

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

GA - GALLERIE

GA01 - GALLERIA CASALNUOVO DA km 0+550,000 A km 2+860,210

G.A. in prossimità fascio tubiero Arin e linea AV da km 1+448.35 a km 1+489.69

Opere di sostegno fascio tubiero

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	G	A	0	1	E	0	0	0	5	C	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Superbo	14/06/18	C. Nardone	15/06/18	A. Bellocchio	15/06/18	G. Cassani	30/06/18
B	EMISSIONE PER RdV	E. Superbo	10/09/18	C. Nardone	11/09/18	A. Bellocchio	11/09/18	G. Cassani	12/09/18
C	EMISSIONE PER RdV	E. Superbo	10/09/18	C. Nardone	11/09/18	A. Bellocchio	11/09/18	G. Cassani	
									04/10/18

File: IF1M.0.0.E.ZZ.CL.GA.01.E.0.005-B

n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 2 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

1	PREMESSA.....	8
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
2.1	STRUTTURA ESISTENTE	11
2.2	STRUTTURA DI SOSTEGNO.....	12
2.3	OPERE PROVVISORIALI – PARATIE.....	12
2.4	FASI COSTRUTTIVE STRUTTURA DI SOSTEGNO	15
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	19
4	MATERIALI	20
4.1	CALCESTRUZZO.....	20
4.2	ACCIAIO C.A.....	20
4.3	ACCIAIO STRUTTURALE.....	21
4.4	TREFOLI	21
4.5	COPRIFERRI.....	21
4.6	TUBI ARIN.....	22
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	23
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	24
7	CRITERI GENERALI DI VERIFICA.....	26
7.1	VERIFICHE SLE.....	26
7.1.1	Verifica tensioni di esercizio C.A.....	26
7.1.2	Verifica fessurazione.....	26
7.1.3	Verifica deformabilità	26

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		REV. C

7.2	VERIFICHE SLU.....	27
7.2.1	<i>Verifica a Pressoflessione</i>	<i>27</i>
7.2.2	<i>Verifica a Taglio.....</i>	<i>27</i>
7.2.3	<i>Verifica tiranti di ancoraggio</i>	<i>27</i>
7.3	APPROFONDIMENTO SUI LIMITI DEFORMATIVI DELLA STRUTTURA ESISTENTE	29
8	ANALISI DEI CARICHI.....	31
8.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA.....	31
8.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI	31
8.2.1	<i>Peso proprio tubi ARIN e peso acqua trasportata.....</i>	<i>31</i>
8.2.2	<i>Sovraccarico Rinterro</i>	<i>33</i>
8.3	CARICHI VARIABILI	34
8.3.1	<i>Carico Stradale</i>	<i>34</i>
8.3.2	<i>Sovraccarico di servizio interno.....</i>	<i>35</i>
8.4	CARICO ECCEZIONALE - ALLAGAMENTO	36
8.5	AZIONE SISMICA.....	36
9	COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	38
9.1	GENERALITA'.....	38
9.2	COMBINAZIONI DI PROGETTO	40
10	MODELLO DI CALCOLO.....	42
10.1	MODELLAZIONE STRUTTURA ESISTENTE	44
10.2	MODELLAZIONE STRUTTURA DI SOSTEGNO.....	45

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 4 di 129	

10.3	COMPORAMENTO DEFORMATIVO GLOBALE	46
10.3.1	<i>Criterio di analisi</i>	46
10.3.2	<i>Analisi Modello B.....</i>	46
10.4	SCHEMA DI VINCOLO	49
10.4.1	<i>Modellazione in SAP2000.....</i>	49
10.4.2	<i>Analisi rigidezza molle verticali</i>	51
11	VERIFICA STRUTTURA DI SUPPORTO.....	53
11.1	TUBI DI SOSTEGNO	53
11.1.1	<i>Verifiche SLE - Analisi Deformazioni</i>	55
11.1.2	<i>Verifiche SLU</i>	56
11.1.2.1	<i>Generale.....</i>	56
11.1.2.2	<i>Analisi delle sollecitazioni</i>	58
11.1.2.3	<i>Verifica</i>	61
11.2	TRAVE DI COLLEGAMENTO	63
11.2.1	<i>Verifiche SLE - Analisi Deformazioni</i>	63
11.2.2	<i>Verifiche SLE - Tensioni limite e Fessurazione</i>	65
11.2.2.1	<i>Verifica sezione di campata (momento flettente positivo).....</i>	65
11.2.2.2	<i>Verifica sezione di appoggio (momento flettente negativo).....</i>	68
11.2.3	<i>Verifiche SLU</i>	71
11.2.3.1	<i>Generale.....</i>	71
11.2.3.2	<i>Flessione.....</i>	72
11.2.3.3	<i>Taglio.....</i>	76

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 5 di 129

11.2.4	<i>Verifica locale – connessione trave-tubi</i>	78
11.2.4.1	<i>Verifica tensione di compressione</i>	78
11.2.4.2	<i>Verifica tensione di trazione</i>	79
11.2.4.3	<i>Verifica tensione tangenziale</i>	79
11.3	DIAFRAMMI	80
11.3.1	<i>Reazioni vincolari</i>	80
11.3.2	<i>Verifiche SLE - Analisi Deformazioni</i>	82
11.3.3	<i>Verifiche SLE - Tensioni limite</i>	82
11.3.3.1	<i>Diaframmi Laterali</i>	82
11.3.4	<i>Verifiche SLU – Flessione</i>	84
11.3.4.1	<i>Diaframmi Centrali</i>	85
11.3.5	<i>Verifica carico limite</i>	86
11.4	TRAVE METALLICA	87
12	VERIFICA STRUTTURA ESISTENTE	89
12.1	PIEDRITTI LATERALI	89
12.1.1	<i>Verifiche SLE - Tensioni limite e Fessurazione</i>	89
12.1.1.1	<i>Verifica sezione di campata (momento flettente positivo)</i>	90
12.2	TUBI ARIN	93
12.2.1	<i>Tube ARIN “A” – DN1200</i>	94
12.2.1.1	<i>Analisi Deformazioni (combinazione SLE-Rara)</i>	94
12.2.1.2	<i>Analisi strutturale</i>	96
12.2.2	<i>Tube ARIN “B” – DN1000</i>	99

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 6 di 129	

12.2.2.1	<i>Analisi Deformazioni (combinazione SLE-Rara)</i>	99
12.2.2.2	<i>Analisi strutturale</i>	101
12.2.3	<i>Considerazioni in merito agli incrementi tensionali</i>	104
13	ANALISI E VERIFICA OPERE PROVVISORIALI – PARATIE	105
13.1	SEZIONI DI CALCOLO	105
13.1.1	<i>Metodologia di analisi</i>	106
13.1.2	<i>Geometria di calcolo</i>	106
13.2	CRITERI DI CALCOLO	108
13.3	RISULTATI	109
13.3.1	<i>Sezione 1</i>	109
13.3.2	<i>Sezione 2</i>	111
13.3.3	<i>Sezione 3</i>	113
13.4	VERIFICHE	116
13.4.1	<i>Sezione 1</i>	116
13.4.2	<i>Sezione 2</i>	118
13.4.3	<i>Sezione 3</i>	120
14	ANALISI DELLE VIBRAZIONI	123
14.1	VIBRAZIONI IN CORSO D'OPERA	123
14.1.1	<i>Approfondimenti sui valori di vibrazione monitorati</i>	123
14.1.2	<i>Approfondimenti sui limiti di vibrazione</i>	123
14.2	VIBRAZIONI IN ESERCIZIO	125
15	CONCLUSIONI	126

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>7 di 129</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	7 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	7 di 129								

16 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 127

17 ALLEGATO 128

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 8 di 129	

1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le analisi e le verifiche strutturali della struttura di sostegno del fascio tubiero ARIN presente in prossimità della Galleria artificiale ferroviaria Casalnuovo. La soluzione presentata è finalizzata alla minimizzazione delle deformazioni indotte sul fascio tubiero stesso e ottempera alla richiesta di "ABC" di separare la struttura di sostegno dalla galleria artificiale (vedi Allegato 48 alla Convenzione per la Progettazione Esecutiva ed Esecuzione dei lavori di realizzazione della linea ferroviaria Napoli-Bari – Variante Linea Canello-Napoli, "Nota della ABC - Acqua Bene Comune Napoli" - prot. n. 0020547 del 02.11.2015, "*si chiede, inoltre, rispetto alla soluzione progettuale proposta, di garantire l'indipendenza strutturale tra la galleria ferroviaria di progetto ed il cunicolo in cui sono alloggiato le condotte ABC, ciò al fine di evitare che, in fase di esercizio, le vibrazioni connesse al transito dei treni possano arrecare danni alle condotte*").

La soluzione, presentata nel seguito, prevede una struttura ad U che sostiene il fascio tubiero e che poggia su diaframmi realizzati ai lati della struttura stessa ed indipendenti dalla galleria artificiale. Nel lungo termine si prevede che pur mantenendo l'indipendenza strutturale il carico del fascio tubiero vada ad agire sulla galleria artificiale. Si prevede infatti di riempire l'intercapedine tra i tubi e la soletta di galleria con magrone.

Durante la fase progettuale si sono svolti vari incontri con l'ente gestore per individuare la soluzione più idonea alle loro esigenze. In particolare dopo varie proposte, la soluzione descritta e analizzata nel seguito è stata individuata come "migliorativa" rispetto alla modalità di risoluzione dell'interferenza presentata in fase di PD (rif. Lettera ABC – Napoli Prot. N. 0016296 in allegato).

Le analisi e i calcoli riportati nel seguito, hanno il principale scopo di verificare la stabilità ed il rispetto dei vincoli deformativi al fine di garantire il normale esercizio delle condutture ABC durante tutte le fasi realizzative dell'opera. In accordo alle indicazioni di ABC, nella valutazione complessiva dell'intervento sono stati analizzati e considerati anche i seguenti due aspetti tecnici:

- Possibile allagamento della struttura esistente dovuto alla rottura di una tubazione;
- Vibrazioni indotte sulla struttura esistente dalle lavorazioni previste.

Nella presente relazione si riportano anche le analisi e le verifiche strutturali delle opere provvisorie di sostegno degli scavi, necessarie per la realizzazione dell'opera in oggetto.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 9 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La geometria del sistema di sostegno analizzato e della struttura esistente sono presentati nel seguito.

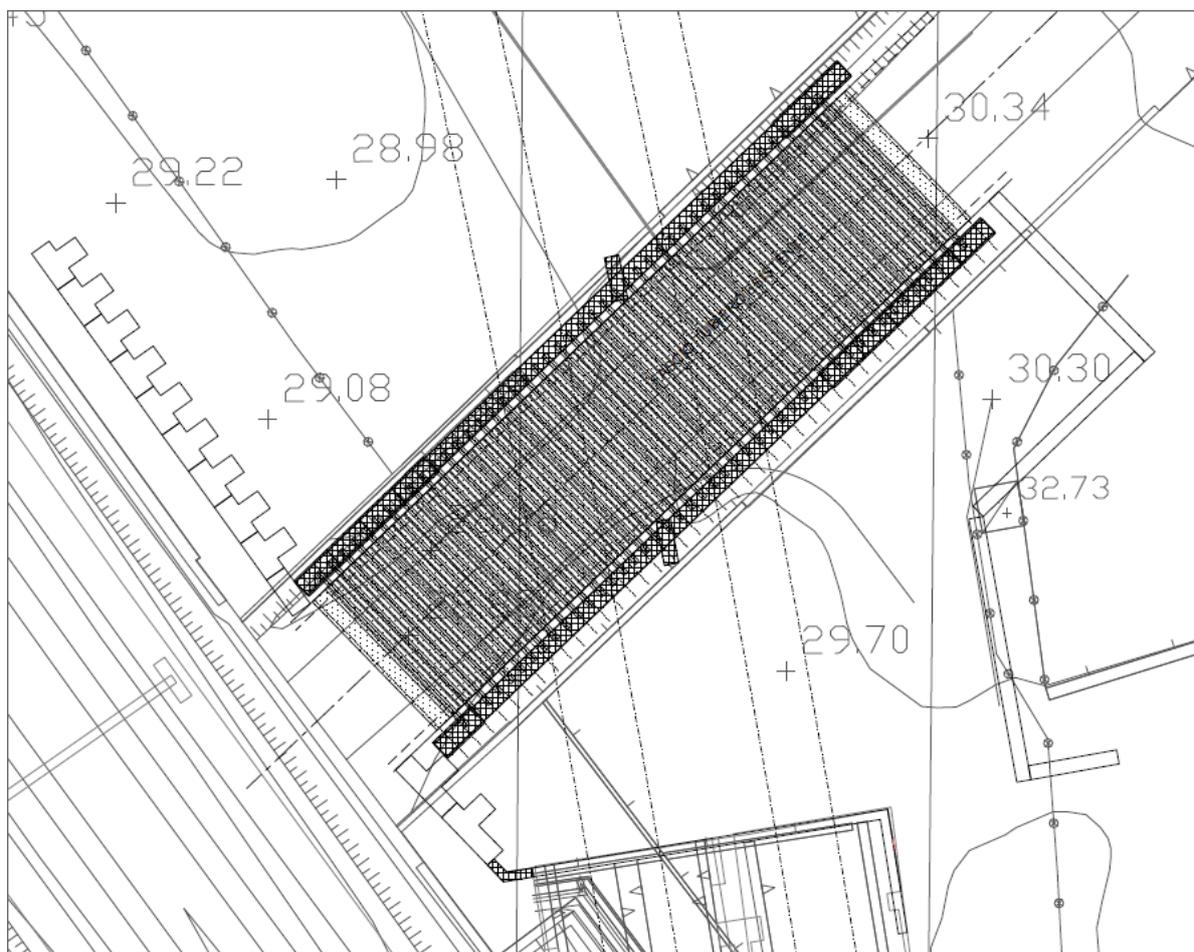


Figura 1 - Geometria struttura esistente, struttura di sostegno e opere provvisionali – Planimetria generale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 10 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

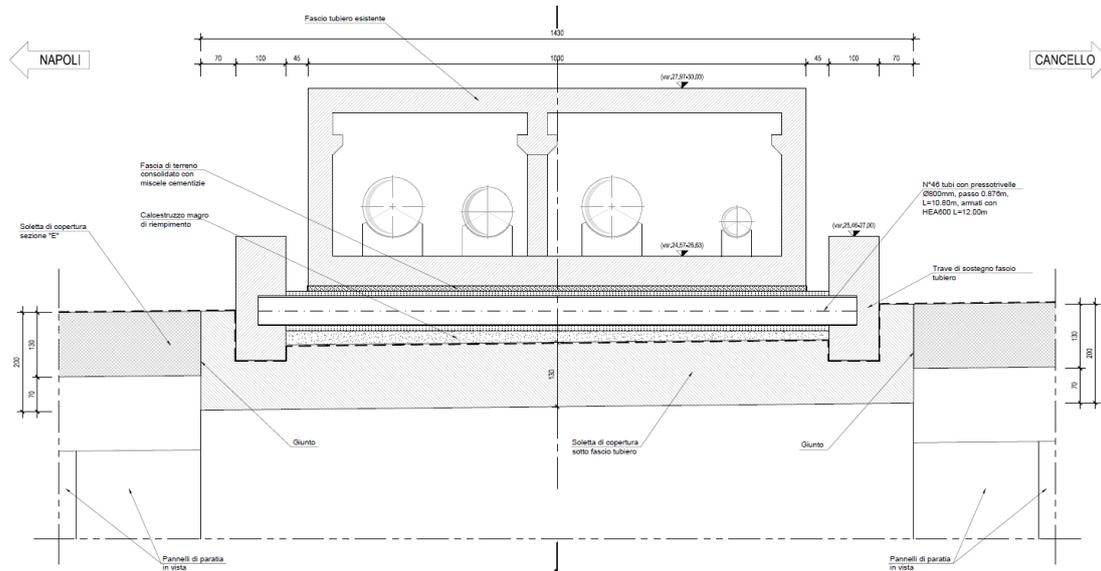


Figura 2 - Geometria struttura esistente e struttura di sostegno – Sezione trasversale

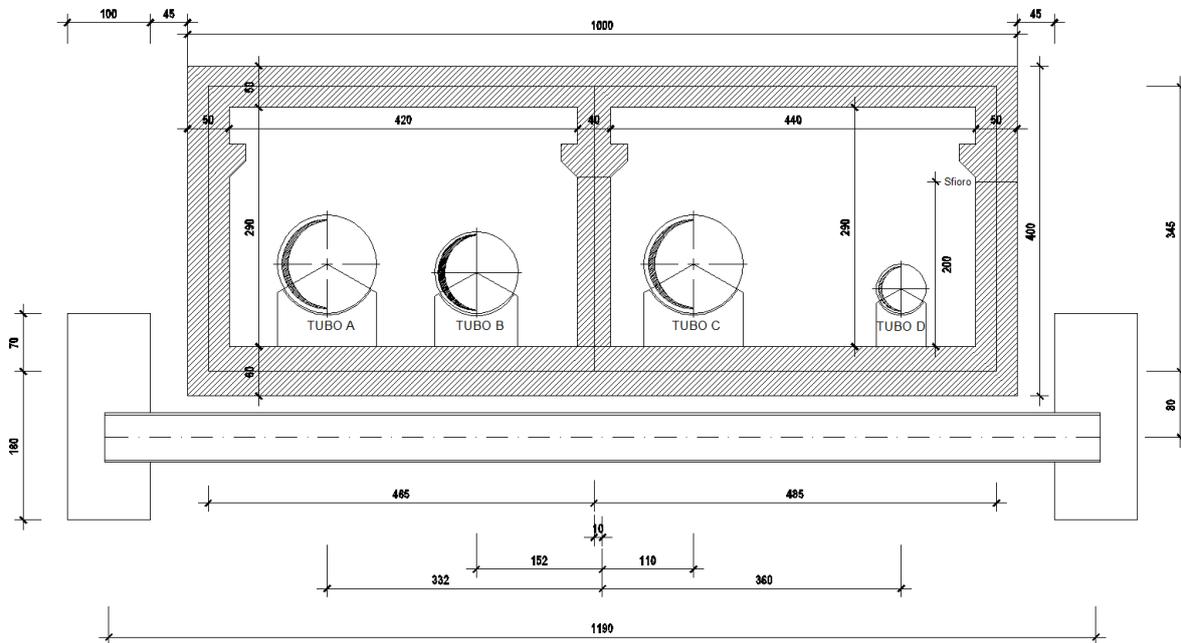


Figura 3 - Geometria struttura esistente – Sezione trasversale di dettaglio

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 11 di 129

2.1 STRUTTURA ESISTENTE

I dati geometrici e le caratteristiche del manufatto esistente sono stati dedotti dai documenti di progetto e in particolare dalla relazione di calcolo [6] e dagli elaborati grafici [7] di as built. Ulteriori informazioni in merito alla geometria sono state ricavate dal rilievo della struttura eseguito da "ABC" [5]. Quest'ultimo documento indica la presenza di uno sfioro, a 2.0 m dal calpestio, con la funzione di evacuare l'acqua presente nella struttura durante l'evento eccezionale della rottura di una tubazione.

Il manufatto, contenente il fascio tubiero, è uno scatolare in c.a. la cui sezione trasversale corrente risulta di altezza 4.00 m e di larghezza 10.00 m, realizzato con calcestruzzo classe C28/35. La geometria degli elementi strutturali è la seguente:

Elemento	Spessore [m]
Soletta superiore (di copertura)	0.50
Soletta inferiore (di fondazione)	0.60
Piedritti Laterali	0.50
Piedritto Centrale	0.40

Tabella 1 – Geometria struttura esistente (fare riferimento ai documenti [1] e [2])

Nei documenti a disposizione non è stata rintracciata nessuna informazione in merito alla presenza di giunti strutturali lungo lo sviluppo del manufatto e per tale motivo la struttura è stata considerata come un elemento privo di disconnessioni.

Longitudinalmente alla struttura corre una strada di servizio posta circa in asse allo scatolare e di larghezza pari a circa 6.00 m.

Dalla relazione di calcolo [6] sono state individuate le tipologie di armatura previste in progetto e con le quali sono state eseguite le verifiche della struttura esistente.

I n°4 tubi ARIN installati all'interno dello scatolare, realizzati in acciaio S355 (fare riferimento al documento [3]), hanno le seguenti geometrie:

Nome	Diametro nominale [mm]	Spessore [mm]	Diametro esterno [mm]
A/C	1200	8.0	1220
B	1000	6.3	1016
D	600	6.0	610

Tabella 2 – Geometria tubi ARIN (fare riferimento al documento [3])

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 12 di 129

2.2 STRUTTURA DI SOSTEGNO

La struttura di sostegno dello scatolare esistente è costituita da 45 tubi Ø800 armati con travi metalliche HEA600 in acciaio S275. I tubi, realizzati con pressotrivelle, saranno sostenuti da n°2 travi laterali di collegamento in c.a., all'interno delle quali saranno annegate le travi in acciaio.

