

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

RI – RILEVATI

RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54

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	R	I	0	1	P	0	0	0	1	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE	S. CHECCHI	14/06/18	PINTI	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	COPPA	
B	EMISSIONE PER RdV	S. CHECCHI	10/09/18	PINTI	11/09/18	D'ANGELO	11/09/18		
									12/09/18
File: IF1M.0.0.E.ZZ.CL.RI.01.P.0.001.B									n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	2 di 51

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
4.1	CALCESTRUZZO .....	8
4.1.1	Strutture di elevazione e fondazioni.....	8
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE .....	9
4.3	COPRIFERRI MINIMI.....	9
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>ELABORATI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>12</b>
7.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	12
7.1.1	Verifica a fessurazione .....	12
7.1.2	Verifica delle tensioni in esercizio.....	13
7.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	14
7.2.1	Sollecitazioni flettenti .....	14
7.2.2	Sollecitazioni taglianti .....	14
<b>8</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO SPINTE DEL TERRENO E DEI SOVRACCARICHI ..</b>	<b>17</b>
8.1	FASE STATICA .....	17
8.2	FASE SISMICA .....	18
<b>9</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>21</b>
9.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI E SPINTA DELLE TERRE	21

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI.01.P0.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>3 di 51</b>	

<b>9.2</b>	<b>SOVRACCARICHI ACCIDENTALI: FOLLA COMPATTA .....</b>	<b>23</b>
<b>9.3</b>	<b>SOVRACCARICHI ACCIDENTALI: SPINTA DEL TERRENO INDOTTA DAI CARICHI FERROVIARI .....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>AZIONE SISMICA DI VERIFICA .....</b>	<b>27</b>
<b>11</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>33</b>
<b>12</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO .....</b>	<b>35</b>
<b>12.1</b>	<b>SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>35</b>
<b>12.2</b>	<b>MODELLAZIONE NUMERICA .....</b>	<b>35</b>
<b>13</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI.....</b>	<b>38</b>
<b>14</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>40</b>
<b>15</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE.....</b>	<b>41</b>
<b>15.1.1</b>	<b>Verifica di capacità portante .....</b>	<b>41</b>
<b>15.1.2</b>	<b>Valutazione dei cedimenti .....</b>	<b>45</b>
<b>16</b>	<b>INCIDENZE.....</b>	<b>50</b>
<b>17</b>	<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>51</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>4 di 51</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali dello scatolare di sostegno previsto tra le opere minori relative al progetto esecutivo della variante linea ferroviaria Napoli Canello, itinerario Napoli-Bari.

In particolare, le opere in questione riguardano lo scatolare di sostegno da realizzarsi in prima fase, lato binario dispari tra le progressive 0+150.00 e 0+296.15, e presentano le principali caratteristiche geometriche riassunte nella tabella seguente (per maggiori dettagli ed una descrizione più completa delle opere si rimanda agli elaborati grafici di progetto):

TIPOLOGIA	H <sub>param</sub> [m]	S <sub>param</sub> [m]	L <sub>fond</sub> [m]	S <sub>fond</sub> [m]
BD	2.11	0.30	3.36	0.30

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno

Di seguito si riportano delle immagini rappresentative del muro:

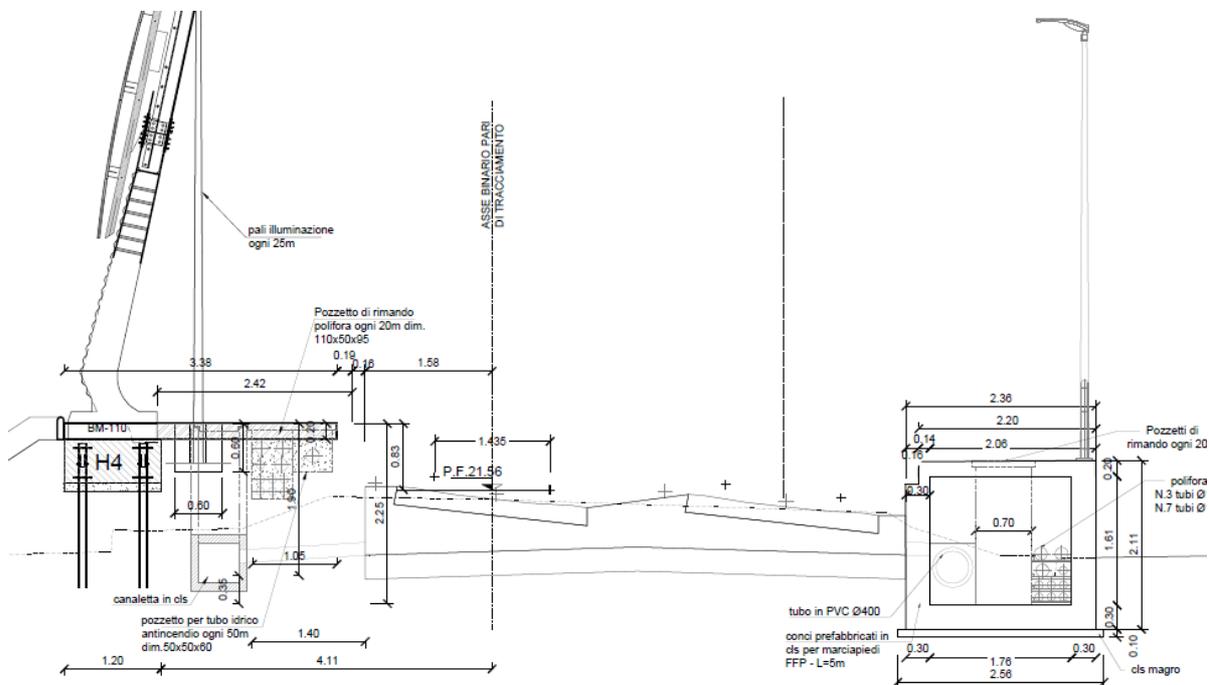


Figura 1: Sezione tipologica

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p align="center"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p align="center"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO  ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>RI.01.P0.001</td> <td>B</td> <td>5 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	5 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	5 di 51								

L'analisi delle opere viene effettuata con riferimento ad una fascia di larghezza pari a 1.0 m. Il modello di calcolo è realizzato mediante il software commerciale GEOSTRU – scatolari.

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>6 di 51</b>

## 2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Le opere strutturali consistono nella realizzazione di un muro lato binario disparti di lunghezza complessiva di 146.15 e di altezza costante pari ad 2.11m

