2.03	-75.0	1.14	75.0	17.9	66.5	0.0	0	0.0	----
32	S	2.03	-75.0	1.05	75.0	16.5	66.5	0.0	0	0.0	----
33	S	2.46	-75.0	0.73	75.0	12.4	66.5	0.0	0	0.0	----
34	S	1.24	-75.0	1.24	75.0	18.6	43.6	0.0	0	0.0	----

COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Scmax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
Scmin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
K3	=0,125 per flessione; = 0,25 (Scmin + Scmax)/(2 Scmin) per trazione eccentrica
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss)^2 = 1-Beta12*(fctm/Scmin)^2 = 1-Beta12*(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*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Scmax	Scmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	2.31	-0.19	---	----	----	0.400	----	0	----	7388.39
2	S	2.29	-0.10	---	----	----	0.400	----	0	----	12964.99
3	S	2.30	-0.14	---	----	----	0.400	----	0	----	10138.84

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO													
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.2 (P18) - Relazione di calcolo				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	95 di 96								

4	S	2.41	-0.27	---	----	----	0.400	----	0	----	5615.66
5	S	1.77	0.32	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
6	S	1.80	0.25	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
7	S	1.85	0.13	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
8	S	2.15	-0.33	---	0.125	1.00	0.400	0.000007 (0.000007)	210	0.003 (0.20)	4221.19
9	S	1.91	0.39	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
10	S	1.96	0.40	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
11	S	1.91	0.43	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
12	S	2.07	0.25	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
13	S	1.48	0.79	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
14	S	1.57	0.68	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
15	S	1.59	0.60	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
16	S	1.90	0.16	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
17	S	1.18	1.18	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
18	S	3.20	0.70	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
19	S	3.14	0.74	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
20	S	3.21	0.77	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
21	S	3.35	0.67	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
22	S	2.47	1.02	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
23	S	2.53	0.98	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
24	S	2.55	0.83	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
25	S	3.00	0.52	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
26	S	2.50	0.98	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
27	S	2.52	0.96	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
28	S	2.52	1.04	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
29	S	2.70	0.88	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
30	S	1.93	1.24	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
31	S	2.03	1.14	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
32	S	2.03	1.05	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
33	S	2.46	0.73	---	----	----	0.000	----	0	----	-----
34	S	1.24	1.24	---	----	----	0.000	----	0	----	-----

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
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.2 (P18) - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.B5.001	A	96 di 96

12 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista in pianta	6
Figura 2: Sezione in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto	6
Figura 3: Sezione in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto	7
Figura 4: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)	23
Figura 5: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale)	28
Figura 6: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	32
Figura 7: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008	32
Figura 8: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008	33
Figura 9: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008.....	33
Figura 10: Modellazione tridimensionale	34
Figura 11: Modello della pila ad oscillatore semplice	42
Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D b) Spaccato	44
Figura 13: Disposizione dei pali di fondazione	73
Figura 14: Modello del plinto su pali (a sinistra) ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra).....	78
Figura 15: Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto	78
Figura 16: Sollecitazioni massime nei pali di fondazione	79
Figura 17: Schema a mensola del plinto su pali.....	80