I tubi e le travi di collegamento saranno realizzati in calcestruzzo C25/30.

Come previsto in fase di offerta anche se non necessario ai fini della stabilità globale il telaio metallico previsto in PD verrà comunque mantenuto adattandolo alle geometrie in questione.

In particolare la struttura reticolare presenta una lunghezza di 42 m circa e sarà alta 3.80m. I correnti superiori e inferiori sono profili metallici realizzati con piatti saldati di spessore pari a 40 mm, i diagonali HEB450. Nel piano orizzontale superiore la controventatura è realizzata trasversalmente con 2 HEB800 e longitudinalmente con 2 UPN240. Nel piano orizzontale inferiore dei profili HEB450 sono posizionati trasversalmente fino ad incontrare la parete in c.a. del manufatto esistente. Quest'ultimo verrà collegato al sostegno metallico attraverso barre dywidag Φ32 di connessione tra i traversi superiori della struttura metallica e i setti in c.a. del manufatto stesso (due per ciascun setto). La struttura così realizzata appoggerà sui diaframmi laterali, su cui scaricano anche le travi alte in c.a.

2.3 OPERE PROVVISORIALI – PARATIE

Il sistema di opere provvisorie, propedeutiche alla realizzazione della struttura di sostegno del fascio tubiero, è costituito da n°3 paratie di diaframmi che si sviluppano per una lunghezza complessiva di circa 80 m.

Le paratie definite tipo "B" e tipo "C" hanno lo scopo di consentire lo scavo in corrispondenza del rilevato esistente. Tali paratie sono costituite da pannelli a sbalzo con sezione trasversale a "T" di dimensione 2.50 x 2.50 x 1.20 m e altezza totale pari a 20 m. Lungo la paratia "C" è prevista la realizzazione di un pannello tirantato a sezione rettangolare (2.50m x 1.20 m). Il tirante, inclinato di 20°, è costituito da 3 trefoli da 0.6" alloggiati in un preforo da Ø120 con lunghezza totale pari a 14.0m.

La paratia definita tipo "A" si sviluppa sul lato opposto alle precedenti ed è costituita da pannelli a sbalzo con sezione rettangolare di dimensione 2.50 x 0.80 m e altezza totale pari a 15 m.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 13 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

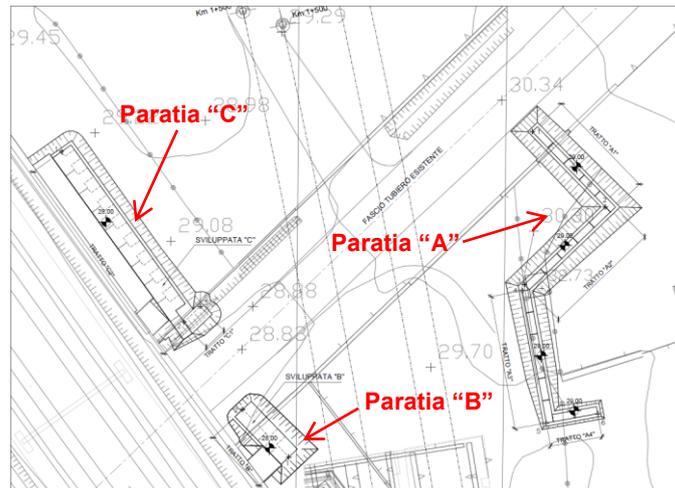
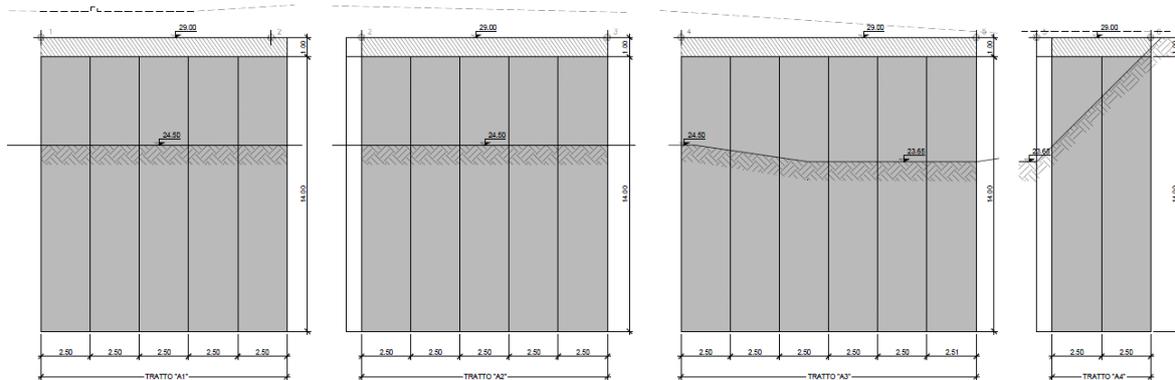


Figura 4 - Planimetria

SVILUPPATA
 PARATIA "A"
 Scala 1:100



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 14 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

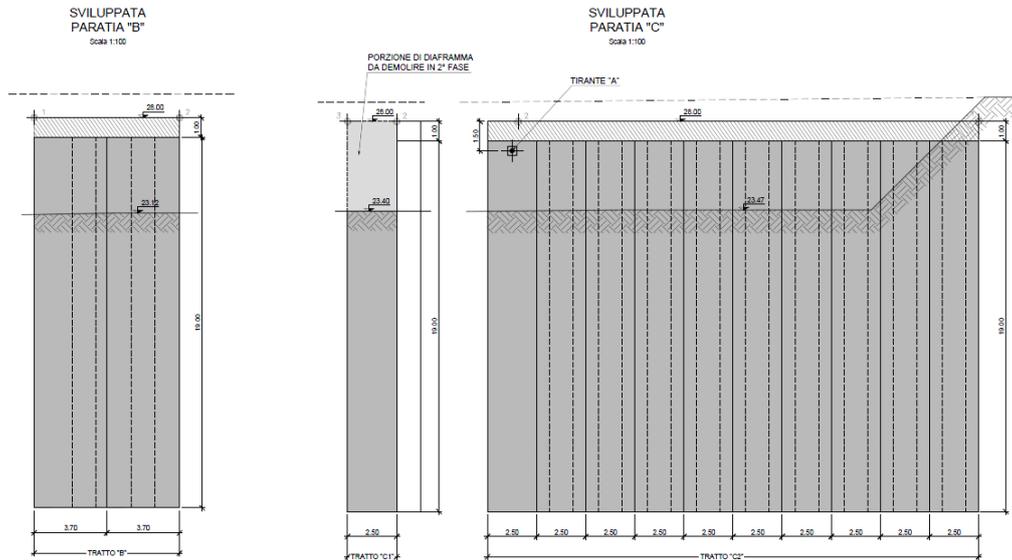


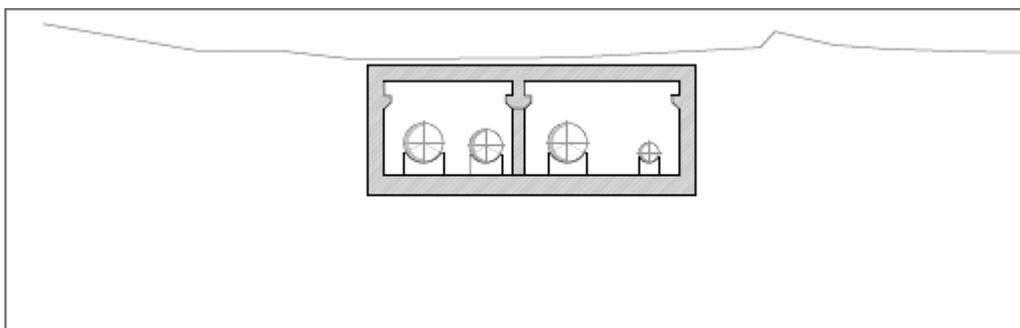
Figura 5 – Sviluppate

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 15 di 129

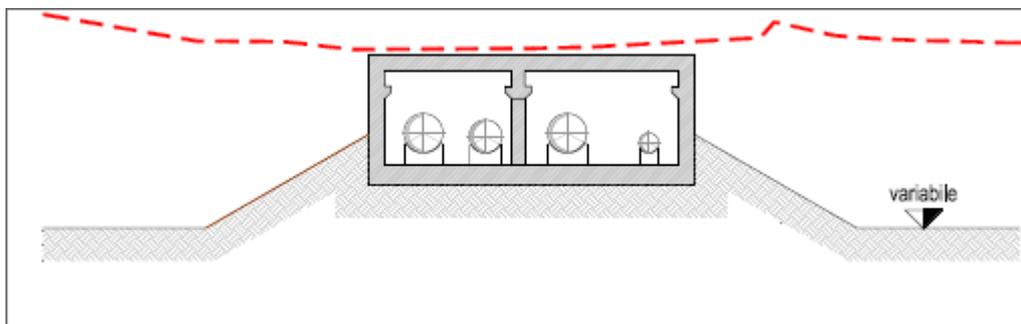
2.4 FASI COSTRUTTIVE STRUTTURA DI SOSTEGNO

Nel seguito sono sinteticamente presentate le fasi costruttive dell'intervento proposto.

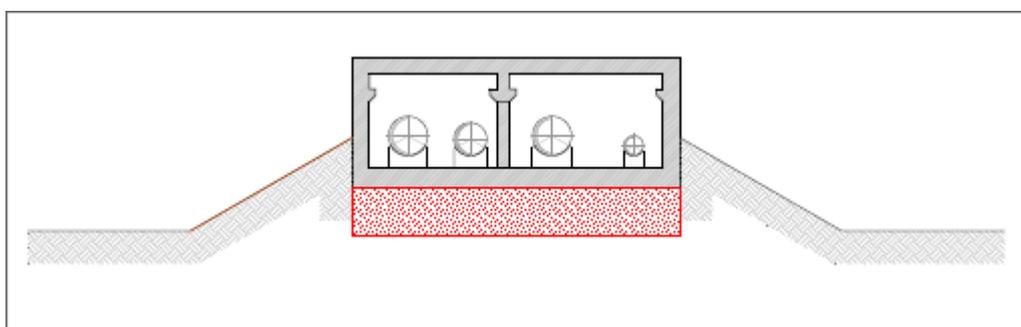
- FASE 00: Preparazione della superficie alle attività di cantiere



- FASE 01: Sbancamento per realizzare il consolidamento al di sotto del fascio tubiero

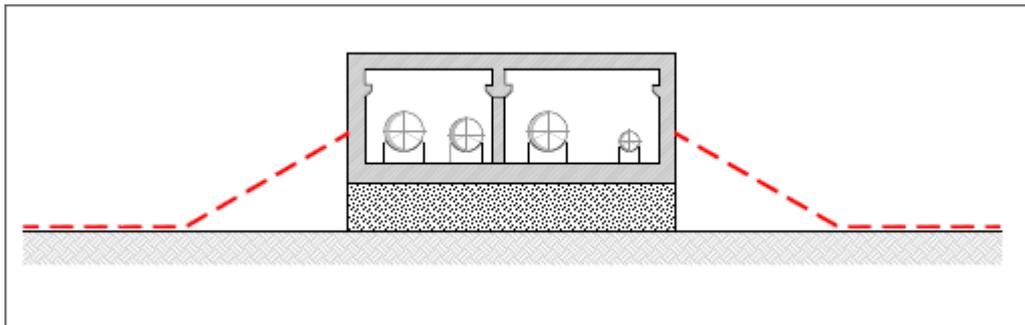


- FASE 02: Realizzazione consolidamenti al di sotto della struttura del fascio tubiero per uno spessore di circa 1.5m

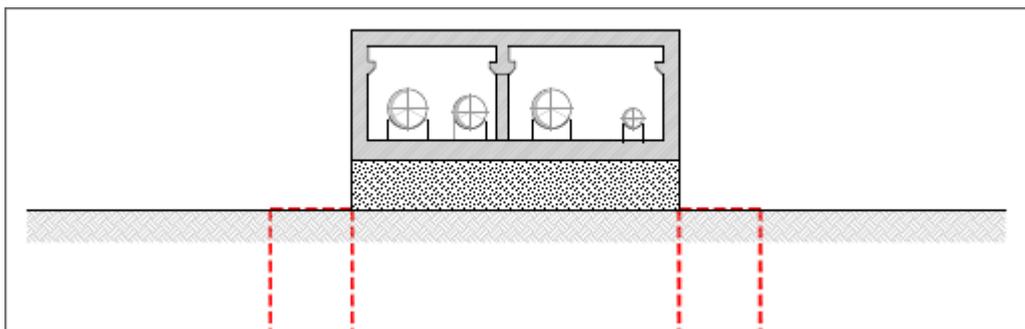


APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 16 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

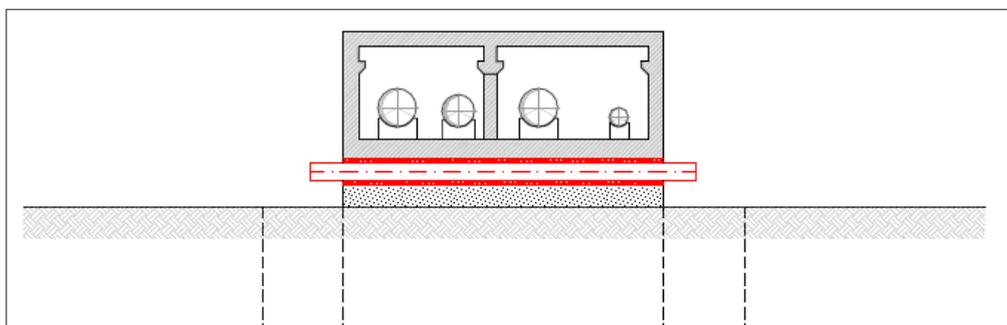
- FASE 03: Sbancamento fino alla quota prevista per la realizzazione dei diaframmi adiacenti al fascio tubiero:



- FASE 04: Realizzazione dei diaframmi adiacenti al fascio tubiero:

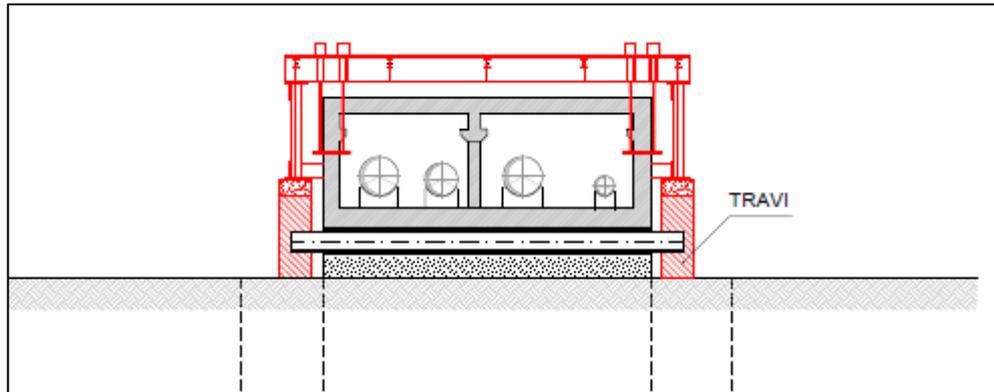


- FASE 05: Esecuzione dei tubi uno alla volta sotto fascio tubiero con pressotrivella,
 Per ciascun tubo sono previste le seguenti fasi:
 - 1) perforazione e contemporanea installazione del rivestimento;
 - 2) posa dei profili metallici all'interno dei tubi;
 - 3) riempimento con calcestruzzo;

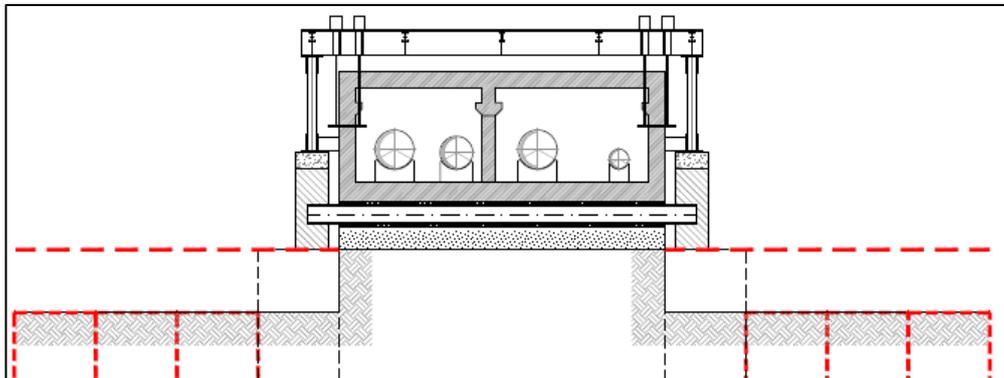


APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 17 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

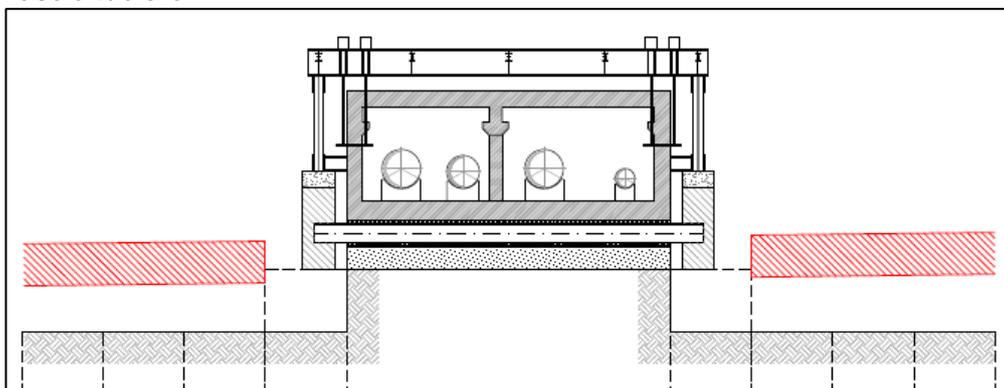
- FASE 06: Realizzazione travi in c.a. di collegamento sul fianco del fascio tubiero e solidarizzazione con tubi Metallici. Realizzazione telaio metallico di sostegno.



- FASE 07: scavo di ribasso e realizzazione dei diaframmi di galleria

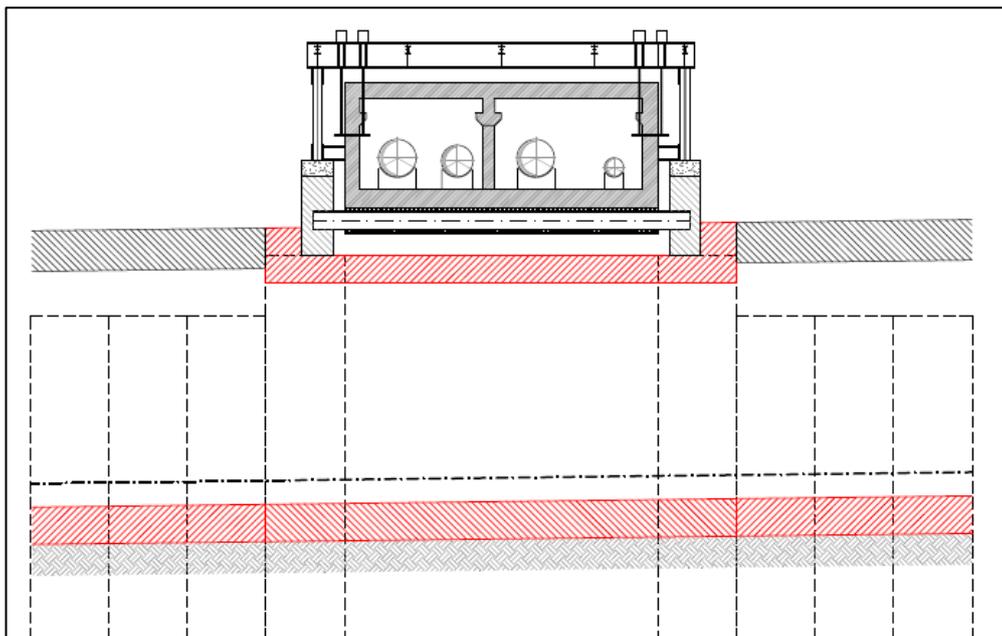


- FASE 08: realizzazione soletta di copertura della galleria artificiale fino al fianco del fascio tubiero

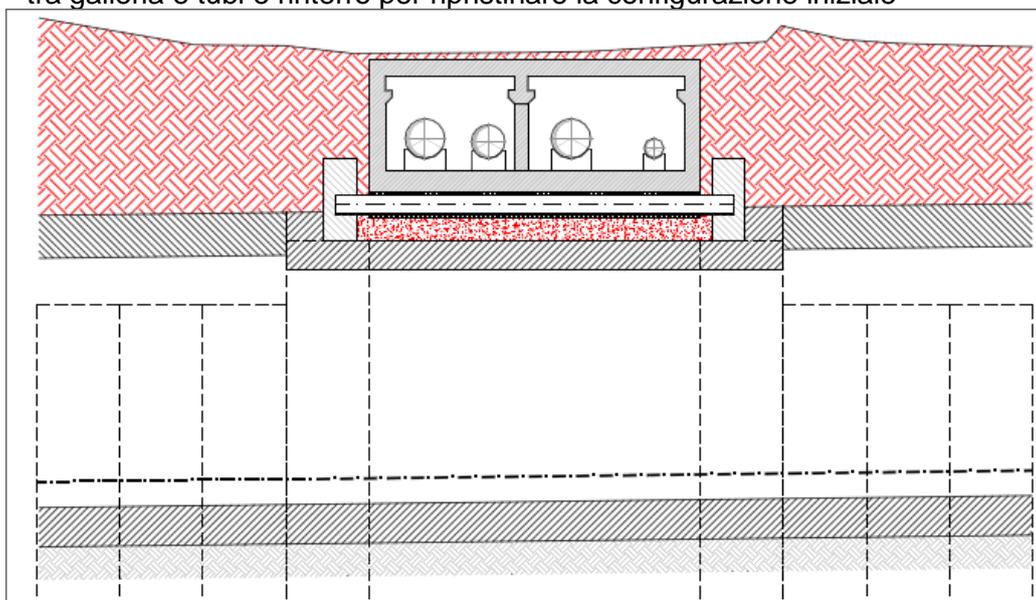


APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 18 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

- FASE 09: completamento galleria artificiale



- FASE 10: Rimozione telaio metallico, riempimento con magrone nell'intercapedine tra galleria e tubi e rinterro per ripristinare la configurazione iniziale



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>19 di 129</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	19 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	19 di 129								

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta di seguito l'elenco dei documenti dei quali si è tenuto conto in sede di progettazione.

- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni (DM2008);
- Circolare 2 febbraio 2009,n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1992-1-1 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto-binario - "RFI DTC INC PO SP IFS 001 A";
- Istruzioni tecniche per la progettazione di manufatti sotto-binario da costruire in zona sismica -"RFI DTC ICI PO SP INF 004 A";
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – "RFI DTC INC CS SP IFS 001 A 29122011".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 20 di 129

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

- **Struttura esistente:**

Calcestruzzo C28/35

Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice $f_{cd} = 15.87 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione media $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.77 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_{cm} = 32308 \text{ N/mm}^2$

Modulo di Poisson $\nu = 0.20$

- **Struttura di sostegno e opere provvisionali (paratie):**

Calcestruzzo C25/30

Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice $f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione media $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$

Modulo di Poisson $\nu = 0.20$

4.2 ACCIAIO C.A.

- **Struttura esistente:**

Acciaio in barre ad aderenza migliorata Fe B44 K

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 374.9 \text{ N/mm}^2$

- **Struttura di sostegno e opere provvisionali (paratie):**

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 21 di 129

Tensione caratteristica di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391.3 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

4.3 ACCIAIO STRUTTURALE

Acciaio S275

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 261.9 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

4.4 TREFOLI

Per le opere provvisorie si utilizzano trefoli stabilizzati da 0.6" (139 mm²) a 7 fili che presentano le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica di rottura	$f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica all'1% di deformazione totale	$f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$
Allungamento sotto carico massimo	$A_{gt} = 3.5\%$
Modulo elastico	$E_p = 200000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$

4.5 COPRIFERRI

Nel seguito sono elencati i valori di copriferro netto da considerare nei riguardi dell'armatura strutturale più esterna.

- **Struttura esistente:**

$c = 40\text{mm}$

- **Struttura di sostegno e opere provvisorie (paratie):**

$c = 40\text{mm}$

Per i diaframmi si considera $c = 60\text{mm}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014							
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	LOTTO IF1M	CODIFICA 0.0.E.ZZ	DOCUMENTO CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 22 di 129

4.6 TUBI ARIN

Acciaio S355

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 338.1 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 23 di 129

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio si faccia riferimento agli elaborati specialistici geologici e geotecnici.

Nell'area in esame si distinguono diversi strati per i quali si sono assunte le caratteristiche elencate nel seguito.

1) Rv - Riporto:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$E_{0p} = 25 \text{ MPa } (E_0 - \text{medio}/5)$$

2) DI - Sabbie:

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$E_{0p} = 40 \text{ MPa } (E_0 - \text{medio}/5)$$

3) Po - Piroclastiti recenti sabbioso limose:

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 33^\circ$$

$$E_{0p} = 85 \text{ MPa } (E_0 - \text{medio}/5)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 24 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo alla normativa DM2008.

Ai fini del calcolo dell'azione sismica, si è fatto riferimento ad una Vita di Riferimento $VR = 112.5$ anni ($VR = VN \cdot CU$), risultando per l'opera in progetto una vita nominale $VN \geq 75$ anni ed una classe d'uso $Cu = III$.

Al fine della valutazione dei parametri di pericolosità sismica, si è fatto riferimento ai dati relativi al comune di Casalnuovo di Napoli (NA):

The screenshot shows two windows from the Aztec Sisma 10.0 software. The left window displays a search for the locality 'CASALNUOVO DI NAPOLI', showing a table with one entry and its geographical coordinates. The right window shows the 'Tipo Opera' (Type of Work) settings, where 'Opere ordinarie, opere infrastrutturali di importanza normale' is selected, and the 'Vita Nominale - V_N ' is set to 75 years. The 'Classe d'uso' (Use Class) is set to III, and the 'Vita di Riferimento - V_R ' is 113 years.

The screenshot shows the 'Parametri sismici' (Seismic Parameters) table and a map of the four measurement points. The table lists parameters for four points (SLO, SLD, SLV, SLC) across five columns: T_R [anni], a_g [m/s^2], F_0 [---], and T_C^* [s]. The map shows four points (32757, 32758, 32979, 32980) with a red dot at point 32979.

	T_R [anni]	a_g [m/s^2]	F_0 [---]	T_C^* [s]
SLO	68	0.701	2.338	0.323
SLD	114	0.902	2.343	0.333
SLV	1073	2.142	2.471	0.352
SLC	2203	2.640	2.563	0.353

ID Punto 1 = 32758
 ID Punto 2 = 32757
 ID Punto 3 = 32979
 ID Punto 4 = 32980
Dati sismici rilevati correttamente.

Figura 6 - Tabella parametrici sismici

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 25 di 129

Si è assunto pertanto:

$$a_g / g = 2.142/9.81 = 0.218 \text{ g}$$

$$F_o = 2.471$$

$$T_c = 0.352 \text{ s}$$

A seguito di tale assunzione si ha allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari ad $a_g = 0.218 \text{ g}$.

Ai fini dell'analisi della risposta sismica locale, occorre definire la Categoria del Suolo di Fondazione secondo quanto specificato al prg. "3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE" del DM 14.01.08. La categoria di suolo di fondazione è definita sulla base della conoscenza di V_{s30} , ricavato dalle indagini sismiche eseguite nelle campagne geognostiche.

Nel caso in esame è possibile considerare ai fini progettuali, una categoria di suolo di **tipo C**: "Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille mediamente consistenti, con spessori variabili da diverse decine di metri fino a centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT < 50 o coesione non drenata $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 26 di 129

7 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

La verifica degli elementi strutturali è condotta utilizzando le massime sollecitazioni derivanti dalle analisi numeriche.

7.1 VERIFICHE SLE

7.1.1 Verifica tensioni di esercizio C.A.

Per il calcestruzzo si considerano i seguenti limiti:

- Combinazione SLE-Rara: 0.55 fck
 - Struttura esistente C28/35 = 15.40 N/mm²
 - Struttura di sostegno C25/30 = 13.75 N/mm²

Per l'acciaio si considerano i seguenti limiti:

- Combinazione SLE-Rara: 0.75 fyk
 - B450C = 337.5 N/mm²

7.1.2 Verifica fessurazione

La verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure è effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara) – “SLE-Rara”.

Si assume come valore limite:

$$w < w_{lim} (= w_1 = 0.2\text{mm})$$

Il valore di calcolo delle fessure, da confrontare con i valori limite, si valuta con la formulazione indicata dalla normativa DM2008 e Circolare n.617/09.

7.1.3 Verifica deformabilità

La verifica di deformabilità è effettuata considerando la combinazione caratteristica (rara) – “SLE-Rara”.

Per quanto riguarda i limiti di deformabilità, essi sono stati stabiliti in relazione alle esigenze funzionali dell'opera.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 27 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

7.2 VERIFICHE SLU

7.2.1 Verifica a Pressoflessione

La verifica consiste nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

Il valore di calcolo del momento resistente è valutato sulla base del valore N_{Ed} oppure, in funzione della situazione analizzata, assumendo uno sforzo normale nullo.

7.2.2 Verifica a Taglio

Per quanto riguarda le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle DM2008, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5 \quad \text{cioè } 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

7.2.3 Verifica tiranti di ancoraggio

Per quanto riguarda i tiranti di ancoraggio, la Normativa impone che siano verificati dal punto di vista geotecnico (resistenza allo sfilamento del tratto ancorato, ovvero il bulbo) e dal punto di vista strutturale (sezione resistente in acciaio).

La resistenza di progetto della fondazione (GEO) si esprime come:

$$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_R$$

dove $R_{a,k}$ è la resistenza caratteristica e γ_R è il coefficiente di sicurezza parziale come riportato in tabella seguente:

Tabella 6.6.I – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi

	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE
	γ_R	
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1.1
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1.2

Figura 7 - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi (riferimento DM2008)

Nel caso in esame trattasi di opere provvisoriale con tiranti temporanei, per cui si assume $\gamma_{Ra,t} = 1.1$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 28 di 129

La resistenza $R_{a,k}$ caratteristica è derivata da sperimentazioni dirette oppure da formule analitiche:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}. \quad (6.2.13)$$

in cui $R_{a,c}$ medio e minimo sono le resistenze media e minima derivate tramite correlazioni disponibili in letteratura; ξ_{a3} e ξ_{a4} sono coefficienti che tengono conto del grado di approfondimento sperimentale del terreno, come da tabella a seguire:

Tabella 6.6.III: *Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.*

numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Figura 8 - Fattori di correlazione (riferimento DM2008)

Nel caso in esame ci si pone nel caso più sfavorevole assumendo $\xi_{a3} = \xi_{a4} = 1.8$.

La condizione di verifica è rispettata se $E_d \leq R_d$ con E_d la sollecitazione di calcolo.

La resistenza strutturale (STR) del tratto libero del tirante fa riferimento alla resistenza di calcolo:

$$f_{yd} = f_{p(1)k} / \gamma_s$$

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza a sfilamento del tratto ancorato (GEO), con riferimento agli strati indicati in precedenza, si assume cautelativamente:

- iniezione in pressione tipo IRS, coefficiente maggiorativo dovuto a sbulbatura $\alpha=1.4$, $\tau_{lim}=150$ kPa, con riferimento agli abachi di Bustamante-Doix.

La lunghezza libera dei tiranti, in condizioni statiche, è stabilita sulla base del criterio secondo il quale il tratto di ancoraggio si deve mantenere al di fuori del cuneo di terreno che esercita la spinta sulla paratia stessa.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 29 di 129

7.3 APPROFONDIMENTO SUI LIMITI DEFORMATIVI DELLA STRUTTURA ESISTENTE

Per la valutazione dell'accettabilità delle deformazioni di sottoservizi e condotte in generale esistono vari riferimenti bibliografici.

O'Rourke e Trautmann (1982) hanno identificato due modi di deformazione al contorno per i tubi: perfettamente flessibili (flessione e conseguenti deformazioni dovute che possono portare a rotture o deformazioni intollerabili) e perfettamente rigido con giunzioni flessibili (singoli tubi rigidi con rotazione e slittamento assiale alle giunture che portano a perdite o disarticolazione).

La maggior parte delle vecchie tubature per la distribuzione dell'acqua e del gas sono in ghisa grigia e, in un'area urbana, possono costituire fino al 90% del sistema esistente. La ghisa grigia è un materiale fragile con una deformazione insufficiente notevolmente inferiore a quella che potrebbe essere tollerata dalle moderne tubazioni duttili di ferro, acciaio o plastica. Poiché le reti in ghisa sono più sensibili ai movimenti e i criteri limitanti sono più stringenti, sono stati oggetto di studi considerevoli al fine di fornire criteri di progettazione per i movimenti in relazione agli effetti di uno scavo.

O'Rourke e Trautmann (1982) hanno affrontato questo argomento empiricamente e hanno dedotto una relazione tra il diametro del tubo di ghisa e un valore limite della distorsione, oltre il quale possono verificarsi danni:

- β_{max} di 1/140 per tubi relativamente rigidi, $D > 200$ mm
- β_{max} di 1/80 per tubi relativamente flessibili, $D < 200$ mm

Un altro riferimento bibliografico è quello riportato da P.B. Attwell, J. Yates and A.R. Selby nella pubblicazione "Soil Movements Induced by Tunneling and thir Effects on Pipeline and Structures". Si riporta di seguito la tabella di riferimento in cui si indica come limite di distorsione 1/250.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 30 di 129

Category	Threshold value
Brittle pipes	
Settlement	10mm
Slope, Pipe, D > 200 mm	1/500
Slope, Pipe, D < 200 mm	1/500
Flexible pipes	
Settlement	20mm
Slope	1/250
Other services	
Settlement	20mm
Slope, Pipe, D > 200mm	1/250

Figura 9 - Criteri per la classificazione del danno per sottoservizi. Estratto da P.B. Attewell, J. Yates, A.R. Selby (1986) "Soil Movements Induced by Tunneling and Their Effects on Pipeline and Structures."

Infine dalla nostra esperienza in progetti internazionali, gli enti gestori delle condotte normalmente raccomandano valori massimi di distorsione pari a 0.05%-1% per l'acciaio in condizioni più stringenti (1/2'000 – 1/1'000).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO							
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	31 di 129

8 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano nel seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni delle strutture di sostegno ed esistente.

I pesi dei materiali da costruzione e del terreno sono indicati nella tabella seguente:

Materiali	γ [kN/m ³]
Calcestruzzo armato	25
Terreni da rinterro	18
Rifinitura stradale	24

Tabella 3 – Caratteristiche materiali

Nonostante nel lungo termine la struttura scarichi sulla galleria grazie al riempimento in magrone realizzato tra questa e i tubi, nell'analisi dei carichi è stata cautelativamente considerata una combinazione di lungo termine in cui si considera il rinterro sul fascio tubiero e il carico stradale.

8.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso proprio (G1) di tutti gli elementi strutturali modellati (scatolare esistente, tubi di sostegno e travi di collegamento) è automaticamente calcolato dal programma utilizzato in base alle caratteristiche geometriche delle strutture e considerando per il calcestruzzo 25 kN/m³.

8.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI

8.2.1 Peso proprio tubi ARIN e peso acqua trasportata

Il peso proprio dei tubi in acciaio ARIN e il peso dell'acqua trasportata al loro interno (carichi permanenti portati non strutturali – tipo G2) sono pari a:

Nome	Diam Nom	spessore	Diam Esterno	Peso Proprio			Peso Acqua		
				Area acc.	γ_{acc}	Pacc.	Area water	γ_{acqua}	Pacqua
[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mmq]	[kN/mc]	[kN/m]	[mmq]	[kN/mc]	[kN/m]
A/C	DN1200	8.0	1220	30461	78.5	2.4	1138526	10	11.4
B	DN1000	6.3	1016	19984	78.5	1.6	790748	10	7.9
D	DN600	6.0	610	11385	78.5	0.9	280862	10	2.8

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		REV. C

Tabella 4 – Peso proprio tubi ARIN e peso acqua trasportata

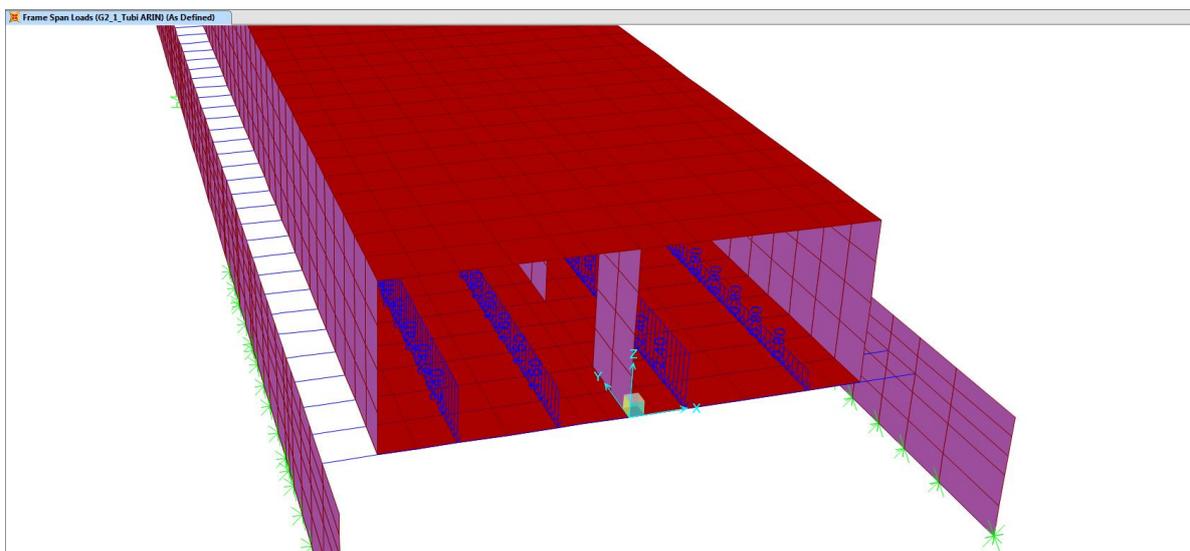


Figura 10 - Peso Proprio tubi ARIN

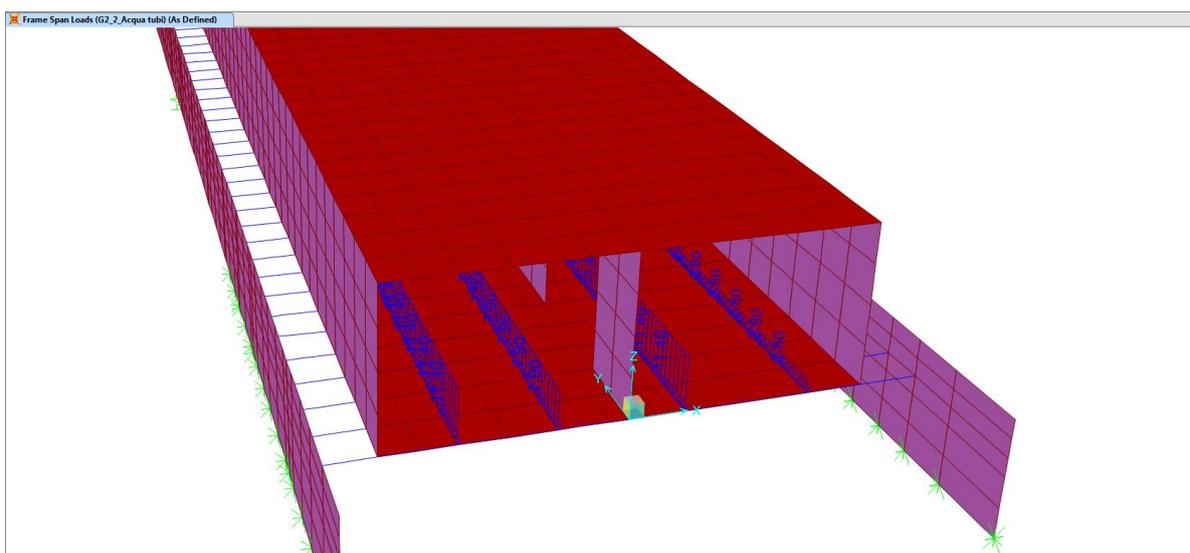


Figura 11 - Peso acqua nei tubi ARIN

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 33 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

8.2.2 Sovraccarico Rinterro

In corrispondenza della soletta di copertura si applica un sovraccarico che tiene conto del rinterro della struttura esistente.

La tipologia del rinterro è differenziato per tener conto che nella zona centrale (circa in asse al fascio tubiero) dovrà essere ripristinata la strada di servizio (di larghezza pari a circa 6.0m) che corre longitudinalmente allo scatolare.