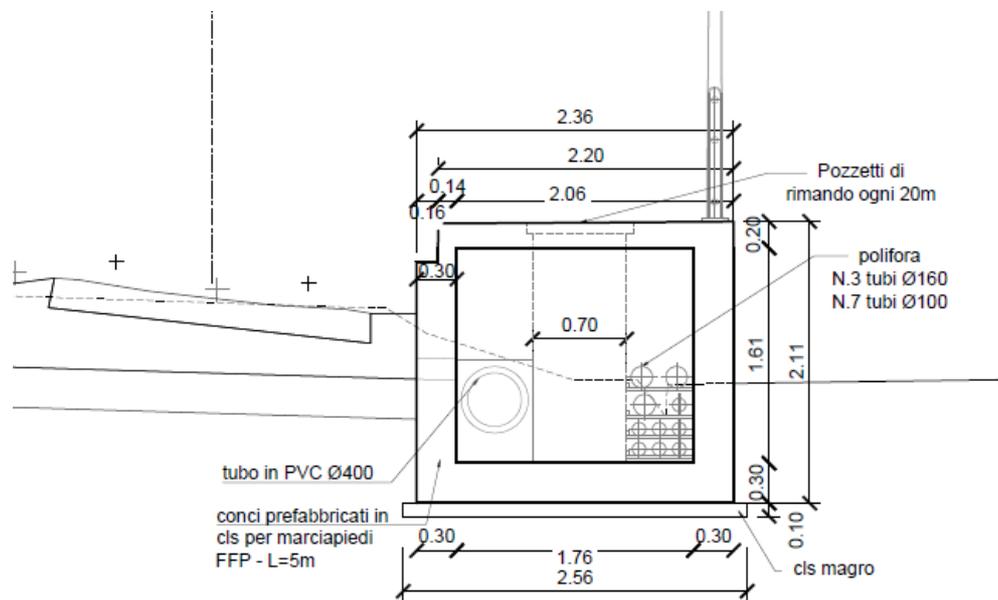


Figura 2: Sezione trasversale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>7 di 51</b>

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

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

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi 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 206-1-2001: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Dicembre 2016: Manuale di progettazione delle opere civili.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	8 di 51

## 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 e fondazioni

Per il getto in opera del muro di sostegno si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC3

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

Classe minima di consistenza: S4-S5

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>9 di 51</b>

## 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

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

## 4.3 COPRIFERRI MINIMI

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

Strutture di elevazione	4.0 cm
Strutture di fondazione	4.0 cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>10 di 51</b>

## 5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

In corrispondenza dell'opera in esame, la successione stratigrafica è quella di seguito rappresentata:

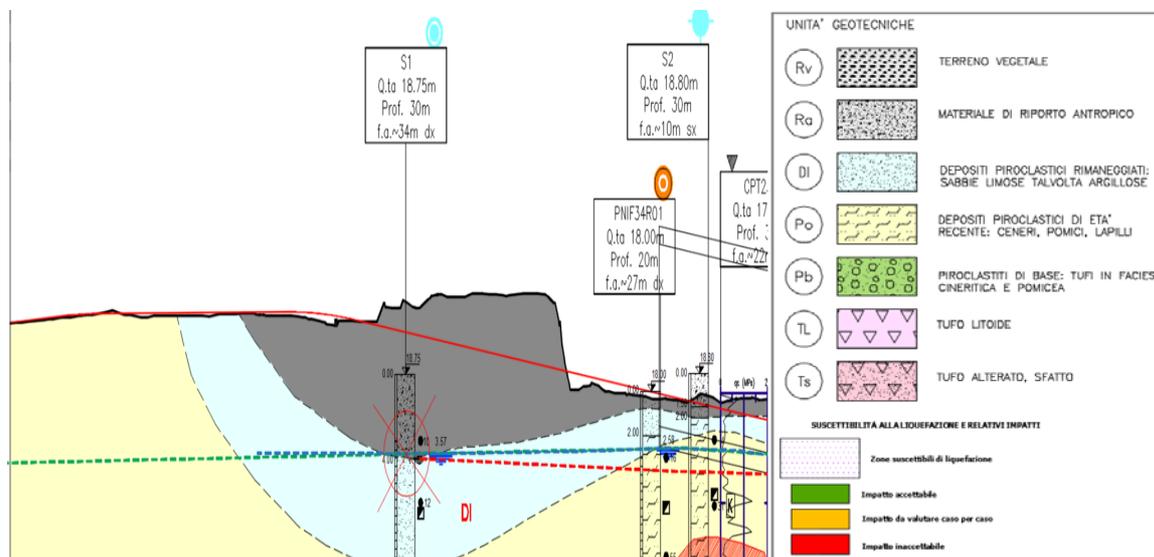


Figura 3 - Stralcio profilo geotecnico

In considerazione della quota di posa del piano di fondazione dell'opera, l'opera risulta situata in corrispondenza del litotipo "DI". Nel seguito si riportano i parametri ritenuti significativi ai fini delle Analisi

TIPOLOGIA	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [MPa]	$\phi$ [°]
Rinfianco: Riporto antropico dei rilevati	20	0	38
Base: Piroclastiti rimaneggiate sabbioso limose (DI)	16	0	30

Tabella 3 – Caratteristiche meccaniche dei terreni

Il regime delle spinta presenti sull'opera non è influenzato dalla falda.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO          ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>11 di 51</b>

## 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Si riportano appresso l'elenco di elaborati grafici di riferimento:

IF1M.0.0.E.ZZ.P9.RI.01.P.0.001.A	Planimetria di progetto
IF1M.0.0.E.ZZ.WA.RI.01.P.0.001.A	Sezioni
IF1M.0.0.E.ZZ.BB.RI.01.P.0.001.A	Carpenteria

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. B	PAGINA 12 di 51

## 7 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 successivi paragrafi.

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

### 7.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

#### 7.1.1 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 1: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	13 di 51

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  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

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

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

### **7.1.2 Verifica delle tensioni in esercizio**

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

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

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. B	PAGINA 14 di 51

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

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

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

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

## 7.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 7.2.1 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 ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )

### 7.2.2 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:

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

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>15 di 51</b>

e dove:

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

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$  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 corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

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

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:

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

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

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

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;

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>							
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO  ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI.01.P0.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>16 di 51</b>		

- $\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;
- $A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;
- $S$  è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\theta$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- $f_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$  è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>			PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>17 di 51</b>

## **8 CRITERI DI CALCOLO SPINTE DEL TERRENO E DEI SOVRACCARICHI**

La spinta del terrapieno e degli eventuali carichi presenti sul piano limite dello stesso è valutata in condizione di equilibrio limite attivo, distinguendo tra i due casi di fase statica e fase sismica.

Nel seguito si riportano le relative formulazioni.

### **8.1 FASE STATICA**

In fase statica, le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann. Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. B	PAGINA 18 di 51

- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);

- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z. Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## 8.2 FASE SISMICA

Per la valutazione del coefficiente di spinta in fase sismica  $K_{as}$  si utilizza la trattazione di Mononobe-Okabe, secondo cui, la spinta complessiva in fase sismica esercitata da un terrapieno è fornita dalla seguente relazione:

$$S' = 1/2 * \gamma_t (1 \pm K_v) * K_{as} H^2$$

con punto di applicazione ad H/3 dal piano di posa della fondazione dell'opera.

In fase sismica agirà pertanto una sovrappinta sismica sull'opera pari a  $S' - S$

Per la valutazione del coefficiente di spinta  $K_{as}$ , avviene con la medesima formulazione valide per la fase statica, prevedendo però, come suggerito in letteratura, i seguenti valori corretti di  $\theta$  ed  $\varepsilon$  :

$\theta = \theta_{stat} + \theta^*$  inclinazione fittizia del paramento interno rispetto alla verticale

$\varepsilon = \varepsilon_{stat} + \theta^*$  angolo di inclinazione fittizio del piano limite del terrapieno

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	19 di 51

essendo  $\theta^*$  l'angolo di rotazione addizionale definito al precedente paragrafo valutato come di seguito indicato::

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

Per il caso in specie risulta in particolare:

Sisma V+ (Incremento dei Pesi)

$$\theta 1^* = \arctg Kh/(1+Kv) = 0,057 \text{ rad} = 3.274 \text{ }^\circ$$

Sisma V- (Decremento dei Pesi)

$$\theta 2^* = \arctg Kh/(1- Kv) = 0,061 \text{ rad} = 3.472 \text{ }^\circ$$

Analogamente , per la valutazione della spinta totale in fase sismica degli eventuali carichi Q presenti sul piano limite, si utilizza la seguente formulazione:

**S'Q = Q\*(1±Kv) \*Kas\*H** applicata a quota H/2 dal piano di posa della fondazione dell'opera.

In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a S'Q - SQ

Per tener conto infine effetti idrodinamici (spinta della falda in fase sismica) si fa ricorso al Metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) secondo cui la pressione idrodinamica su una parete viene calcolata come in particoalre come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

essendo :

H è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO  ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>RI.01.P0.001</td> <td>B</td> <td>20 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	20 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	20 di 51								

$z_w$  è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

$a_x$  accelerazione relativa di progetto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. PAGINA B 21 di 51

## 9 ANALISI DEI CARICHI

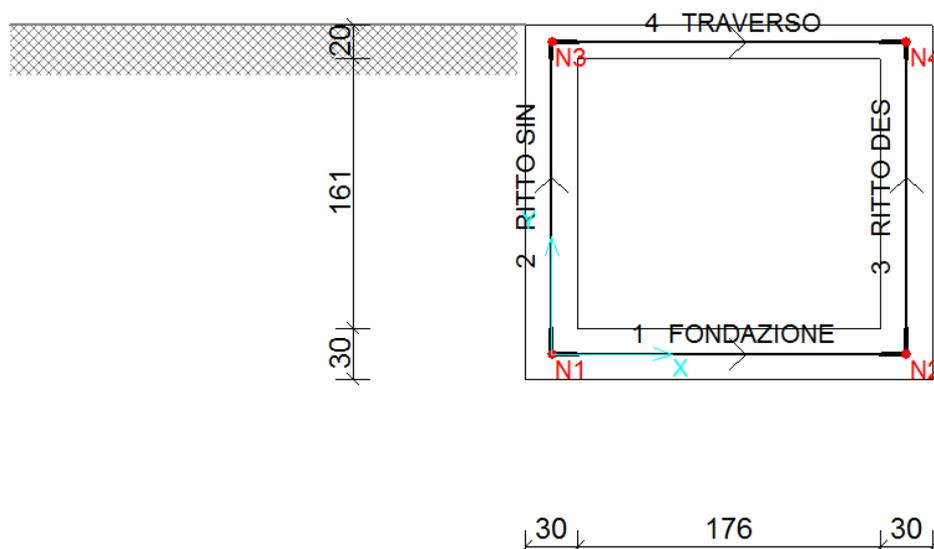
Si considerano sulla struttura le azioni elementari presentate nei paragrafi seguenti.

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

### 9.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI E SPINTA DELLE TERRE

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a  $25\text{kN/m}^3$ .

Inoltre si è tenuto in conto implicitamente del peso del ballast andando cautelativamente a disporre il terreno a monte in corrispondenza della quota della testa dello scatolare, considerando quindi una configurazione di carico più gravosa di quella effettiva.



Le azioni risultanti sono valutate in automatico dal software di calcolo utilizzato, in funzione delle geometrie di progetto. Il coefficiente di spinta adottato in condizioni statiche è cautelativamente quello a riposo:

Angolo di attrito

$$\varphi' = 38^\circ$$

Coefficiente di spinta a riposo

$$k_0 = 1 - \sin\varphi' = 0,384$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>22 di 51</b>

La pressione orizzontale efficace del terreno  $\sigma'_h(Z)$  viene posta pari a:

$$\sigma'_{h(Z)} = k_0 \sigma'_{v(Z)} = k_0 \gamma \cdot Z$$

La spinta è applicata direttamente agli elementi che modellano il piedritto interessato dello scatolare e ha andamento triangolare con la profondità.

Si mostrano di seguito gli schemi descrittivi dell'andamento delle tensioni efficaci orizzontali a riposo sul piedritto dello scatolare.

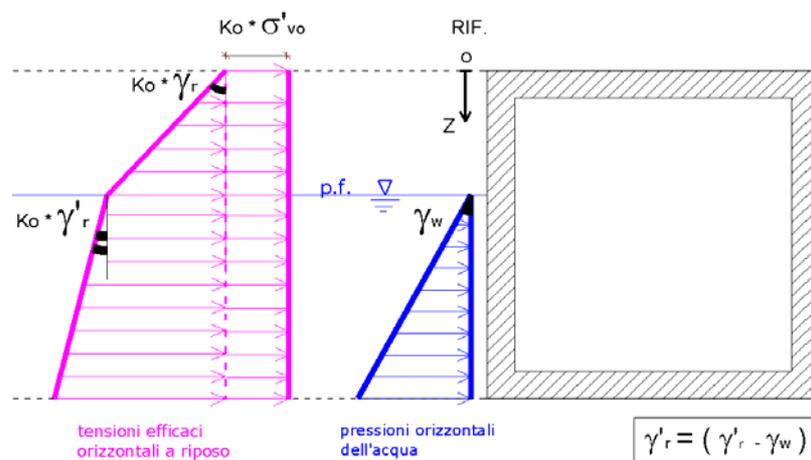
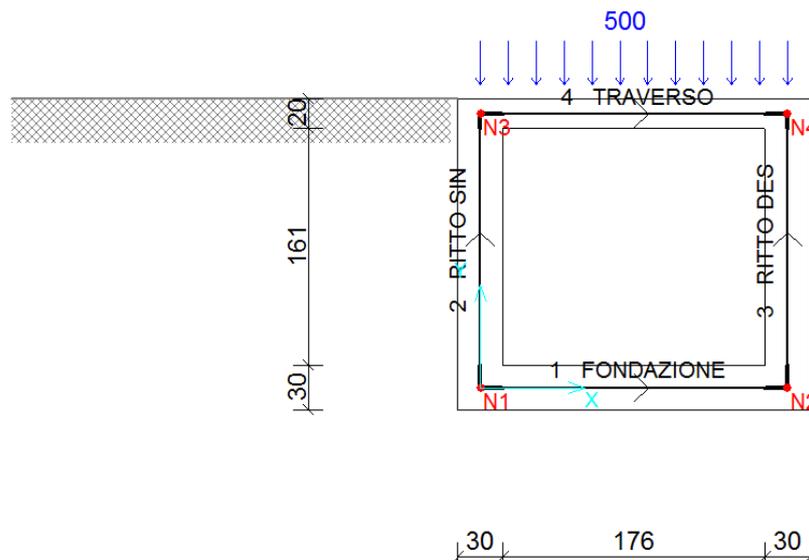


Figura 3: Tensioni efficaci orizzontali su un piedritto in condizioni di riposo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>23 di 51</b>

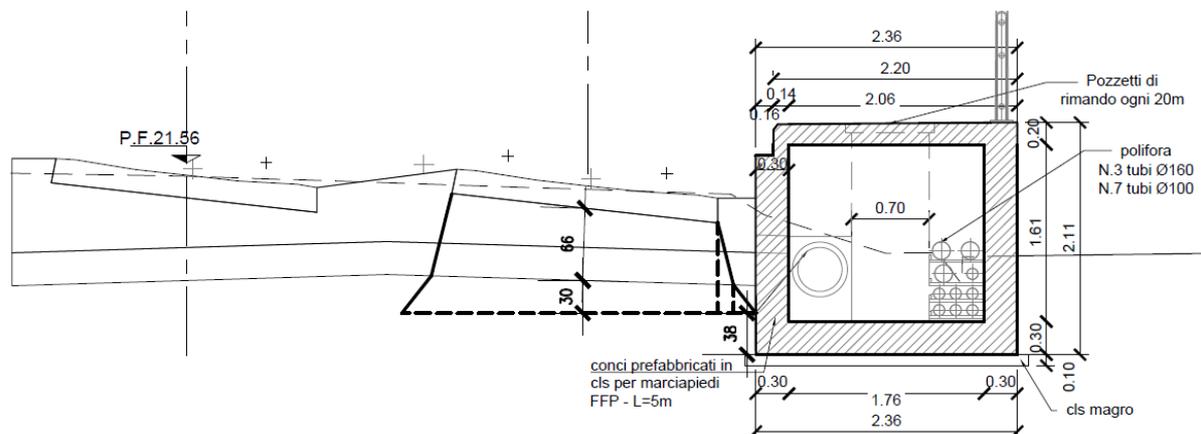
## 9.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI: FOLLA COMPATTA

Si considera un sovraccarico in corrispondenza della soletta superiore dello scatolare pari a 5.00kpa, come prescritto dalla Normativa specifica, cat. C.3.