Considerando uno spessore del rinterro pari a 0.30m, si ottiene:

$$\text{Sovraccarico Rinterro (soletta sup.)} = \gamma_{\text{rifinitura stradale}} \cdot h_{\text{rinterro}} = 24 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.30\text{m} = 7.2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sovraccarico Rinterro (soletta sup.)} = \gamma_{\text{terreno}} \cdot h_{\text{rinterro}} = 18 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.30\text{m} = 5.4 \text{ kN/m}^2$$

In aggiunta, in corrispondenza della porzione dei tubi di sostegno compresa tra i piedritti e la trave di collegamento, si applica un sovraccarico verticale che rappresenta il rinterro a tergo dello scatolare esistente:

$$\text{Sovraccarico Rinterro (tubi di sostegno)} = \gamma_{\text{terreno}} \cdot h_{\text{rinterro}} = 18 \text{ kN/m}^3 \cdot 4.40\text{m} = 79.2 \text{ kN/m}^2$$

Considerando un interasse tra i tubi di sostegno di 0.876m, si ottiene un carico lineare agente sui tubi di 69.4 kN/m.

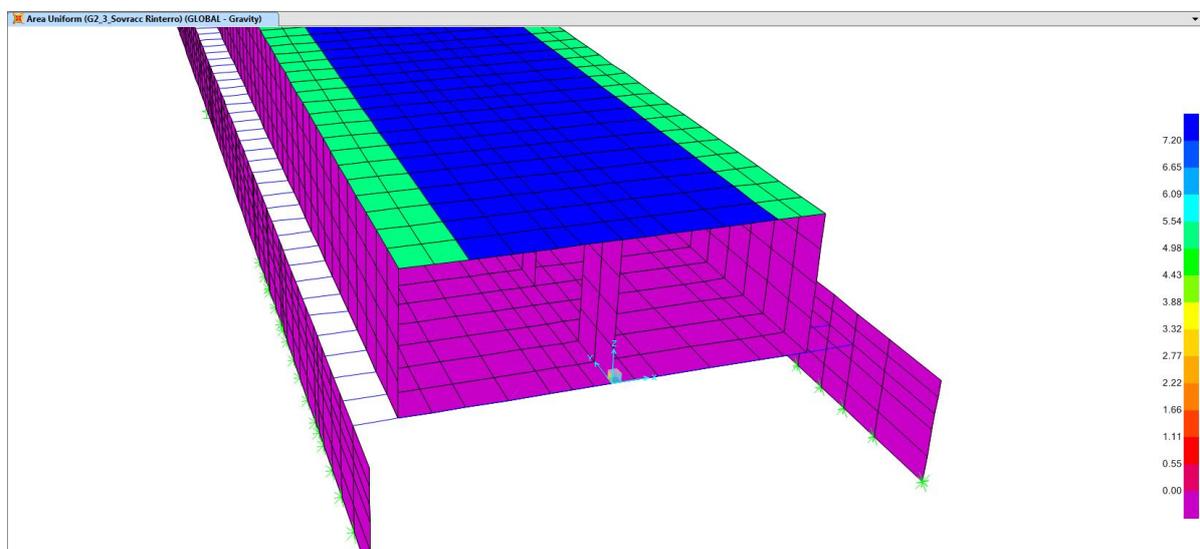


Figura 12 - Sovraccarico Rinterro sulla soletta di copertura

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 34 di 129

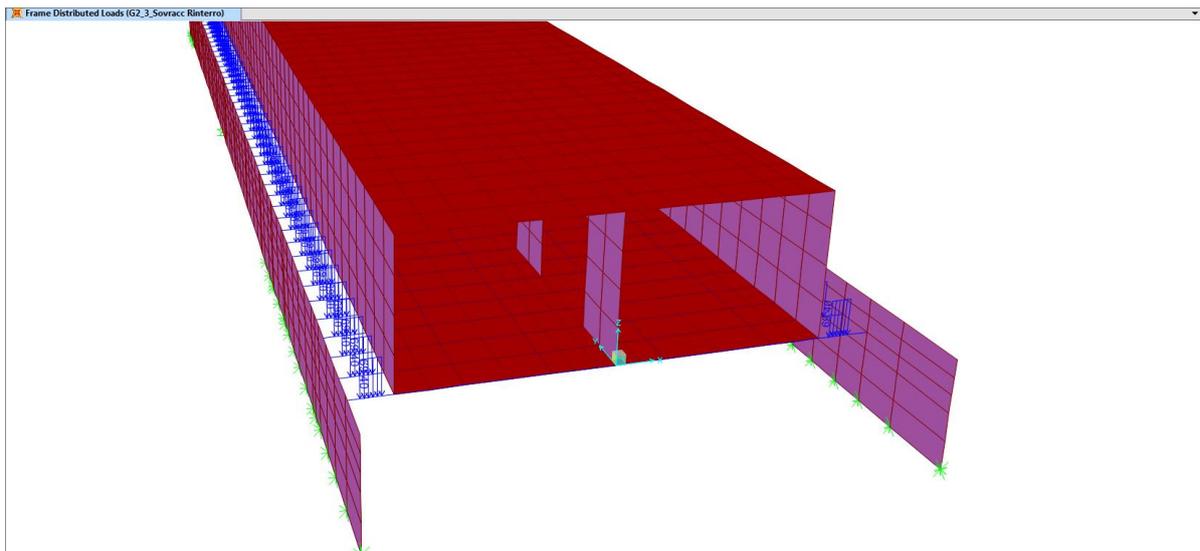


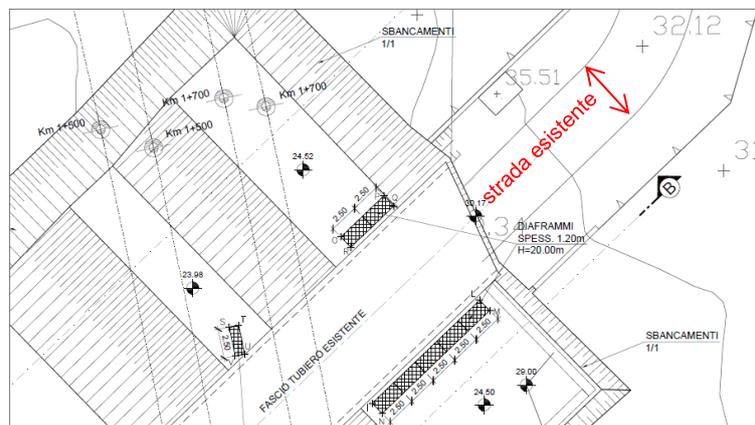
Figura 13 - Sovraccarico Rinterro sui tubi di sostegno

8.3 CARICHI VARIABILI

8.3.1 Carico Stradale

In relazione alla tipologia di viabilità prevista sulla soletta superiore dello scatolare, si considera un carico variabile uniformemente distribuito di 20 kN/m^2 .

Tale carico è applicato su un'impronta di circa 6.0m , pari alla larghezza della strada di servizio presente lungo lo sviluppo dello scatolare esistente. Nella restante parte è applicato un carico di servizio di 1 kN/m^2 .



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 35 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

Figura 14 – Geometria strada esistente

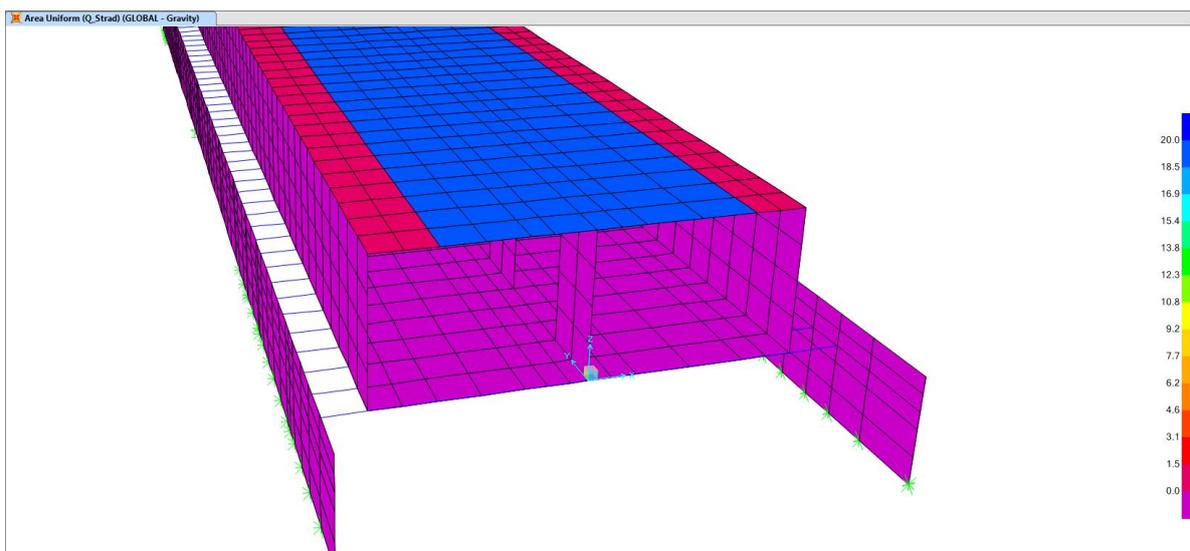


Figura 15 - Carico Stradale

8.3.2 Sovraccarico di servizio interno

Inoltre è stato considerato un carico di esercizio agente sulla soletta di fondazione pari a 1 kN/m².

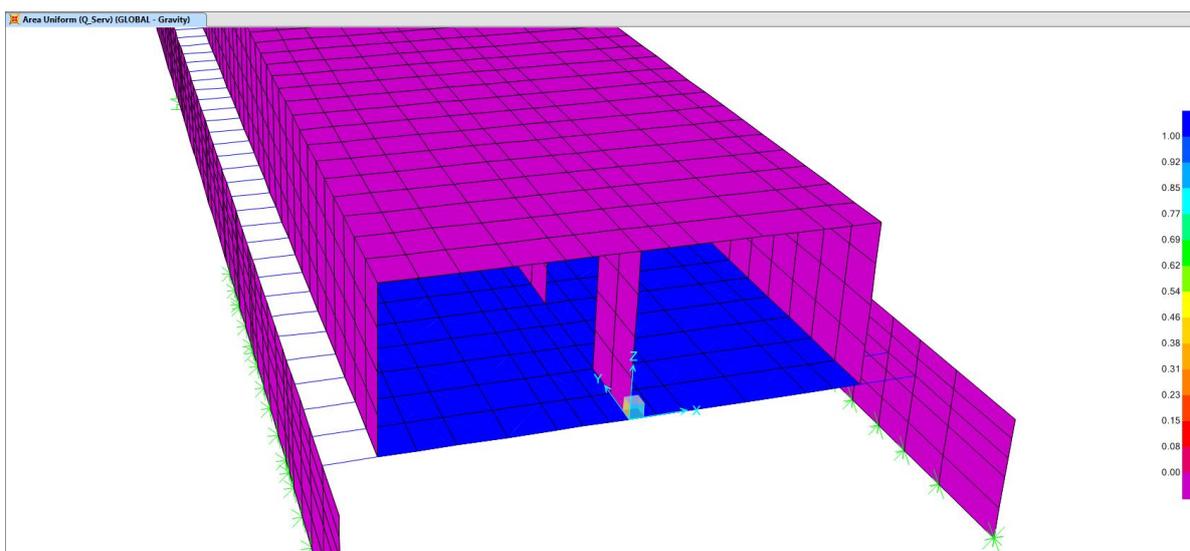


Figura 16 - Sovraccarico di servizio interno

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 36 di 129

8.4 CARICO ECCEZIONALE - ALLAGAMENTO

La condizione di carico eccezionale, in cui avvengono la rottura di una tubazione e il conseguente allagamento dello scatolare sino alla quota di sfioro è modellata attraverso l'applicazione di un carico uniformemente distribuito applicato sul solaio di fondazione:

$$\text{Allagamento acqua} = \gamma_w \cdot h_w = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 2.0\text{m} = 20 \text{ kN/m}^2.$$

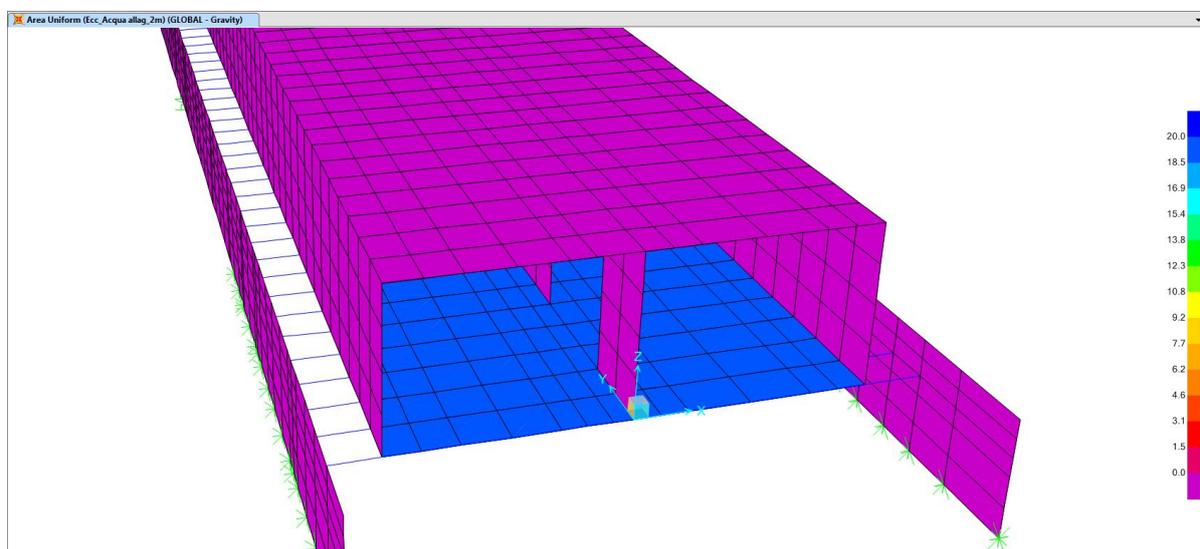


Figura 17 - Carico eccezionale – Allagamento

8.5 AZIONE SISMICA

Nonostante la struttura di sostegno lavori solo in fase temporanea in quanto nel lungo termine il riempimento con magrone dell'intercapedine tra tubi realizzati con pressotrivella e galleria artificiale garantisce il trasferimento dei carichi alla soletta di galleria, è stata verificata anche in combinazione sismica.

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale: } F_h = k_h \cdot W$$

$$\text{Forza sismica verticale: } F_v = k_v \cdot W$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 37 di 129

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

$$S_S = 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g = 1.376 \text{ (Coefficiente di amplificazione stratigrafico);}$$

$$S_T = 1.00 \text{ (Coefficiente di amplificazione topografico).}$$

ne deriva che:

$$a_{max} = 1.376 \cdot 1.00 \cdot 2.142 = 2.947 \text{ m/s}^2$$

$$k_h = a_{max}/g = 0.300 \text{ g (2.947 m/s}^2\text{)}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.150 \text{ g (1.474 m/s}^2\text{)}$$

Ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura di supporto, solo l'accelerazione massima verticale è stata applicata alla struttura moltiplicando il peso proprio strutturale, calcolato in automatico dal software, per k_v .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 38 di 129

9 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Si riportano nel seguito le combinazioni dei carichi utilizzate per il calcolo delle sollecitazioni delle strutture di sostegno ed esistente.

9.1 GENERALITA'

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

I coefficienti di amplificazione dei carichi e i coefficienti di combinazione sono riportati nelle tabelle seguenti. In particolare nel calcolo si è fatto riferimento alla combinazione A1 STR (Approccio 1 – Combinazione 1) per le verifiche strutturali.

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	39 di 129

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

Figura 18 - Coefficienti parziali di sicurezza

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$\mathcal{E}F_1$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}F_2$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	$\mathcal{E}F_3$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}F_4$	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

Figura 19 - Coefficienti di combinazione delle azioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>40 di 129</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	40 di 129								

9.2 COMBINAZIONI DI PROGETTO

Nel seguito sono presentate le combinazioni dei carichi considerate nell'analisi della struttura esistente e della struttura di supporto.

In generale si possono considerare tre differenti condizioni di carico: una condizione di carico standard basata su azioni statiche (SLU e SLE), una condizione di carico connessa all'evento sismico (SLU-sisma) e una condizione di carico eccezionale connessa alla possibilità che avvenga l'allagamento della struttura esistente (ECC).

COMBINAZIONE DI CARICO SLU (A1+M1)					
Carico	Nome	Effetto	γ	ψ_0	C
Peso Proprio Struttura	G1_DEAD	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Peso Proprio tubi ARIN	G2_1_Tubi ARIN	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Peso acqua nei tubi ARIN	G2_2_Acqua tubi	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Sovraccarico Rinterro	G2_3_Sovracc Rinterro	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Carico stradale	Q_Strad	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
Sovraccarico Servizio interno	Q_Serv	Sfavorevole	1.50	0.80	1.20

COMBINAZIONE DI CARICO SLE					
Combinazione SLE-QP (Rara)					
Carico	Nome	Effetto	γ	ψ_0	C
Peso Proprio Struttura	G1_DEAD	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso Proprio tubi ARIN	G2_1_Tubi ARIN	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso acqua nei tubi ARIN	G2_2_Acqua tubi	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico Rinterro	G2_3_Sovracc Rinterro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Carico stradale	Q_Strad	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico Servizio interno	Q_Serv	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80

Combinazione SLE-QP (Quasi Permanente)					
Carico	Nome	Effetto	γ	ψ_2	C
Peso Proprio Struttura	G1_DEAD	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso Proprio tubi ARIN	G2_1_Tubi ARIN	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso acqua nei tubi ARIN	G2_2_Acqua tubi	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico Rinterro	G2_3_Sovracc Rinterro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Carico stradale	Q_Strad	Sfavorevole	1.00	0.00	0.00
Sovraccarico Servizio interno	Q_Serv	Sfavorevole	1.00	0.00	0.00

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>41 di 129</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	41 di 129								

COMBINAZIONE DI CARICO ECC

Carico	Nome	Effetto	γ	ψ_2	C
Peso Proprio Struttura	G1_DEAD	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso Proprio tubi ARIN	G2_1_Tubi ARIN	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso acqua nei tubi ARIN	G2_2_Acqua tubi	Sfavorevole	0.00	0.00	0.00
Sovraccarico Rinterro	G2_3_Sovracc Rinterro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Carico stradale	Q_Strad	Sfavorevole	0.20	0.00	0.00
Sovraccarico Servizio interno	Q_Serv	Sfavorevole	1.00	0.00	0.00
Allagamento acqua h=2m	E1_Acqua allag_2m	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

COMBINAZIONE DI CARICO SISMICA

Carico	Nome	Effetto	γ	ψ_2	C
Peso Proprio Struttura	G1_DEAD	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso Proprio tubi ARIN	G2_1_Tubi ARIN	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso acqua nei tubi ARIN	G2_2_Acqua tubi	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sovraccarico Rinterro	G2_3_Sovracc Rinterro	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Carico stradale	Q_Strad	Sfavorevole	0.20	0.00	0.00
Sovraccarico Servizio interno	Q_Serv	Sfavorevole	1.00	0.00	0.00
Sisma vertic	SismaV	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

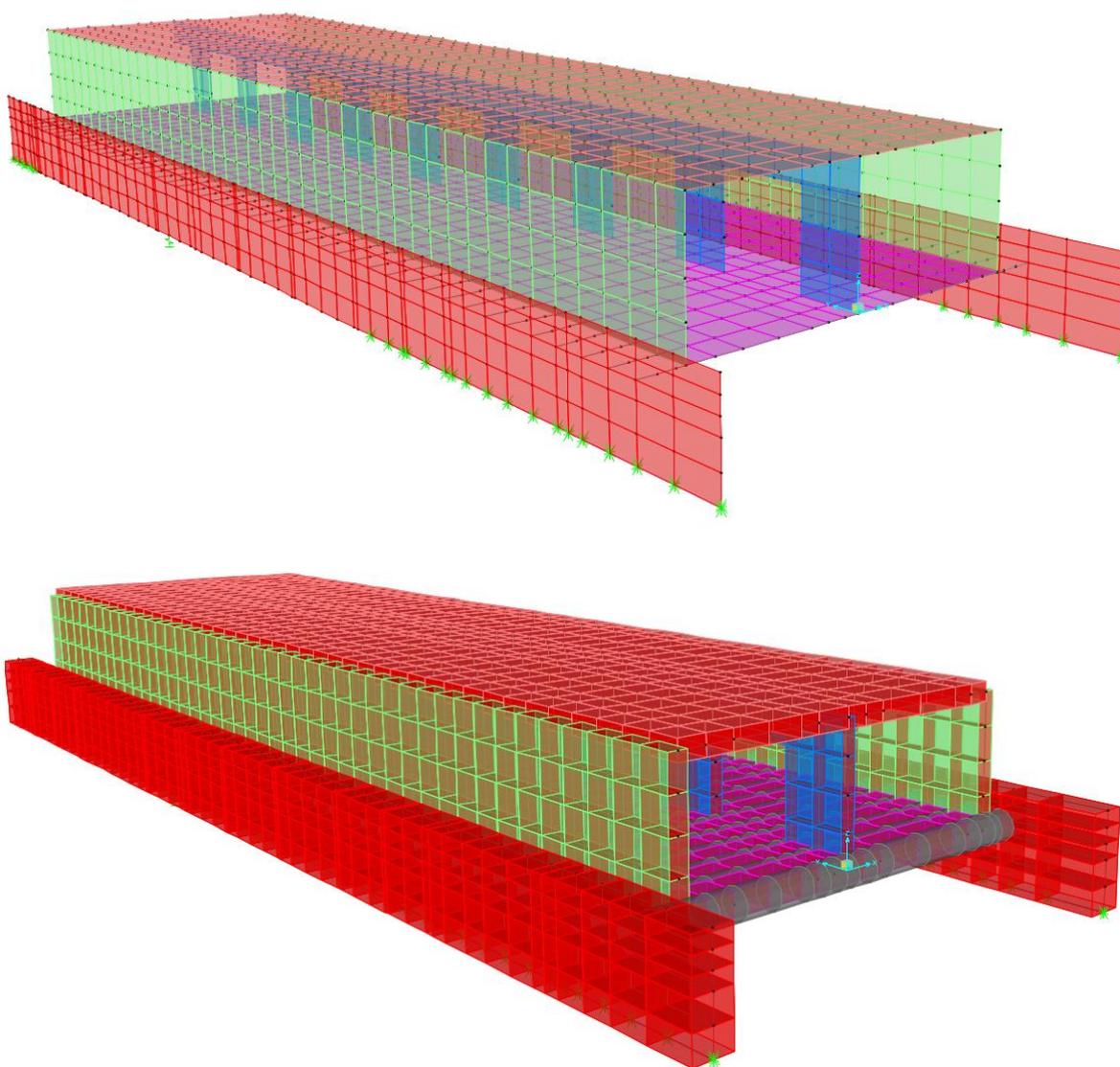
Figura 20 - Combinazioni di progetto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 42 di 129

10 MODELLO DI CALCOLO

L'analisi delle strutture di sostegno ed esistente è stata condotta attraverso una modellazione agli elementi finiti utilizzando il software SAP2000.

Considerata la presenza di vincoli "molle" reagenti solo a compressione, le analisi sono state eseguite in modalità statica non lineare.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 43 di 129

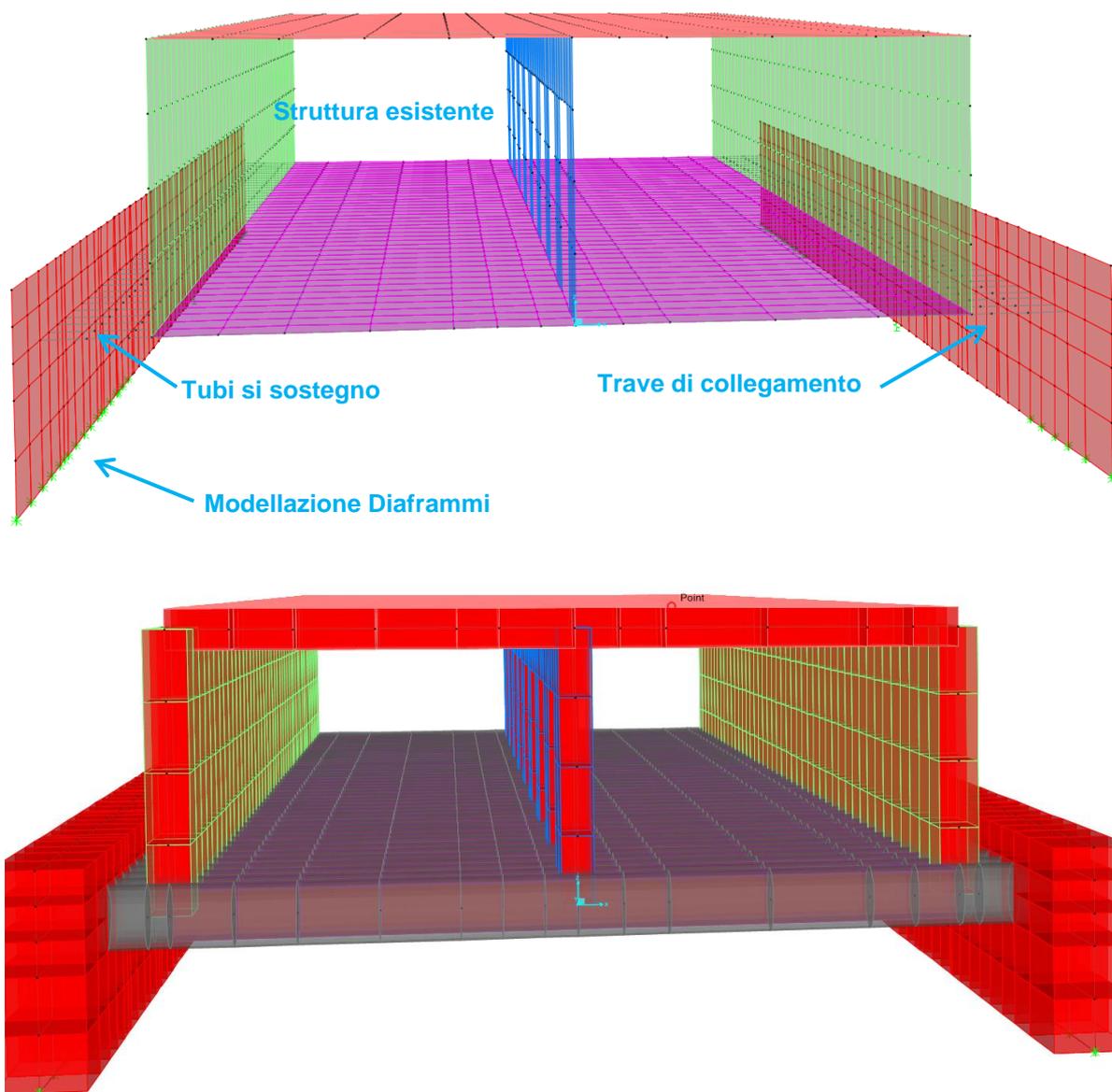


Figura 21 - Modello 3D

A favore di sicurezza, nel modello non viene inserita la travatura metallica in quanto si considera autoportante.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 44 di 129

10.1 MODELLAZIONE STRUTTURA ESISTENTE

La struttura scatolare esistente è stata modellata attraverso elementi shell la cui geometria è stata definita sulla base delle dimensioni reali del manufatto. E' stato assegnato un modulo elastico E_{cm} pari a 32308 MPa e un coefficiente di Poisson ν pari a 0.2.

I tubi ARIN non sono stati modellati nel modello 3D ma sono stati analizzati e verificati in modo separato tramite lo sviluppo di modelli FEM "ad hoc", considerando le deformazioni longitudinali ottenute nel modello 3D lungo gli allineamenti dove sono installati i tubi stessi. Il peso proprio dei tubi e il peso dell'acqua trasportata al loro interno sono stati considerati nell'analisi globale, applicandoli direttamente sulla fondazione dello scatolare come carichi uniformemente distribuiti (vedi Figura 10 e Figura 11).

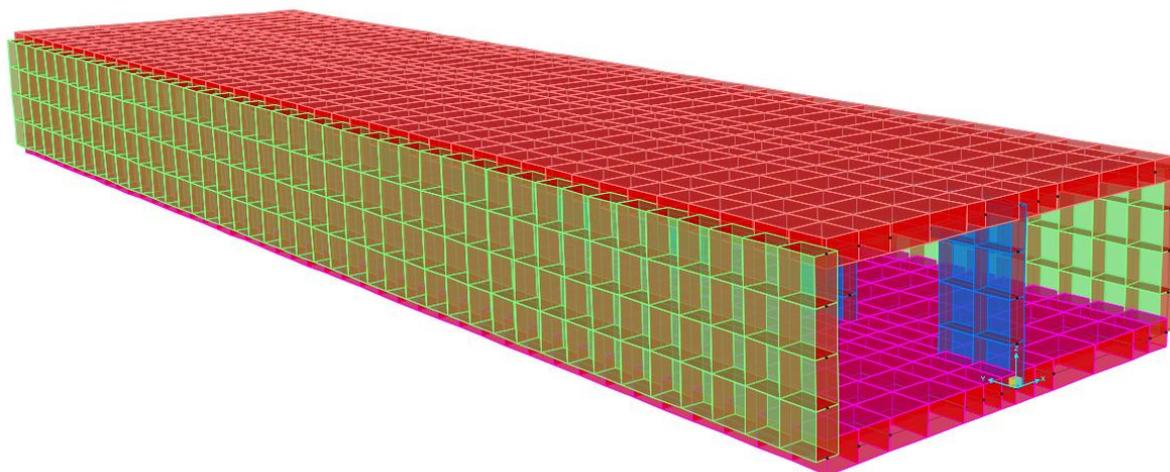


Figura 22 - Modello 3D struttura esistente (scatolare in c.a.)

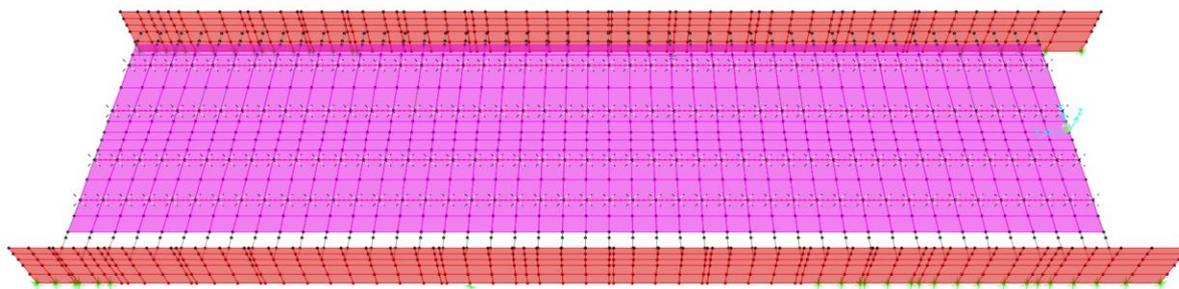


Figura 23 – Indicazione dei nodi posti lungo gli allineamenti dei tubi ARIN

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 45 di 129

10.2 MODELLAZIONE STRUTTURA DI SOSTEGNO

La struttura di sostegno è stata modellata attraverso elementi beam e shell.

In particolare, i tubi in calcestruzzo sono stati modellati con elementi beam, con sezione circolare di diametro pari a 0.80 m, posti a passo 0.876 m. Per tener conto della presenza del profilato metallico all'interno del tubo, la rigidezza e il peso dell'elemento sono stati opportunamente incrementati, omogeneizzando il tutto in termini di calcestruzzo.

Le travi di collegamento dei tubi, alte 2.50 m, sono state modellate con elementi a piastra, dello spessore di 1.00 m.

La connessione tra i tubi e la trave di collegamento è modellata come incastro.

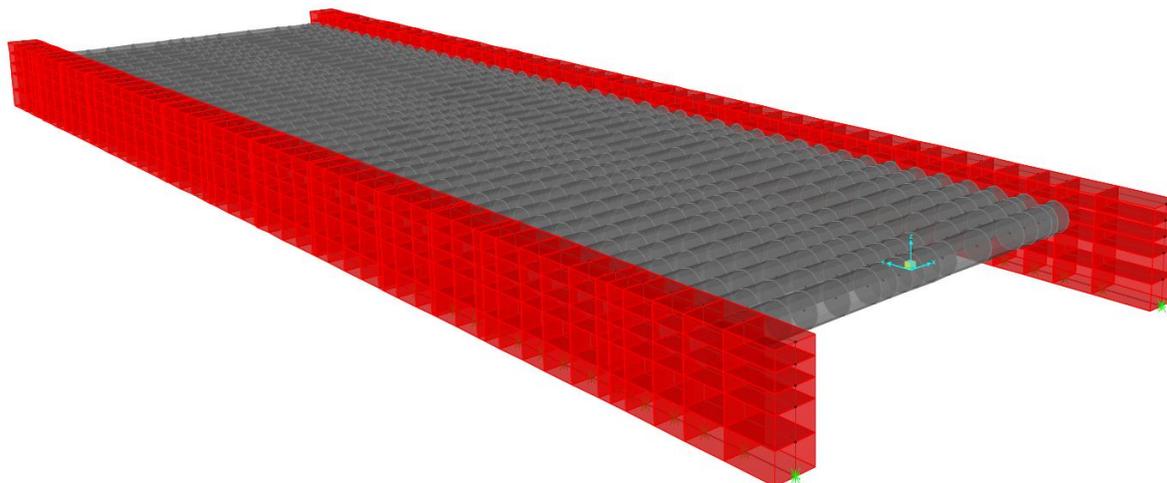


Figura 24 - Modello 3D struttura di sostegno (tubi di sostegno e travi di collegamento)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 46 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

10.3 COMPORTAMENTO DEFORMATIVO GLOBALE

10.3.1 Criterio di analisi

Sulla base di considerazioni legate alla rigidità relativa tra la soletta di fondazione dello scatolare ed i tubi di sostegno è stato assunto che le due strutture possono essere modellate considerando un trasferimento dei carichi continuo.

Considerando che i carichi relativi alle condotte agiscono all'interno dello scatolare la rigidità flessionale che entra in gioco per le deformazioni in senso trasversale è quella della soletta inferiore. Questa, risultando inferiore alla rigidità dei tubi consente di ipotizzare una maggiore deformazione del solaio rispetto ai tubi: in sostanza si ipotizza che lo stesso solaio deformandosi si "appoggi" sulla struttura di sostegno.

Per avere una conferma di questo comportamento è stato sviluppato un modello specifico (B), in cui le due strutture sono state considerate fisicamente staccate: il carico viene trasmesso dallo scatolare esistente ai tubi realizzati con pressotrivelle in corrispondenza dei punti di estremità come se effettivamente la rigidità dello scatolare impedisse di seguire la deformata dei tubi.

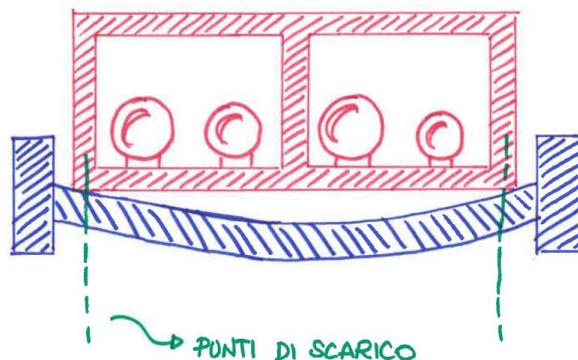


Figura 25 - Schema esemplificativo delle ipotesi di calcolo assunte per il modello B

10.3.2 Analisi Modello B

Il modello 3D di confronto (B) è stato sviluppato modificando, rispetto al modello 3D di riferimento, il sistema di trasferimento tra la struttura esistente (scatolare + tubi ARINR) e la struttura di sostegno (tubi di sostegno sostenuti dalle travi di collegamento).

L'obiettivo del confronto è stato verificare che la deformabilità della soletta di fondazione, nella zona di campata dove agiscono i carichi dei tubi ARIN, risulta maggiore rispetto alla

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 47 di 129

deformabilità dei tubi stessi. In queste condizioni si può assumere che le due strutture saranno “a contatto”. Il trasferimento puntuale dei carichi tra le due strutture è stato modellato attraverso due elementi rigidi collocati sotto le pareti laterali dello scatolare esistente.

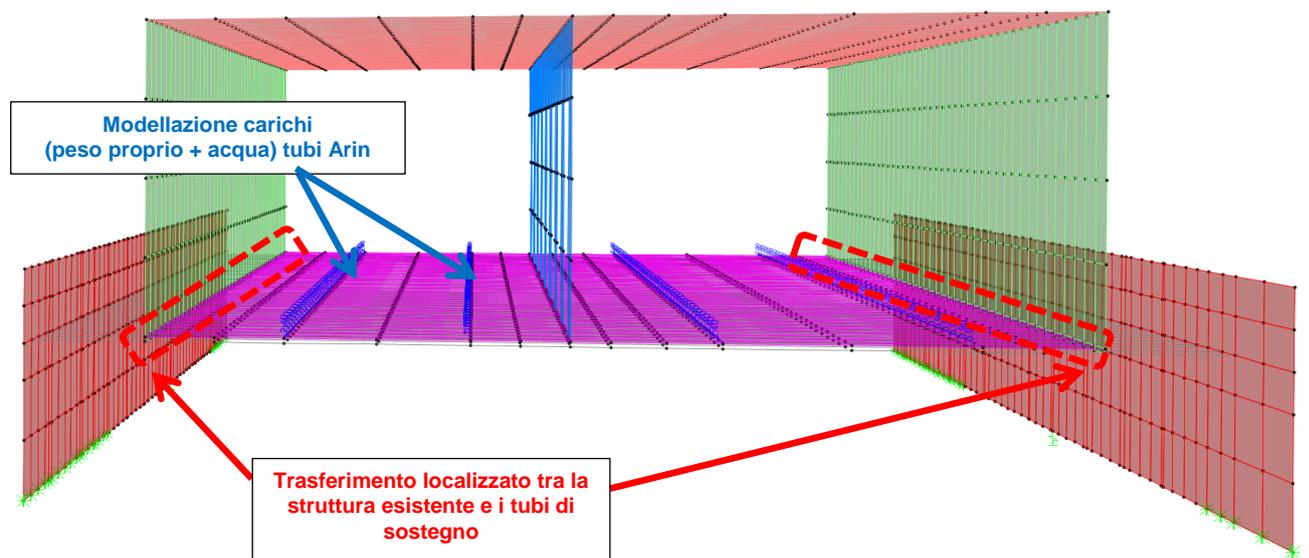


Figura 26 - Modello 3D (B)

Comparando la deformata della soletta di fondazione con la deformata dei tubi di sostegno si osserva che, a causa della sua minor rigidezza, la soletta subisce degli spostamenti verticali maggiori rispetto a quelli dei tubi andando in realtà quindi a contatto con i tubi.

Questo risultato conferma la correttezza delle assunzioni relative al modello di riferimento in cui è ipotizzata la trasmissione continua dei carichi tra soletta e tubi.

Sezione di controllo A – Nodo di mezzeria dei tubi di sostegno: $u_z=7.66\text{mm}$

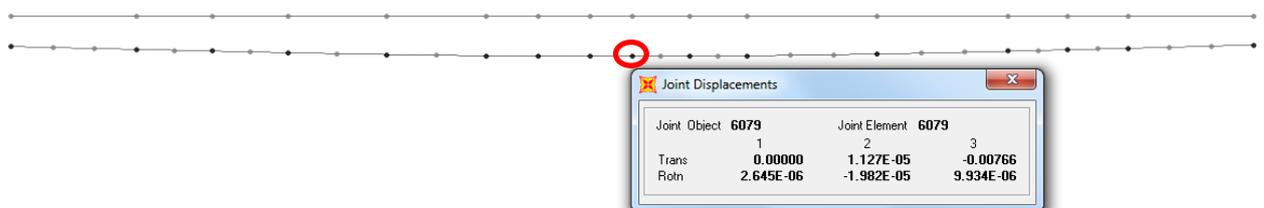


Figura 27 - Risultati modello SAP (B) - deformati tubi di sostegno

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 48 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

Sezione di controllo A – Nodo di mezzeria dei tubi di sostegno: $uz=7.72\text{mm}$

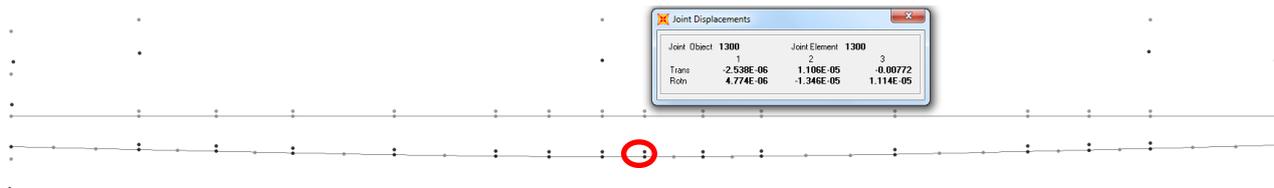


Figura 28 - Risultati modello SAP (B) - deformato soletta di fondazione scatolare

A parità di sezione di controllo e nodo esaminato, lo spostamento verticale della soletta risulta maggiore rispetto a quello dei tubi di sostegno ($7.72 > 7.66\text{ mm}$).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 49 di 129

10.4 SCHEMA DI VINCOLO

10.4.1 Modellazione in SAP2000

L'intero sistema composto dalla struttura esistente e dalla struttura di sostegno orizzontale (tubi di sostegno e travi di collegamento) poggia sui diaframmi laterali e centrali. Quelli laterali sono realizzati appositamente con questa funzione e sono posti in adiacenza al fascio tubiero mentre quelli centrali sono allineati al piedritto centrale di galleria e non contribuiscono a sorreggere la struttura di copertura garantendo dunque una totale indipendenza della struttura di sostegno dalla struttura di galleria.