## 9.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI: SPINTA DEL TERRENO INDOTTA DAI CARICHI FERROVIARI

Considerando una distribuzione trasversale del carico ferroviario viaggiante sulla linea adiacente, eseguita mediante una diffusione del carico 4/1 attraverso la massicciata e secondo l'angolo di attrito del terrapieno ( $\phi=38^\circ$ ) fino al piano di intersezione con il piedritto, si ricava l'altezza dell'opera interessata dalla spinta del terreno indotta dai treni di carico.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. PAGINA <b>B 24 di 51</b>

Si ha una ripartizione trasversale del carico su una larghezza  $b$  pari a:

DISTRIBUZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI			
Larghezza traversina	$b_{tra}$	2.40	m
Spessore terrapieno utile	$s_s$	0.30	m
Spessore ballast sotto binario (asse binario)	$s_3$	0.66	m
<b>Distribuzione trasversale dei carichi</b>	<b><math>b</math></b>	<b>3.20</b>	<b>m</b>

Risulta pertanto, per il treno di carico LM71, un carico distribuito pari a:

**Carico distribuito per LM71**

$q_{vk} \times \alpha \times \Phi_3/b$	$q_{vk}$	<b>37.14</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
$Q_{vk} \times \alpha \times \Phi_3/b$	$q_{vk}$	<b>72.54</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Risulta, per il treno di carico SW/2, un carico distribuito pari a:

**Carico distribuito per SW/2**

$q_{vk} \times \alpha \times \Phi_3/b$	$q_{vk}$	<b>63.31</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
--	----------	--------------	-------------------------

Nelle formulazioni precedenti, secondo quanto riportato al par. 2.5.1.4.2.5 del “Manuale di progettazione delle opere civili”, che riprende integralmente i contenuti del par. 5.2.2.3.3 del DM 14.1.2008, il coefficiente di incremento dinamico dei modelli di carico teorici, per scatolari di altezza libera  $< 5m$  e luce libera  $< 8m$ , risulta pari a:

$$\Phi_3 = 1.35 \text{ (ridotto standard manutentivo)}$$

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico sono stati inoltre moltiplicati per il coefficiente “ $\alpha$ ”, assunto come da Tabella seguente, in accordo con il “Manuale di progettazione delle opere civili”:

Modello di carico	Coefficiente $\alpha$
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1

Tabella 2 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$  – Tab. 2.5.1.4.1-1 – Manuale di progettazione delle opere civili

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. PAGINA <b>B 25 di 51</b>

I treni di carico adottati schematizzano gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale (treno di carico LM71) e pesante (treno di carico SW).

### TRENO DI CARICO LM71

- Distribuzione longitudinale dei carichi assiali  $Q_{vk}$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.1 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

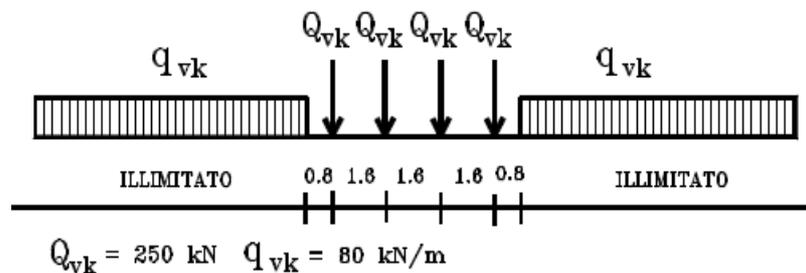


Figura 4: Treno di carico LM71

### TRENO DI CARICO SW/2

- Distribuzione longitudinale dei carichi

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>26 di 51</b>

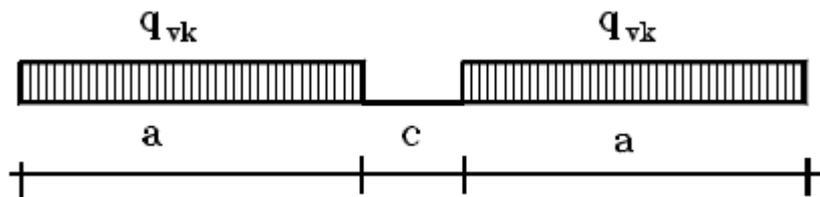
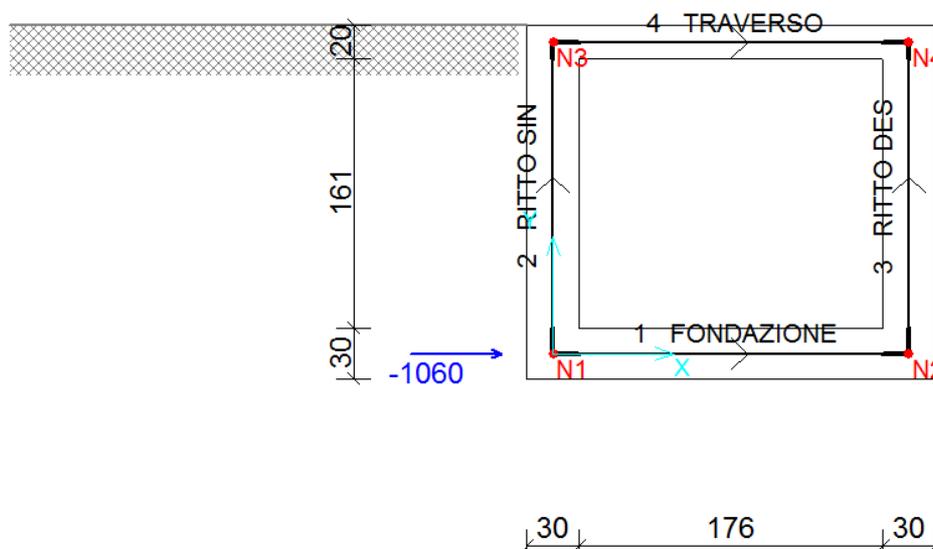


Figura 5: Treno di carico SW/2

La pressione orizzontale del terreno sulla zona interessata dei piedritti, indotta dai treni di carico viaggianti sulle due linee adiacenti è stata calcolata secondo la formula  $p = q \times k_0$ , con  $k_0$  pari al coefficiente di spinta a riposo del rilevato ferroviario, assunto in favore di sicurezza e  $q$  pari al carico massimo verticale dovuto al traffico ferroviario. Risulta una spinta uniformemente distribuita sulla zona interessata della parete verticale dello scatolare pari a:

$$p = q \times k_0 = 72.54 \text{ kN/m}^2 \times 0.384 = 27.9 \text{ kN/m}^2$$

L'azione dedotta è stata applicata sul modello mediante un'azione concentrata equivalente in corrispondenza del nodo di base del piedritto in esame. Si è tenuto conto di una fascia di larghezza pari a 1m dello scatolare; l'altezza interessata dalla spinta è di 0.38m. Risulta pertanto un'azione concentrata equivalente  $F = 27.9 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 0.38 \text{ m} = 10.6 \text{ Kn}$



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	27 di 51

## 10 AZIONE SISMICA DI VERIFICA

L'analisi in condizione sismica è eseguita con il metodo pseudo-statico, definendo l'azione sismica mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle masse per il coefficiente sismico. Ammettendo che il terreno di riporto sia ben costipato, si ipotizza che l'opera si muova insieme al terreno (§ 7.9.5.6.2 NTC). Di conseguenza il fattore di struttura  $q$  è posto pari ad 1 e per l'opera in esame, considerata non dissipativa, non si applicano i particolari costruttivi inerenti la duttilità degli elementi.