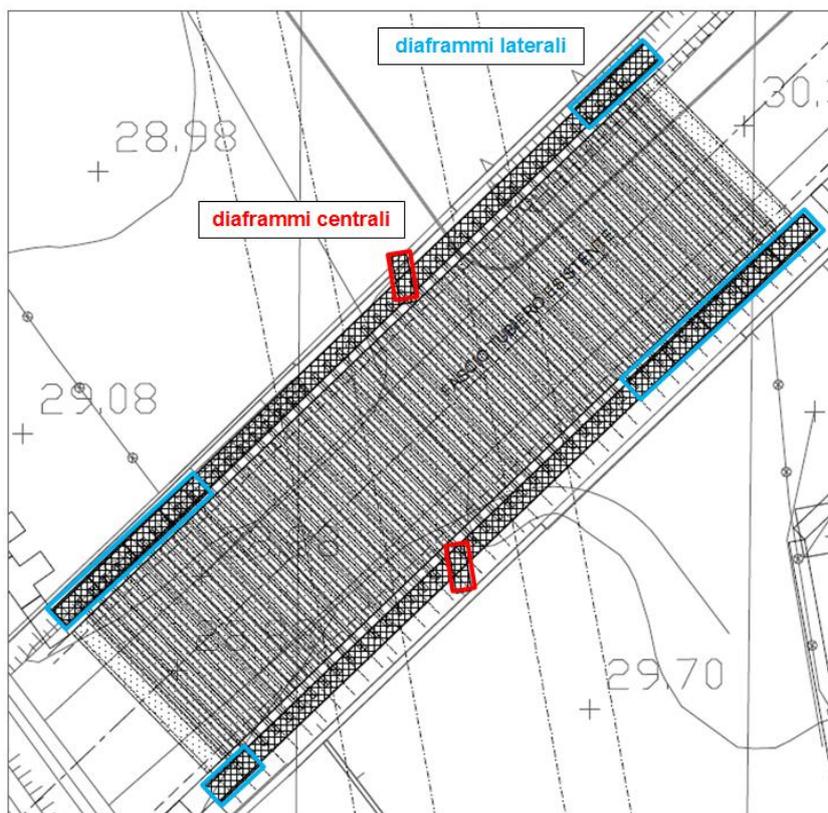
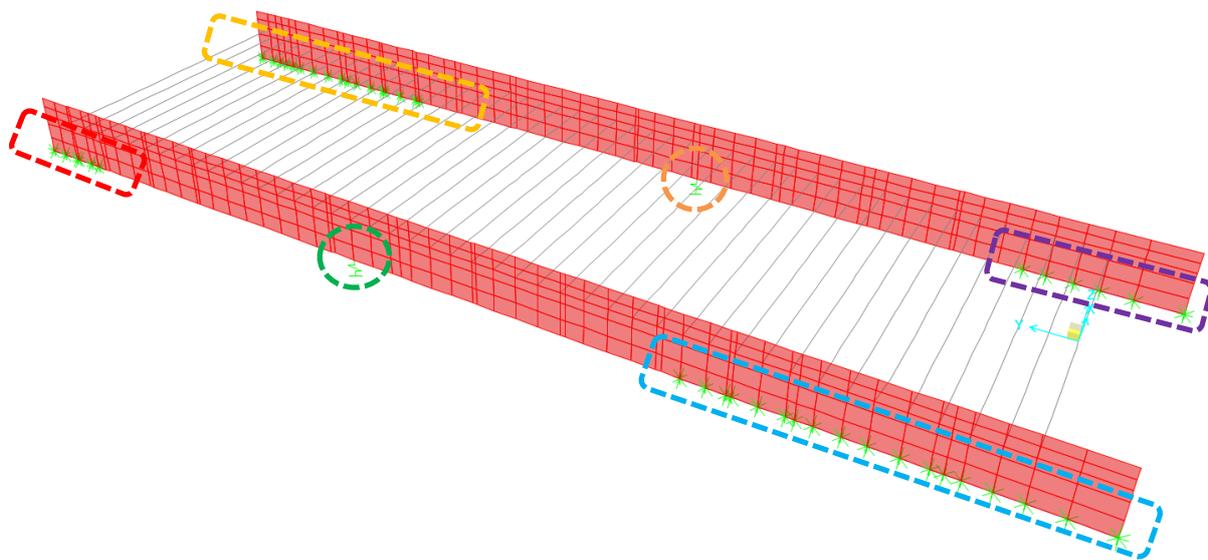


Figura 29 - Planimetria con indicazione dei diaframmi che fungono da sostegno

In corrispondenza dei diaframmi laterali, le due travi di collegamento sono vincolate alla rotazione e allo spostamento. Nel modello FEM, tale condizione di vincolo è stata imposta assegnando degli specifici "constraints" ai nodi interessati, che impediscano la rotazione, e applicando un sistema di molle lineari.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 50 di 129
		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					

In corrispondenza dei diaframmi centrali, invece, le due travi di collegamento sono vincolate solo allo spostamento verticale, essendo la condizione di vincolo quasi puntuale. Nel modello FEM, tale condizione è stata imposta assegnando delle molle puntuali ai nodi interessati.



	Diaframmi laterali A – s=1.20m L=12.5 m
	Diaframmi laterali B – s=1.20m L=5.0 m
	Diaframmi centrali C– s=0.80m L=2.5 m
	Diaframmi centrali D– s=0.80m L=2.5 m
	Diaframmi laterali E – s=1.20m L=2.9 m
	Diaframmi laterali F – s=1.20m L=10.0 m

Figura 30 - Definizione dei vincoli

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 51 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

10.4.2 Analisi rigidità molle verticali

La rigidità delle molle verticali è stata valutata utilizzando delle curve carico-cedimenti appositamente valutate per il caso in esame.

In particolare sono state definite due curve riguardanti le due tipologie di diaframmi:

- Diaframmi centrali: $s=0.80\text{m}$; $h=32.0\text{m}$;
- Diaframmi laterali: $s=1.20\text{m}$; $h=20.0\text{m}$.

Sulla base della conoscenza degli scarichi che agiscono sui diversi diaframmi, ottenuti dall'analisi FEM, è stato possibile individuare il valore rappresentativo della rigidità delle molle da inserire nel modello numerico stesso.

Nelle due figure seguenti sono individuate le zone di carico rappresentative per le due tipologie di diaframma. Le rigidità di progetto sono state individuate considerando i valori medi degli scarichi ottenuti dal modello FEM.

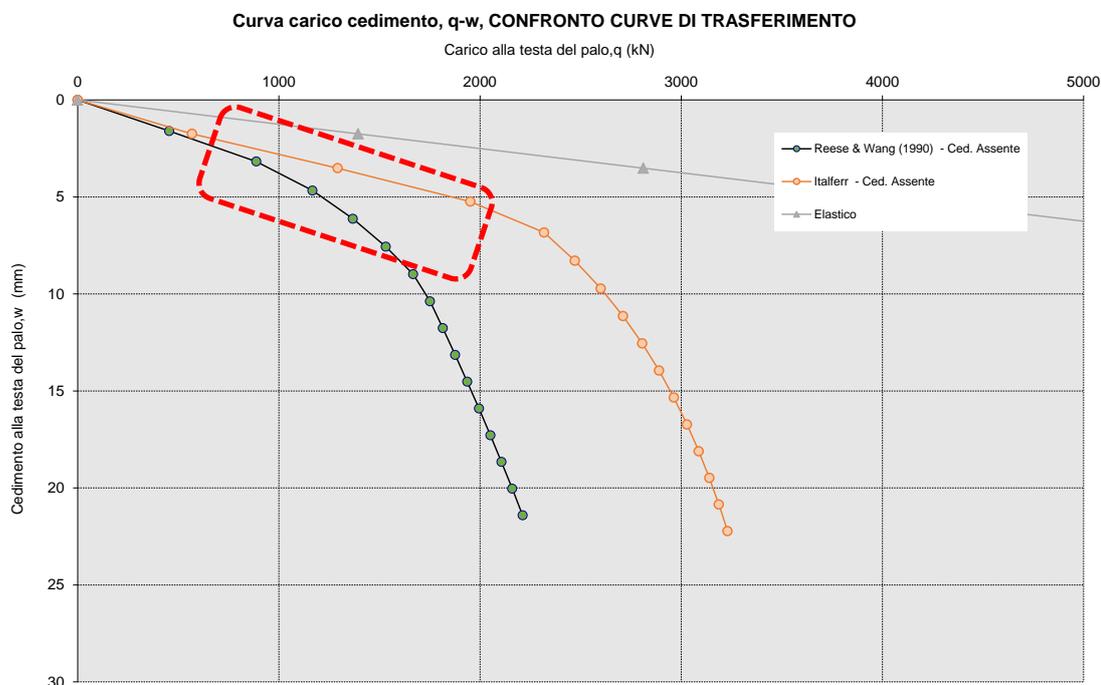


Figura 31 - Curve Carico-Cedimento – Diaframmi Centrali

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 52 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

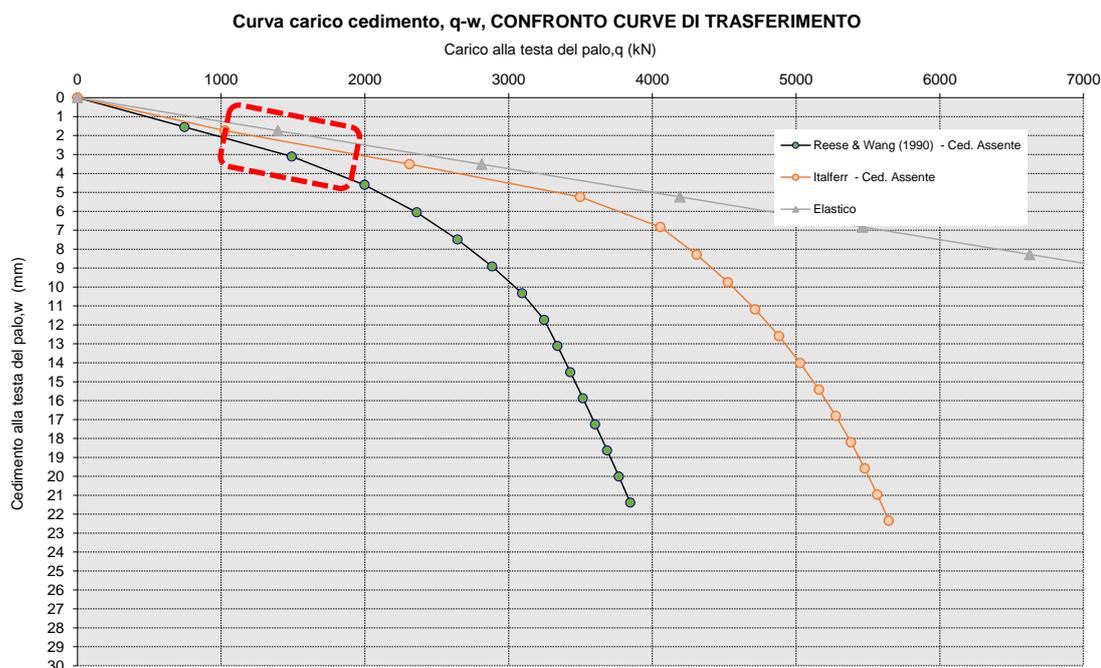


Figura 32 - Curve Carico-Cedimento – Diaframmi Laterali

Nel dettaglio le rigidezze assunte per il calcolo sono le seguenti:

- molle lineari in corrispondenza dei diaframmi laterali:
 $sp = 1.20 \text{ m}$ $k = 495000 \text{ kN/m/m}$
- molle puntuali in corrispondenza dei diaframmi centrali ($L=2.50\text{m}$):
 $sp = 0.80 \text{ m}$ $k = 274000 \text{ kN/m/m} \cdot 2.50 \text{ m} = 685000 \text{ kN/m}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 53 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

11 VERIFICA STRUTTURA DI SUPPORTO

11.1 TUBI DI SOSTEGNO

Al fine di valutare il comportamento deformativo dell'opera sono state identificate delle sezioni di controllo utili alla definizione della distorsione longitudinale lungo il manufatto.

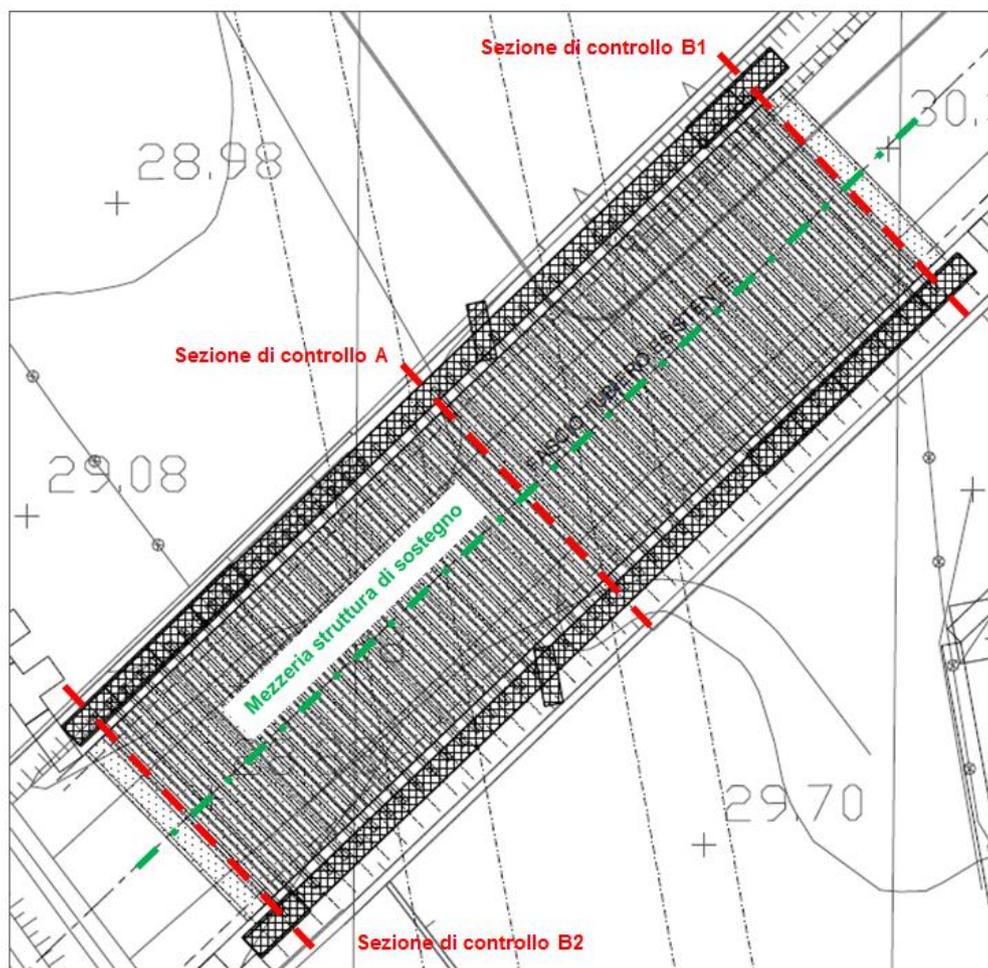


Figura 33 - Sezioni di controllo nello schema planimetrico

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 54 di 129

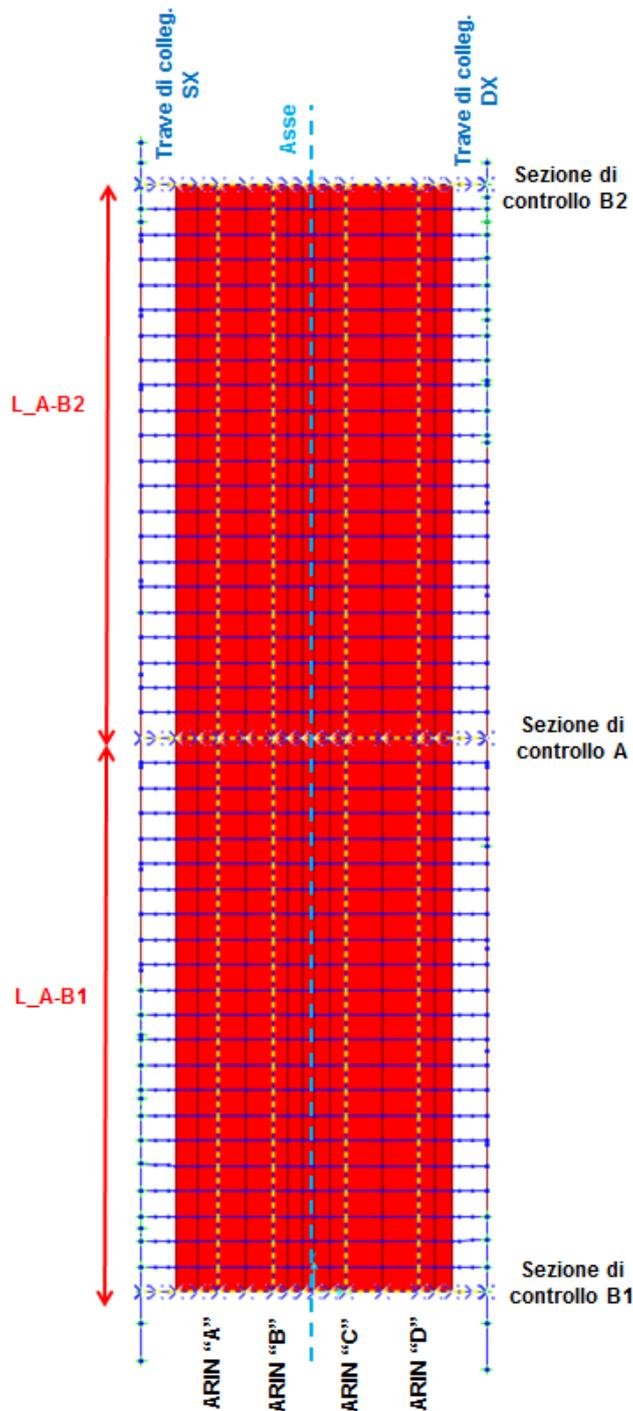


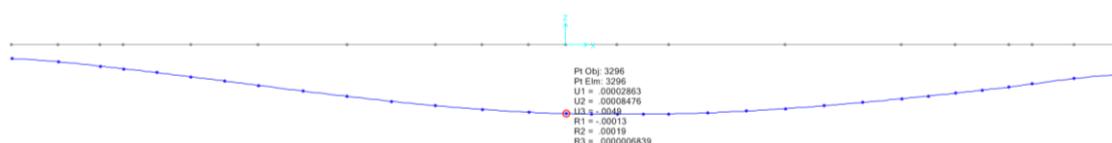
Figura 34 - Sezioni di controllo nel modello SAP

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 55 di 129

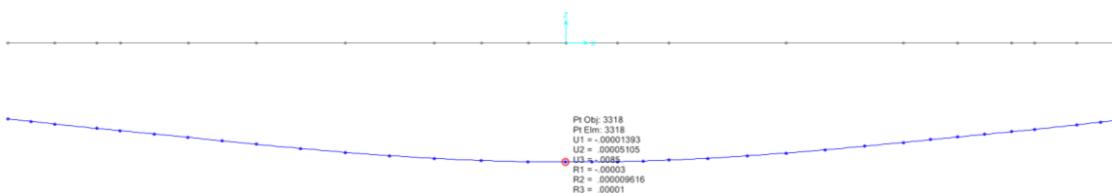
11.1.1 Verifiche SLE - Analisi Deformazioni

Si considera l'allineamento lungo la mezzeria dei tubi di sostegno.

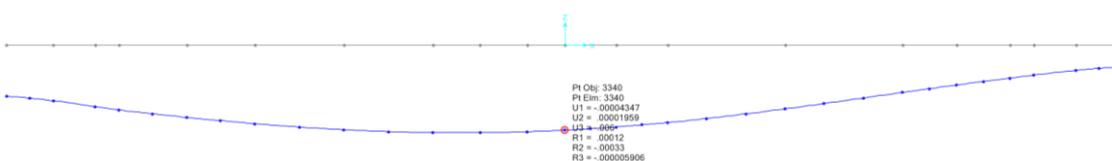
- Sezione di controllo B1: $uz=4.9\text{mm}$



- Sezione di controllo A: $uz=8.5\text{mm}$



- Sezione di controllo B2: $uz=6.0\text{mm}$



La freccia massima risulta pari a:

$$\Delta_{\text{Spos}} = 8.5\text{mm} - 4.9\text{ mm} = 3.6\text{mm}$$

Il rapporto tra la lunghezza L e la freccia Δ_{Spos} risulta pari a:

$$L/\Delta_{\text{Spos}} = 38544\text{ mm} / 3.6\text{ mm} \approx 10700$$

Questo valore risulta compatibile con i limiti indicati in sede di PD: una freccia massima di $L/700$ ovvero circa 55 mm.

La distorsione massima risulta pari a:

$$L_{A-B1}/\Delta_{\text{Spos}} = 19272\text{ mm} / 3.6\text{ mm} \approx 5350$$

Confrontando i valori dedotti dai riferimenti di letteratura con quelli ricavati dal modello di calcolo ($\approx 1/5350$), si può affermare che i limiti siano ampiamente soddisfatti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 56 di 129

11.1.2 Verifiche SLU

11.1.2.1 Generale

I risultati dell'analisi FEM hanno evidenziato che la condizione di carico dimensionante in termini di verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) è la condizione "Standard" e non quelle "Eccezionale" e "Sismica".

Nel seguito, con riferimento alla sezione di controllo "A", sono presentate delle comparazioni di risultati tra le diverse combinazioni dalle quali si evidenzia tale differenza.

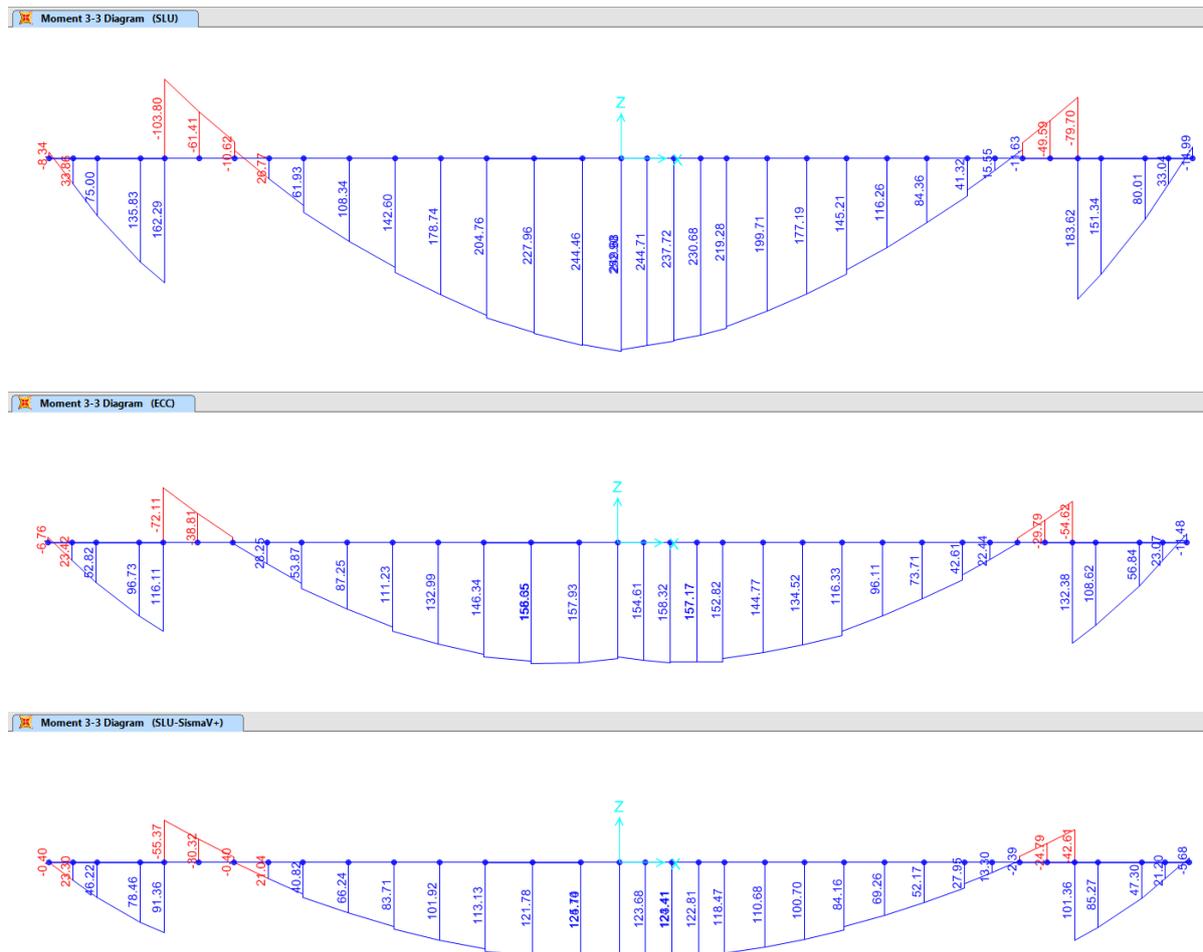
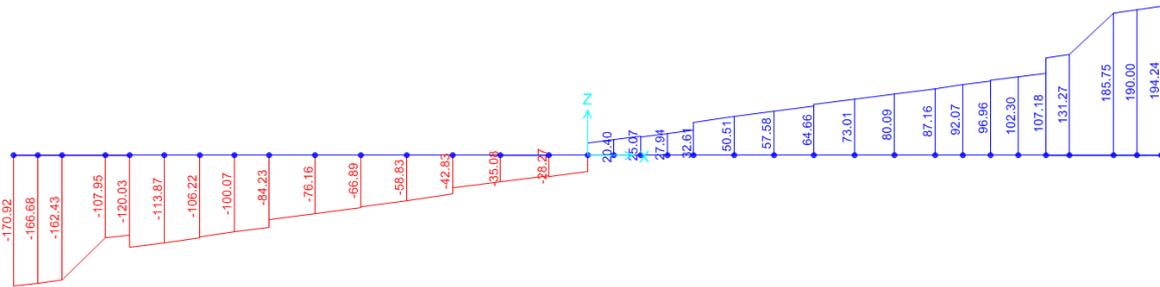


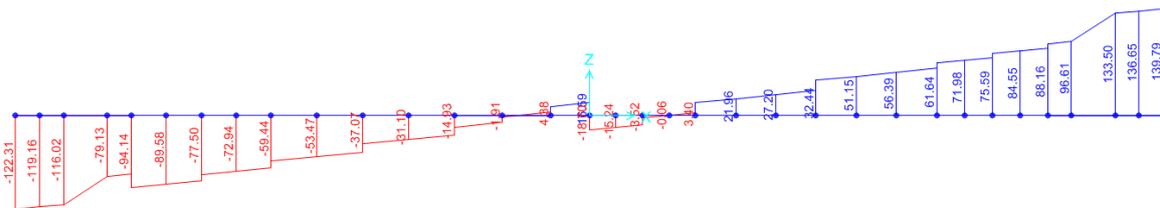
Figura 35 - Tubi di sostegno – Comparazione Momento flettente: SLU/ECC/SLUsisma

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 57 di 129

Shear Force 2-2 Diagram (SLU)



Shear Force 2-2 Diagram (ECC)



Shear Force 2-2 Diagram (SLU-SismaV+)

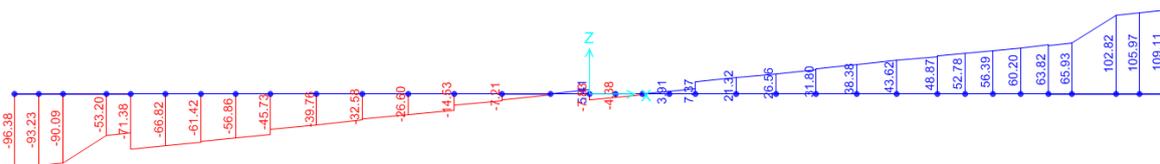


Figura 36 - Tubi di sostegno – Comparazione Taglio: SLU/ECC/SLUsisma

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 58 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

11.1.2.2 Analisi delle sollecitazioni

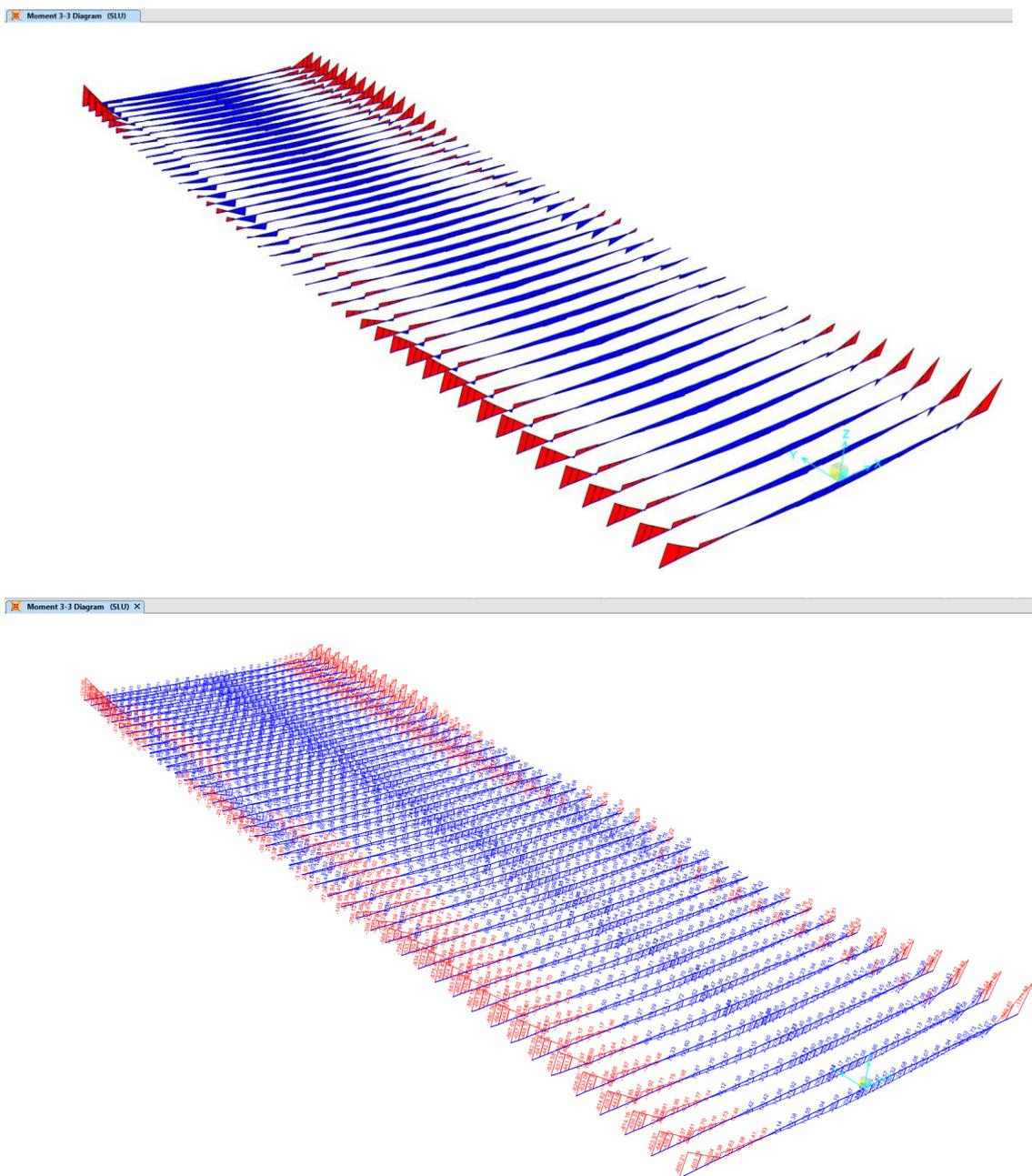


Figura 37 - Tubi di sostegno – Momento flettente SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 59 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

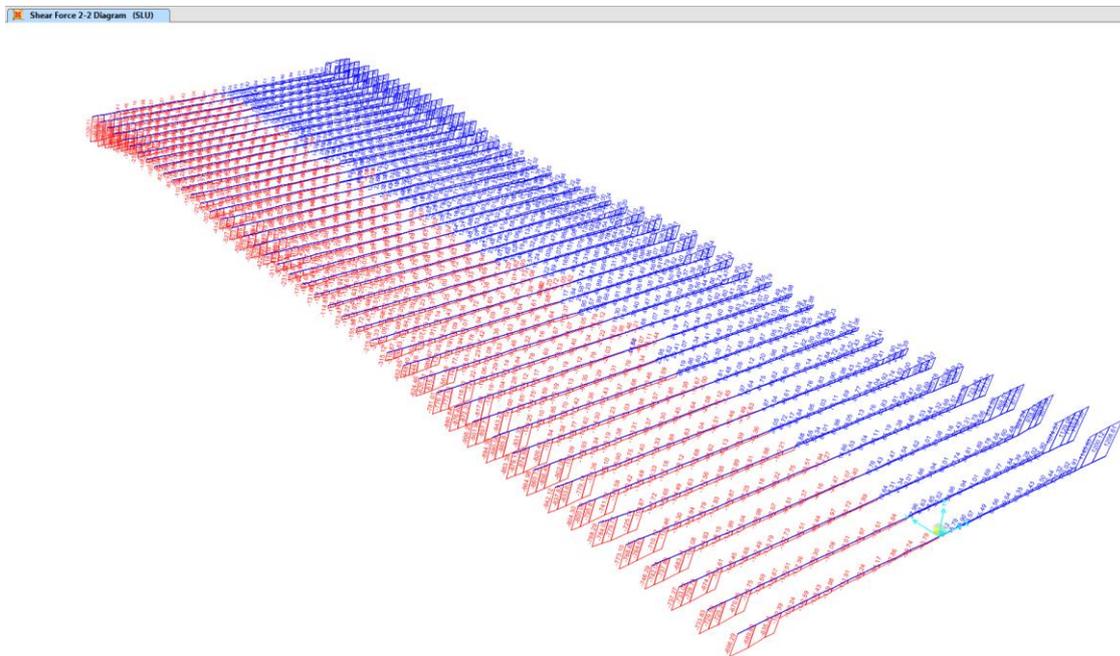
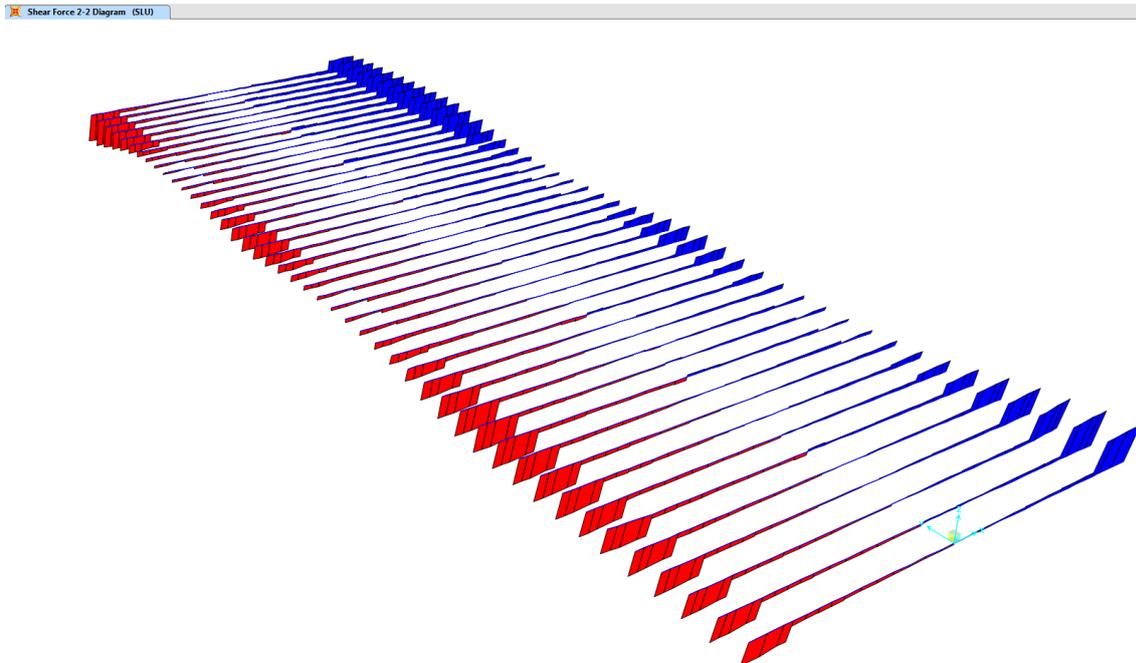
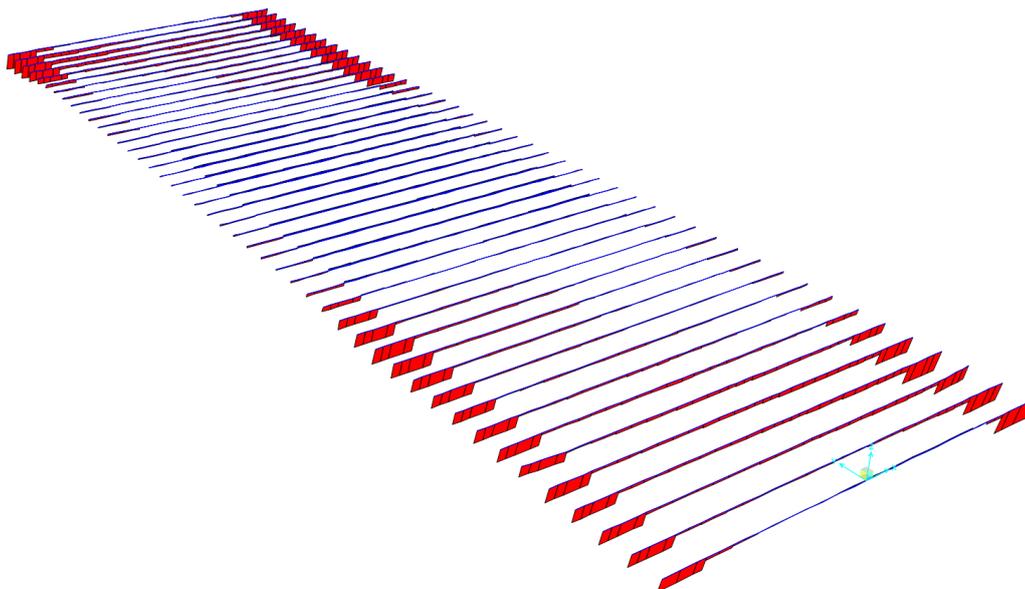


Figura 38 - Tubi di sostegno – Taglio SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 60 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

Axial Force Diagram (SLU)



Axial Force Diagram (SLU)

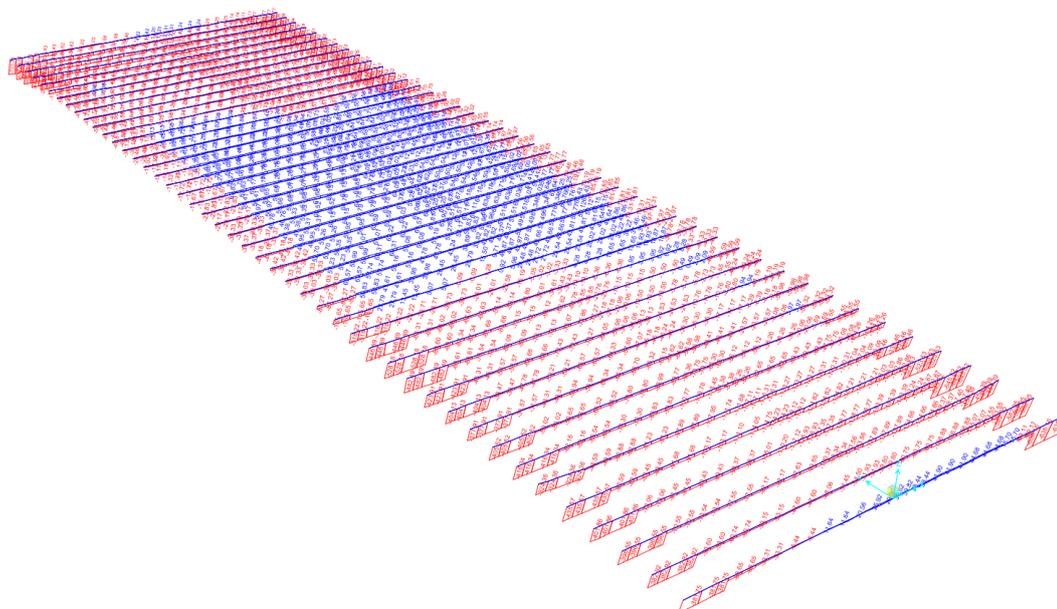


Figura 39 - Tubi di sostegno – Sforzo Normale SLU

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>62 di 129</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	62 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	62 di 129								

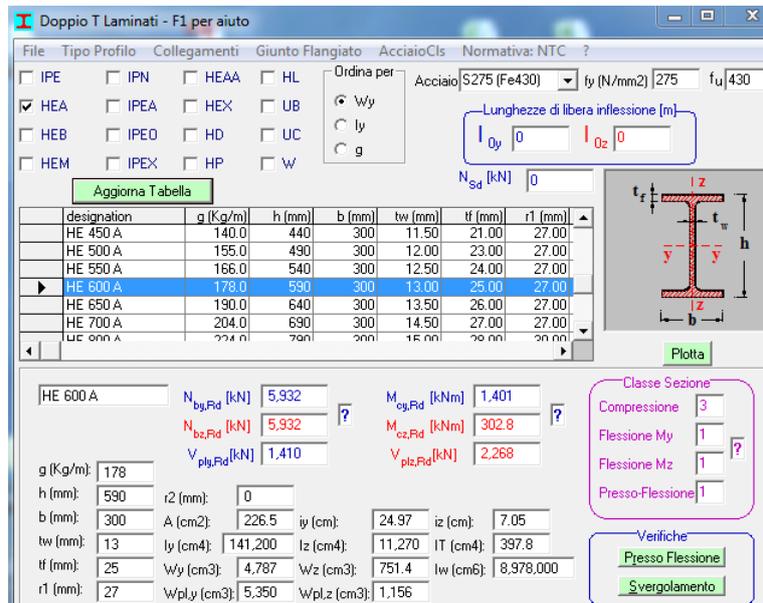


Figura 41 – Caratteristiche geometriche e di resistenza del profilato HEA600 A – S275

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$N_{ed} = 636 \text{ kN} < N_{rd} (5932 \text{ kN})$$

$$V_{ed} = 1210 \text{ kN} < V_{rd} (1410 \text{ kN})$$

$$M_{ed} = 569 \text{ kNm} < M_{rd} (1401 \text{ kNm})$$

Nei riguardi della sollecitazione di flessione il profilato risulta di classe 1 e quindi può essere considerato il modulo di resistenza plastica W_{pl} nella valutazione del momento resistente. Tuttavia, considerando che il taglio di calcolo V_{ed} è superiore a metà della resistenza di calcolo a taglio V_{rd} bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione. La resistenza a flessione ridotta risulta pari a $M_{rd} = 1253 \text{ kNm}$.