Il coefficiente sismico orizzontale risulterebbe, in accordo con il DM 14.1.2008, pari a:

$$k_h = \beta_m a_g \cdot S$$

tuttavia, conformemente con quanto prescritto nel "Manuale di progettazione delle opere civili" - RFI DTC SI MA IFS 001 A, è necessario sostituire la precedente espressione con quella più restrittiva riportata di seguito:

$$k_h = \beta_m a_g \cdot S$$

in cui:

$a_g$  è la massima accelerazione dello spettro orizzontale elastico del sito, calcolata per il 10% di probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  assegnato;

$S$  è il coefficiente di sottosuolo pari al prodotto del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e del coefficiente di amplificazione topografica  $ST$  (§ 3.2.3 delle NTC).

$\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II del DM 14.1.2008, riportata di seguito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Tabella 3: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

### Classificazione dei terreni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	28 di 51

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 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.

**Vita Nominale**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	29 di 51

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

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

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

### Classi D'uso

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

<b>Classe I:</b> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<b>Classe II:</b> 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.
<b>Classe III:</b> 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.
<b>Classe IV:</b> 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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>30 di 51</b>

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**

### 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  $S_T = 1$

### 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:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. B
				PAGINA 31 di 51		

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:

$$S_s = 1.38$$

$$C_c = 1.48$$

### Parametri sismici

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

Nel caso in specie si ha:

$$a_g/g=0,218$$

$$\beta_m=0.31$$

$$K_h=0,093$$

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>							
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO  ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI.01.P0.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>32 di 51</b>		

e quindi:

In fase sismica verranno pertanto applicate a tutti carichi fissi le seguenti forze d'inerzia:

$$F_h = K_h * W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma})$$

$$F_v = \pm 0.5 K_h * W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma})$$

essendo  $W_i$  il peso dell'elemento in esame.

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>		Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		ROCKSOIL S.p.A.		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. PAGINA B 33 di 51

## 11 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano le tabelle delle varie combinazioni di carico indicate dalla normativa in merito ai sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari.

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 seguente tabella:

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

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

Figura 6: Valutazione dei carichi da traffico (tab.5.2.IV)

Nel seguito si riportano le combinazioni delle azioni da utilizzare.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>34 di 51</b>

- 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):

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

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>35 di 51</b>

## 12 CRITERI DI CALCOLO

### 12.1 SOFTWARE DI CALCOLO

Per la modellazione ad elementi finiti è stato utilizzato il programma "Scatolari" della "Geostru".

### 12.2 MODELLAZIONE NUMERICA

Le analisi sono state condotte per una striscia di struttura di lunghezza unitaria, implementando un modello di calcolo bidimensionale in condizioni di deformazione piana. La struttura è definita sulla base degli assi baricentrici degli elementi, con origine del sistema di riferimento posto in corrispondenza del "nodo 1" come illustrato in seguente. Sono introdotte aste rigide in corrispondenza dei nodi strutturali per rendere il modello più aderente al suo reale comportamento. Tali aste rigide sono escluse dalle verifiche di presso-flessione e taglio. La fondazione è schematizzata come una trave su suolo elastico alla Winkler non reagente a trazione.

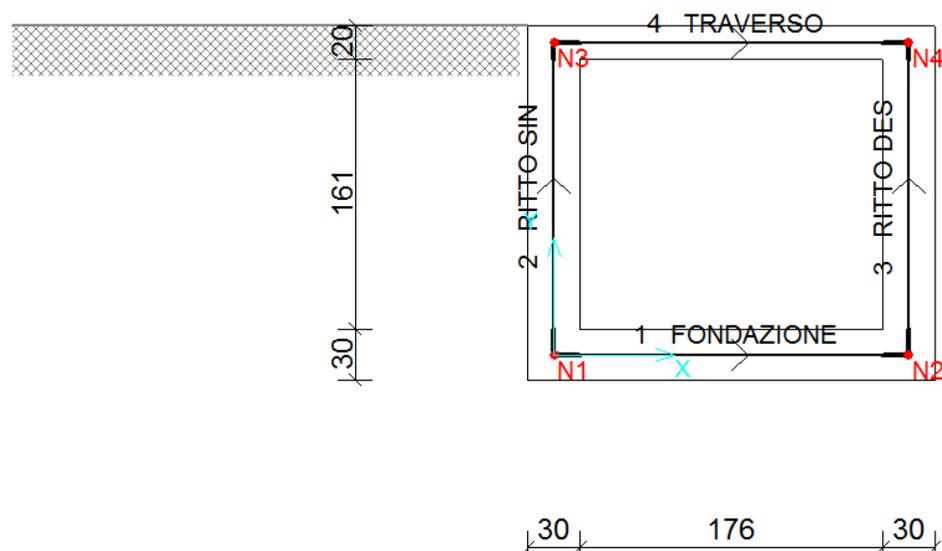


Figura 7: schematizzazione di vincolo della struttura

Il sistema di molle alla Winkler è stato definito assumendo cautelativamente un modulo di reazione verticale  $K_v$  pari a  $20000 \text{ kN/m}^3$ : il calcolo della costante di Winkler è stato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>										
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>36 di 51</b>					

condotto applicando il procedimento proposto da Vesic e riportato da Bowles nel testo "Fondazioni", secondo la seguente formulazione:

$$k_s = \frac{E}{B(1 - \mu^2)I_S I_F}$$

dove

E = modulo elastico medio dello spessore di terreno sottostante la fondazione;

B = larghezza della fondazione;

$\mu$  = coefficiente di Poisson del terreno di fondazione, assunto pari a 0.3.

Il valore del coefficiente di influenza  $I_s$  è stato calcolato attraverso la seguente equazione:

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} I_2$$

dove

$I_1$  e  $I_2$  = coefficienti dipendenti dai rapporti  $H/B'$  e  $L/B$ ;

H = spessore dello strato compressibile, pari a 5B;

$B'$  = larghezza corrispondente al punto di calcolo assunto coincidente con il centro della fondazione, pari a  $B/2$ ;

Il valore del coefficiente di influenza  $I_F$  è stato estrapolato in funzione dei valori dei rapporti  $L/B$  e  $D/B$ .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. PAGINA <b>B 37 di 51</b>

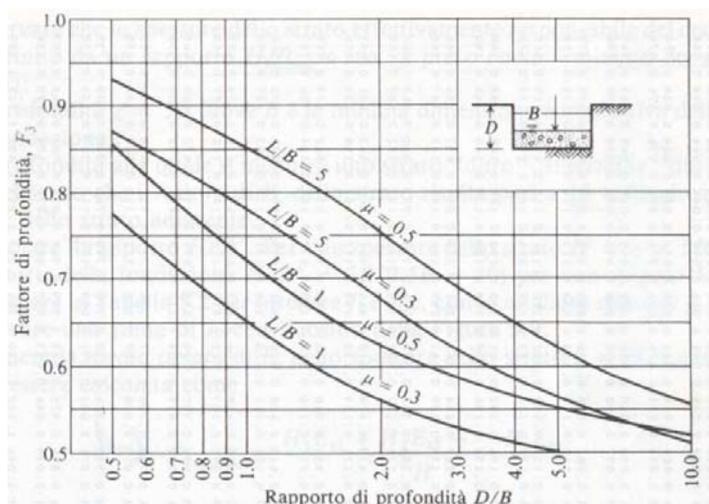


Figura 7: Grafico per la determinazione del fattore di profondità  $F_s$

Le tabelle seguenti riportano le grandezze caratteristiche dell'opera.

Larghezza fondazione - B (m)	Profondità fondazione - D (m)	Lunghezza fondazione - L (m)	Modulo elastico - $E_s$ (kPa)
2.36	0.9	5	30000

D/B	L/B	H/B'
0.38	2.12	2.50

H	$\mu$
11.8	0.3

La tabella seguente riporta i parametri  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_s$  e  $l_f$ .

$l_1$	$l_2$	$l_s$	$l_f$
0.306	0.097	0.361	0.9

La tabella seguente riassume il valore calcolato della costante di sottofondo ( $k_s$ ) e il valore assunto nei calcoli strutturali successivi.

$k_s$ (daN/cm <sup>3</sup> )	$k_{s\text{-assunto}}$ (daN/cm <sup>3</sup> )
4.3	2.0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>38 di 51</b>

### 13 ANALISI DEI RISULTATI

Di seguito si riporta l'involuppo delle combinazioni allo stato limite ultimo.

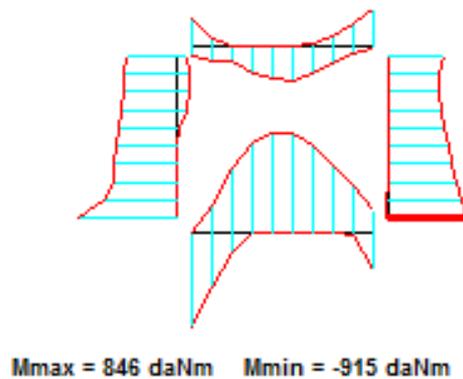


Figura 8: Involuppo momento agente – SLU

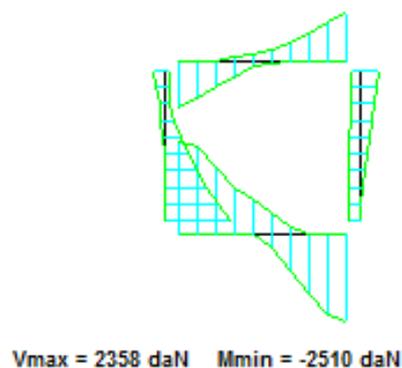
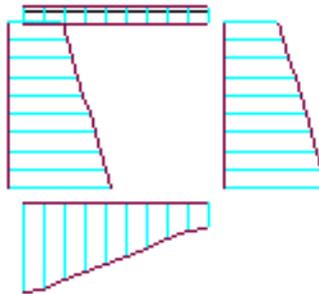


Figura 9: Involuppo taglio agente – SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE          OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI          CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO          ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>39 di 51</b>				



**Nmax = 3449 daN    Nmin = -110 daN**

Figura 10: Involuppo sforzo normale – SLU

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>40 di 51</b>

## 14 VERIFICHE STRUTTURALI

Per le verifiche si rimanda ad apposito allegato di calcolo.

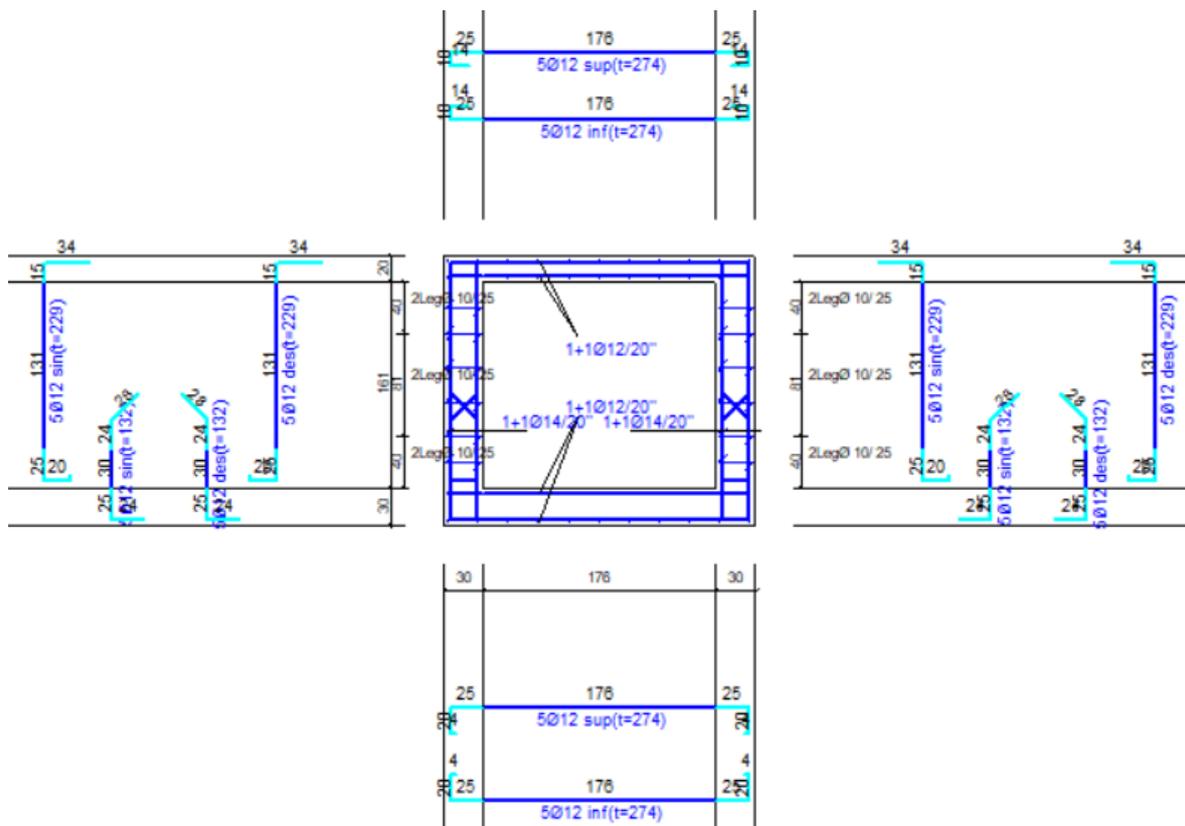


Figura 11: Armatura di verifica

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI.01.P0.001	REV. B	PAGINA 41 di 51

## 15 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 15.1.1 Verifica di capacità portante

La capacità portante è stata calcolata attraverso l'espressione proposta da Brinch-Hansen, che nel caso generale risulta:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

dove:

$\gamma$  = peso specifico del terreno di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $B = B_f - 2e$ );

L = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $L = L_f - 2e$ );

D = profondità della fondazione;

c = coesione del terreno di fondazione;

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base della fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

$\eta$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\eta = 0$  se orizzontale);

b = inclinazione della struttura;

H = componente orizzontale del carico trasmesso al piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso al piano di posa della fondazione.

I coefficienti  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  sono i coefficienti di capacità portante:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi ;$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>42 di 51</b>

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot \operatorname{tg}\phi)}$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}\phi$$

I coefficienti  $s_y$ ,  $s_c$ ,  $s_q$  sono i fattori di forma della fondazione

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \operatorname{tg}\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

I coefficienti  $d_y$ ,  $d_c$ ,  $d_q$  sono i fattori di profondità del piano di posa della fondazione

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot \operatorname{tg}\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2$$

$$d_\gamma = 1$$

I coefficienti  $i_y$ ,  $i_c$ ,  $i_q$  sono i fattori di inclinazione del carico

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}\phi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}\phi}\right)^5$$

I coefficienti  $g_y$ ,  $g_c$ ,  $g_q$  sono i fattori di inclinazione del piano campagna;

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ} = 1 \quad ; \quad g_q = (1 - 0.5 \cdot \operatorname{tg}\beta)^\beta = 1; \quad g_\gamma = g_q$$

I coefficienti  $b_y$ ,  $b_c$ ,  $b_q$  sono i fattori di inclinazione della base della fondazione;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>43 di 51</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO</b> <b>ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>								

$$b_c = 1 - \frac{\eta^0}{147^0}; \quad b_q = e^{(-2 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}; \quad b_\gamma = e^{(-2.7 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}$$

dove:

$$k = \frac{D}{B_f} \quad \left( \text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1 \right); \quad k = \arctg \left( \frac{D}{B_f} \right) \quad \left( \text{se } \frac{D}{B_f} > 1 \right)$$

Si riportano nel prospetto di seguito le caratteristiche geometriche e geotecniche della fondazione in esame.

Coeff. Parz. Press.Ultima (Approccio 2 [§6.4.2.1]) <input type="text" value="2.30"/>	
<b>Tipologia Fondazione</b> <input type="radio"/> Impronta quadrata (B=L) <input type="radio"/> Impronta circolare (B=diametro) <input checked="" type="radio"/> Impronta rettangolare (B<L) <input type="radio"/> Impronta nastriforme (TRAVI ROVESCE)	
<b>Dati Geometrici Fondazione (in assenza di falda porre Dw=0)</b> Lato (diametro) impronta B <input type="text" value="236"/> cm Profondità impronta L [>B] <input type="text" value="500"/> cm Affondamento piano di posa D <input type="text" value="90"/> cm Affondamento livello Falda Dw [Se >0] <input type="text" value="0"/> cm	
<b>Parametri Geotecnic</b> Peso di Volume del Terreno <input type="text" value="1600"/> daN/m³ Peso Sp.Terreno saturo [seDw>0] <input type="text"/> daN/m³ Angolo di Attrito eff. $\phi'$ ° (gradi sessadecimali) <input type="text" value="30"/> Coesione C' efficace <input type="text" value="0"/> daN/cm²	<b>Risultati (Pressioni in daN/cm²)</b> TERZAGHI MEYERHOFF HANSEN Press.Ult. <input type="text" value="6.051"/> Press. Lim. <input type="text" value="2.631"/> EUROCODE 7 Press.Ult. <input type="text" value="6.532"/> Press. Lim. <input type="text" value="2.840"/>
<b>Coefficienti Sismici (vedi C. 7.11.5.3.1 NTC)</b> K <sub>hi</sub> = H/V = Sd(T)/g <input type="text" value="0"/> K <sub>hk</sub> <input type="text" value="0"/>	
In assenza di falda porre Dw=0. Per effettuare il calcolo in condizioni non drenate porre $\phi' = 0$ ed inserire per la coesione il valore C <sub>u</sub> (resist. a taglio non drenata); va inoltre assegnato il peso sp. saturo del terreno.	<input type="button" value="Calcola"/> <input type="button" value="Stampa"/> <input type="button" value="Esci"/> <input type="button" value="?"/>

L'approccio di progetto è l'Approccio tipo 2; il coefficiente di sicurezza  $\gamma_R$  è posto pari a 2.3.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>44 di 51</b>

**CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE**

Formula di HANSEN:  $Q_{ult} = c N_c S_c D_c + q N_q S_q D_q + 0,5 B [g' + (g - g')(D_w - D_f)] N_g S_g D_g$   
**Pressione Limite (Q\_u/Coef.Sic.): 2.63 daN/cm<sup>2</sup>**

Formula EUROCODICE 7:  $Q_{ult} = c N_c S_c D_c + q N_q S_q D_q + 0,5 B [g' + (g - g')(D_w - D_f)] N_g S_g D_g$   
**Pressione Limite (Q\_u/Coef.Sic.): 2.84 daN/cm<sup>2</sup>**

Per la fondazione in esame risulta una pressione limite di:

$$Q_{u} / \gamma_R = 2.63 \text{ daN/cm}^2$$

La pressione massima sul terreno è pari a 0.50 daN/cm<sup>2</sup>, inferiore al valore limite, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

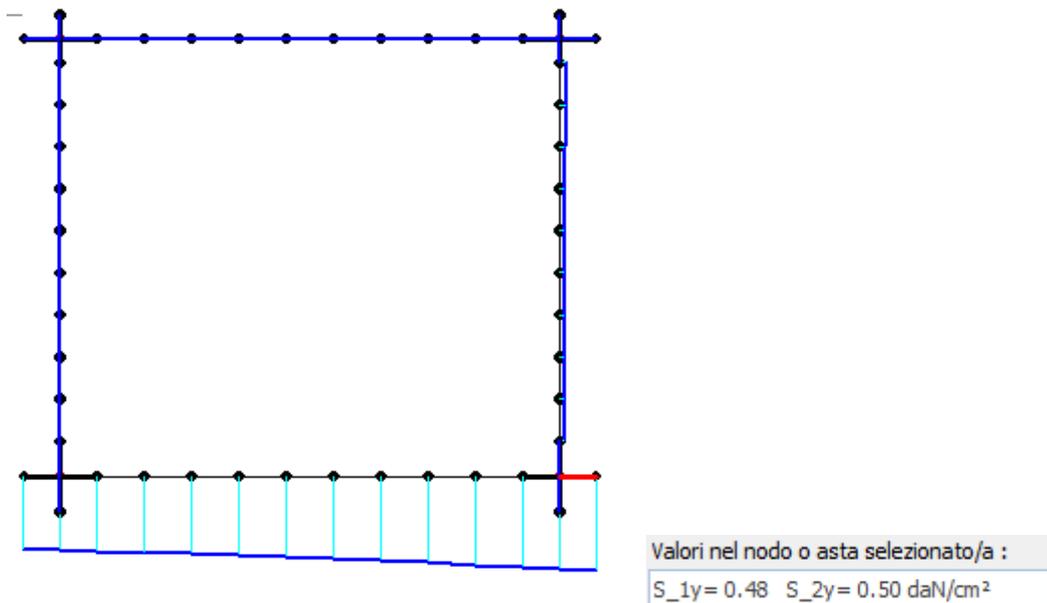


Figura 12: Pressione normale sul terreno

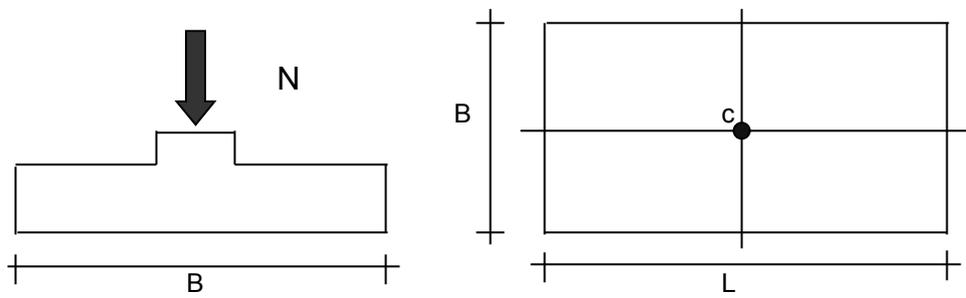
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. PAGINA <b>B 45 di 51</b>

### 15.1.2 Valutazione dei cedimenti

Si esibisce di seguito il calcolo dei cedimenti in fondazione dell'opera in esame.

#### CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

#### LAVORO:



#### Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3) * (1/R_1^2 + 1/R_2^2)$$

$$\Delta\sigma_x i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_y i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \sum \delta_i = \sum (((\Delta\sigma_z i - v_i(\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>46 di 51</b>

**DATI DI INPUT:**

B = 2.36 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 5.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 590 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 50.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B\*L)))

ns = 2 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z <sub>i</sub>	a z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	v	δc <sub>i</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	Di	5.00	0.0	5.0	1.0	20000	0.30	<b>0.47</b>
2	Po	10.00	5.0	15.0	1.0	50000	0.30	<b>0.24</b>
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-

$$\delta_{ctot} = 0.71 \text{ (cm)}$$

z	Δz <sub>i</sub>	Terreno	R1	R2	R3	Δσz <sub>i</sub>	Δσx <sub>i</sub>	Δσy <sub>i</sub>	E	v	δ <sub>i</sub>	Σδ <sub>i</sub>
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)	(cm)

0.00	1.0	1							20000	0.30		
1.00	1.0	1	2.55	1.28	2.81	38.52	23.21	15.60	20000	0.30	0.13	0.13
2.00	1.0	1	2.92	1.91	3.15	27.21	1.09	-0.66	20000	0.30	0.14	0.27
3.00	1.0	1	3.54	2.76	3.73	18.28	-0.01	-0.81	20000	0.30	0.09	0.36
4.00	1.0	1	4.30	3.69	4.46	12.38	-0.25	-0.60	20000	0.30	0.06	0.43
5.00	1.0	1	5.15	4.65	5.28	8.69	-0.26	-0.43	20000	0.30	0.04	0.47
6.00	1.0	2	6.04	5.63	6.16	6.34	-0.23	-0.32	50000	0.30	0.01	0.48
7.00	1.0	2	6.96	6.61	7.06	4.78	-0.19	-0.24	50000	0.30	0.01	0.49
8.00	1.0	2	7.91	7.59	7.99	3.72	-0.16	-0.19	50000	0.30	0.01	0.50
9.00	1.0	2	8.86	8.58	8.94	2.97	-0.13	-0.15	50000	0.30	0.01	0.51
10.00	1.0	2	9.82	9.57	9.89	2.42	-0.11	-0.12	50000	0.30	0.00	0.51
11.00	1.0	2	10.79	10.57	10.86	2.00	-0.09	-0.10	50000	0.30	0.00	0.52
12.00	1.0	2	11.77	11.56	11.83	1.69	-0.08	-0.08	50000	0.30	0.00	0.52

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>			<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>			<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>			<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
						IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	47 di 51	

13.00	1.0	2	12.75	12.56	12.80	1.44	-0.07	-0.07	50000	0.30	0.00	0.52
14.00	1.0	2	13.73	13.55	13.78	1.24	-0.06	-0.06	50000	0.30	0.00	0.52
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.53
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.53
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.53
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.53
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.54
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.54
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.54
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.54
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.54
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.55
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.55
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.55
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.56
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.56
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.56
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.56
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.56
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.57
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.57
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.57
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.57
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.58
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.58
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.58
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.58
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.58
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.59
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.59
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.59
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.60
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.60
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.60
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.60
z	$\Delta z_i$	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta \sigma_{zi}$	$\Delta \sigma_{xi}$	$\Delta \sigma_{yi}$	E	$\nu$	$\delta_i$	$\Sigma \delta_i$
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)	(cm)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGIO S.p.A.</b>						<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>						
Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>						<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>												
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>						PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
						IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	48 di 51	

15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.60
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.61
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.61
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.61
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.61
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.62
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.62
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.62
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.62
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.62
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.62
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.63
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.63
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.63
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.63
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.64
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.64
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.64
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.64
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.64
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.64
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.65
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.65
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.65
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.65
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.66
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.66
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.66
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.66
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.66
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.67
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.67
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.67
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.67
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.68
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.68
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.68
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.68
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.68
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.69
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.69
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.69
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.69
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.69
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.70
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.70
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.70

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p align="center"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p align="center"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.      ROCKSOIL S.p.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO  ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>RI.01.P0.001</td> <td>B</td> <td>49 di 51</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	49 di 51
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	RI.01.P0.001	B	49 di 51								

15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.70
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.71
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.71
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.71
15.00	1.0	2	14.71	14.55	14.76	1.08	-0.05	-0.05	50000	0.30	0.00	0.71

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>50 di 51</b>

## 16 INCIDENZE

Di seguito si esplicita l'incidenza relativa all'opera di sostegno in esame:

	Elemento	Spessore [m]	Armatura longitudinale				Armatura trasversale				Spilli				Sommano [kg]	Incidenza di progetto [kg/m <sup>3</sup> ]
			Lato	Diametro [mm]	N°	Peso [kg/m]	Lato	Diametro [mm]	N°	Peso [kg/m]	Diametro [mm]	Maglia [cmxcm]	N°	Peso [kg/m]		
SCATOLARE DI SOSTEGNO RI.01P-STI	Fondazione	0.30	LATO A	12	5	4.44	LATO A	12	5	4.44	8	25x50	8	3.16	20.92	80
			LATO B	12	5	4.44	LATO B	12	5	4.44						
	Elevazione	0.20	LATO A	12	5	4.44	LATO A	12	5	4.44	8	25x50	8	3.16	20.92	115
			LATO B	12	5	4.44	LATO B	12	5	4.44						

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>RI01P - RILEVATO DEVIAZIONE PROVVISORIA LINEA CASSINO  ESISTENTE DA KM 0+000 A KM 1+227,54</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>RI.01.P0.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>51 di 51</b>

## 17 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Sezione tipologica .....	4
Figura 2: Sezione trasversale.....	6
Figura 3: Tensioni efficaci orizzontali su un piedritto in condizioni di riposo.....	22
Figura 4: Treno di carico LM71 .....	25
Figura 5: Treno di carico SW/2.....	26
Figura 6: Valutazione dei carichi da traffico (tab.5.2.IV).....	33
Figura 7: Grafico per la determinazione del fattore di profondità $F_s$ .....	37
Figura 8: Inviluppo momento agente– SLU .....	38
Figura 9: Inviluppo taglio agente – SLU .....	38
Figura 10: Inviluppo sforzo normale – SLU .....	39
Figura 11: Armatura di verifica .....	40
Figura 12: Pressione normale sul terreno .....	44