La verifica del profilato metallico risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 63 di 129

11.2 TRAVE DI COLLEGAMENTO

11.2.1 Verifiche SLE - Analisi Deformazioni

Nelle figure seguenti si riportano i risultati in termini di spostamenti verticali.

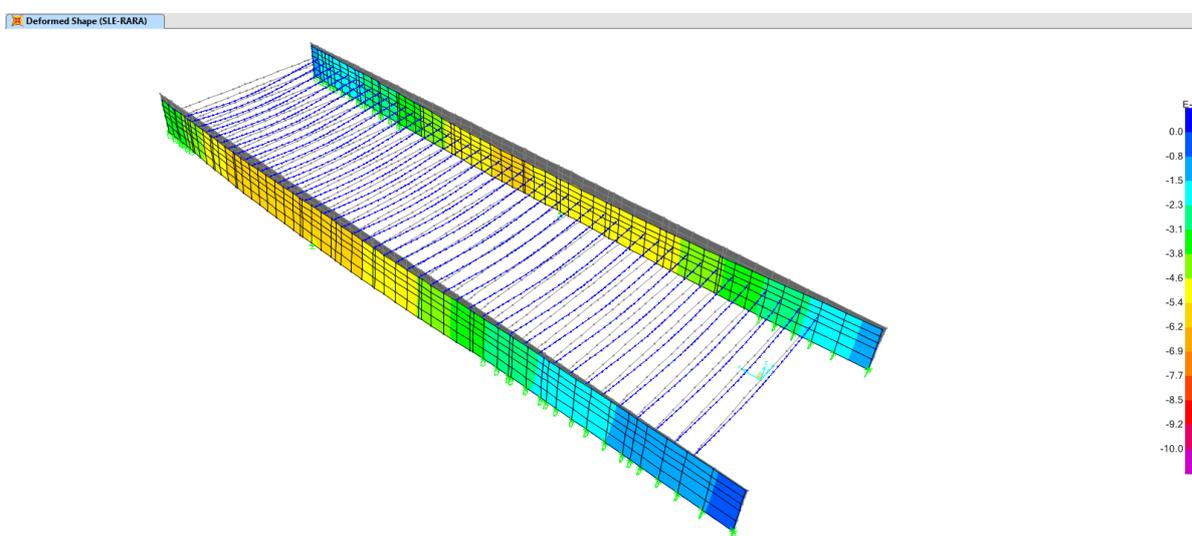


Figura 42 - Spostamenti verticali

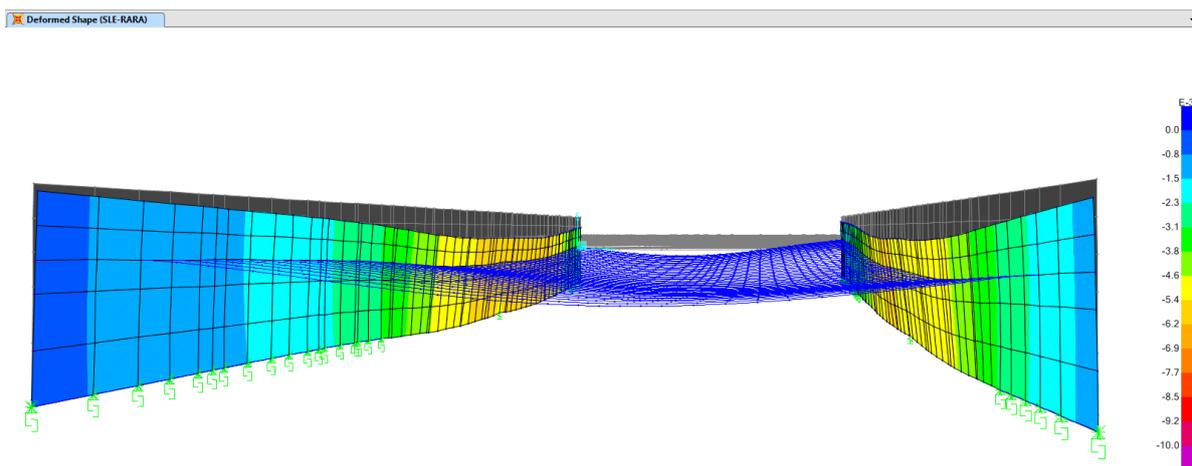


Figura 43 - Spostamenti verticali con deformati tubi di sostegno

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		REV. C

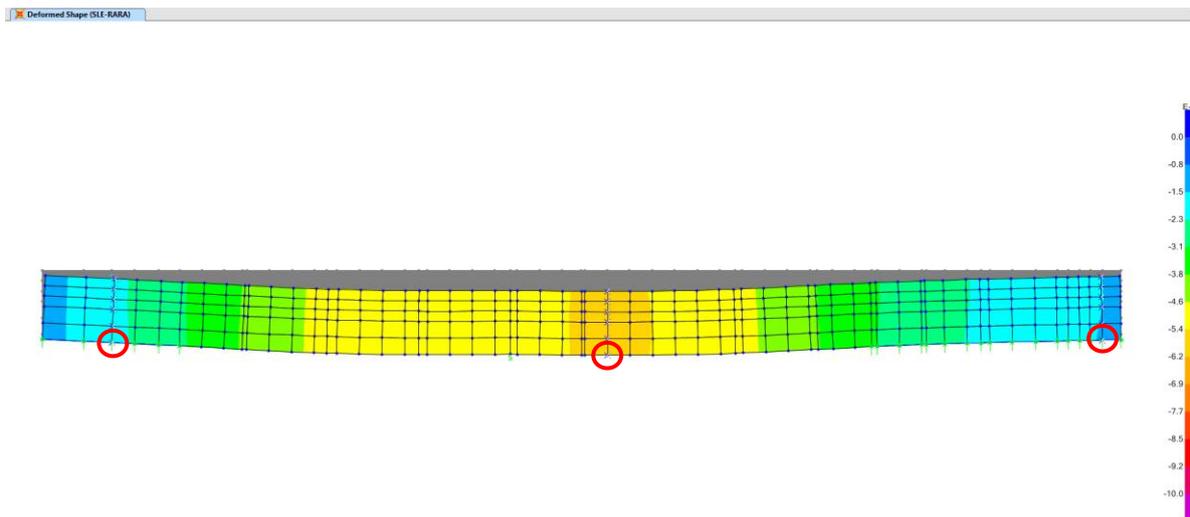


Figura 44 - Spostamenti verticali trave di collegamento DX

La freccia massima risulta pari a:

$$\Delta_{\text{spos}} = 5.4\text{mm} - 1.5\text{ mm} = 3.9\text{mm}$$

Il rapporto tra la lunghezza L e la freccia Δ_{spos} risulta pari a:

$$L/\Delta_{\text{spos}} = 38544\text{ mm} / 3.9\text{ mm} \approx 9880$$

Questo valore risulta compatibile con i limiti indicati in sede di PD: una freccia massima di L/700 ovvero circa 55 mm.

La distorsione massima risulta pari a:

$$L_{A-B2}/\Delta_{\text{spos}} = 19272\text{ mm} / 3.9\text{ mm} \approx 4941$$

Confrontando i valori dedotti dai riferimenti di letteratura con quelli ricavati dal modello di calcolo, si può affermare che i limiti siano ampiamente soddisfatti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 65 di 129

11.2.2 Verifiche SLE - Tensioni limite e Fessurazione

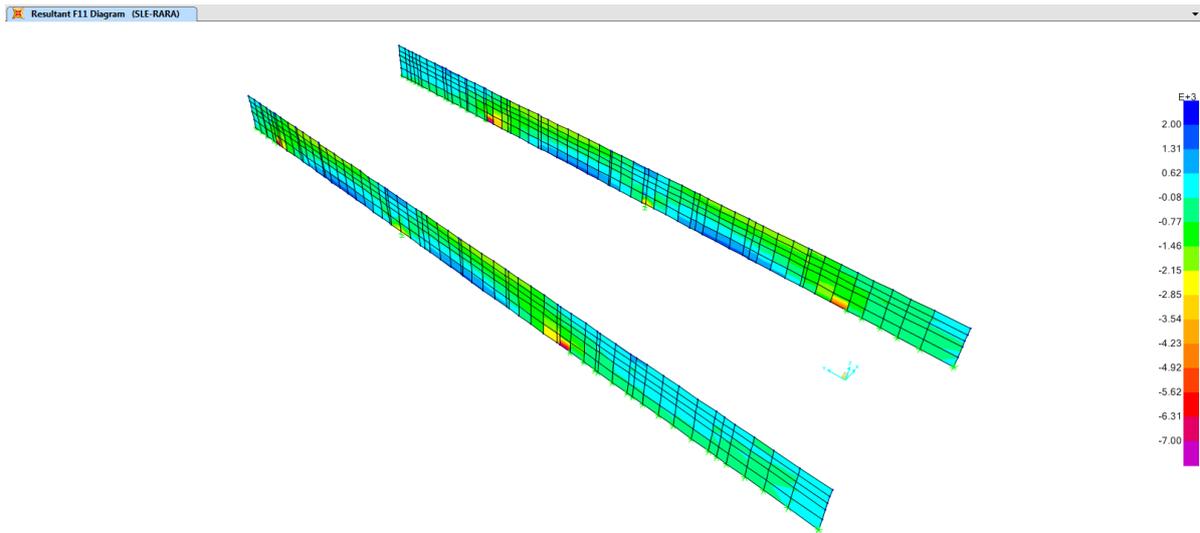


Figura 45 – SLE-Rara - F11

11.2.2.1 Verifica sezione di campata (momento flettente positivo)

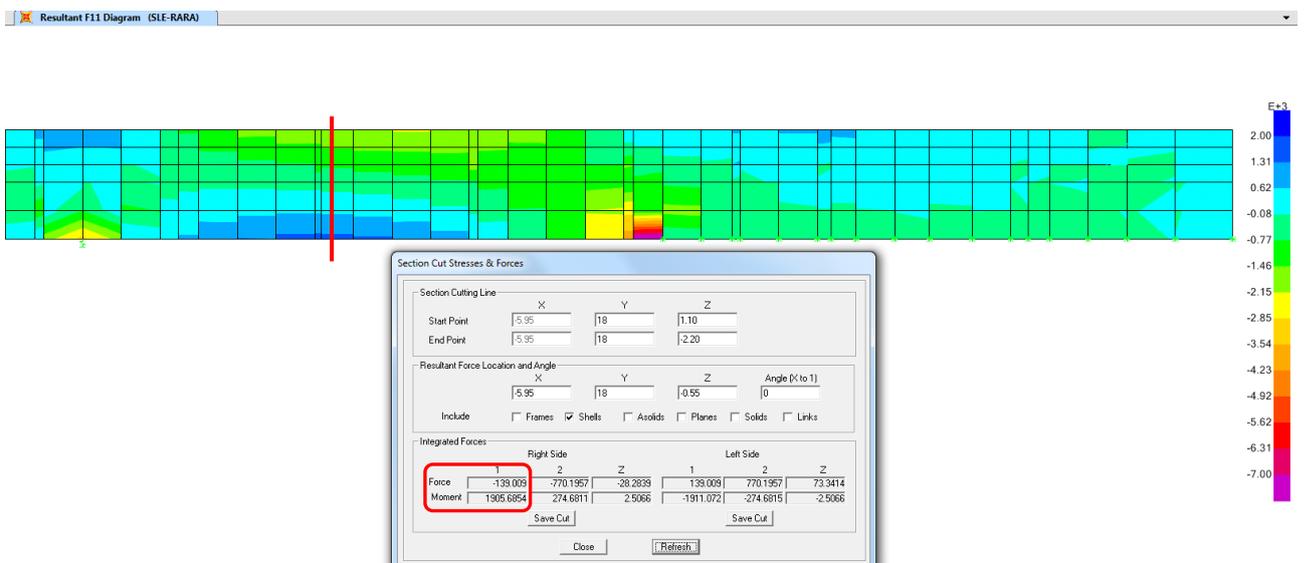


Figura 46 - SLE-Rara - F11 – Sezione di verifica n°1

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>66 di 129</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	66 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	66 di 129								

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$N_{ed} = +139$ kN (trazione)

$M_{ed} = +1907$ kNm

Considerando al lembo teso $10\phi 26 + 5\phi 20$ e al lembo compresso $10\phi 26$ si ottengono le seguenti tensioni:

$\sigma_s = 133$ MPa

$\sigma_c = 2.4$ MPa

$x = 51.25$ cm

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface for a beam with dimensions 100x250 cm. The main window displays the following data:

- Titolo:** (empty)
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 3
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	7.3
2	15.71	237.5
3	53.09	242.7
- Sollecitazioni:**
 - Metodo n
 - N_{Ed} : -139 kN
 - M_{xEd} : +1907 kNm
 - M_{yEd} : 0
- Materiali:**
 - B450C, C25/30
 - ϵ_{su} : 67.5‰, ϵ_{c2} : 2‰
 - f_{yd} : 391.3 N/mm², ϵ_{cu} : 3.5‰
 - E_s : 210000 N/mm², f_{cd} : 14.17
 - E_s/E_c : 15, f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 - ϵ_{syd} : 1.863‰, $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 - $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm², τ_{co} : 0.6
 - τ_{c1} : 1.829
- P.to applicazione N:**
 - Centro
 - x_N : 0, y_N : 0
- Metodo di calcolo:**
 - Metodo n
- Results:**
 - σ_c : -2.374 N/mm²
 - σ_s : 133 N/mm²
 - ϵ_s : 0.6333‰
 - d : 242.7 cm
 - x : 51.25 cm, x/d : 0.2112
 - δ : 0.704
- Buttons:** Verifica, N° iterazioni: 4, Precompresso

Figura 47 - Verifica tensionale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>67 di 129</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	67 di 129								

Assumendo un copriferro di 40 mm e il diametro delle staffe (ferri verticali) pari a 20 mm, l'apertura delle fessure risulta pari a: 0.14 mm.

M	1907	kNm	C_{netto}	40	mm
N	139	kN	Φ_{staffe}	20	mm
b	1000	mm	d	2427	mm
h	2500	mm	$\Phi_{barre\ tese}$	26	mm
R_{ck}	30	MPa	A_s	6880	mm ²
f_{ck}	25	MPa	$h_{c,eff}$	182.5	mm
f_{ctm}	2.56	MPa	$A_{c,eff}$	182500	mm ²
E_{cm}	31476	MPa	ρ_{eff}	0.038	-
E_s	210000	MPa	k_t	0.4	-
α_e	15.00	-	k_1	0.8	-
σ_s	133	MPa	k_2	0.5	-
x	512	mm	k_3	3.4	-
$\epsilon_{sm,clc}$	4.30E-04	-	k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,min}$	3.80E-04	-			
ϵ_{sm}	4.30E-04	-			
Δ_{sm}	321.25	mm			
w_m	0.14	mm			

Figura 48 - Verifica a fessurazione

La verifica risulta soddisfatta sia in termini tensionali che di fessurazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 68 di 129

11.2.2.2 Verifica sezione di appoggio (momento flettente negativo)

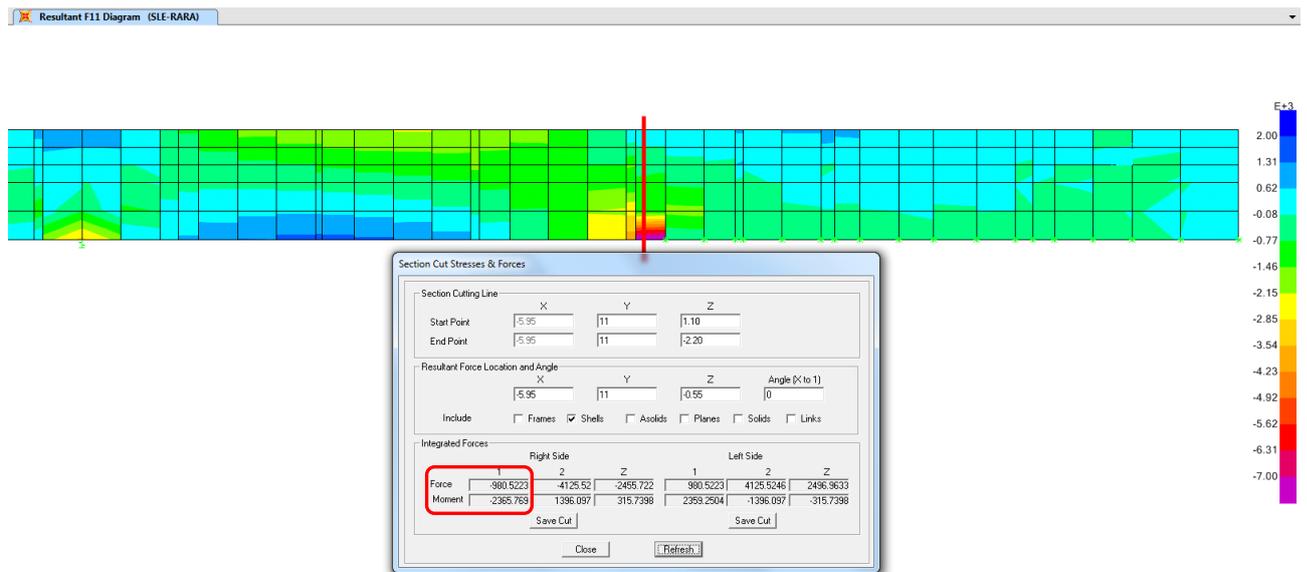


Figura 49 - SLE-Rara - F11 – Sezione di verifica n°2

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

Ned = -980 kN (compressione)

Med = -2365 kNm

Considerando al lembo teso 10Φ26 e al lembo compresso 10Φ26 si ottengono le seguenti tensioni:

$\sigma_s = 116 \text{ MPa}$

$\sigma_c = 3.5 \text{ MPa}$

$x = 75.99 \text{ cm}$

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>69 di 129</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	69 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	69 di 129								

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave_1.00x2.50m_sez2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	7.3
2	0	237.5
3	53.09	242.7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezio...
 File

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 980 kN
 M_{xEd} -2365 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
 B450C C25/30
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Figura 50 - Verifica tensionale

Assumendo un copriferro di 40 mm e il diametro delle staffe (ferri verticali) pari a 20 mm, l'apertura delle fessure risulta pari a: 0.12 mm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 70 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

M	2365	kNm		c_{netto}	40	mm
N	980	kN		Φ_{staffe}	20	mm
b	1000	mm		d	2427	mm
h	2500	mm		$\Phi_{barre\ tese}$	26	mm
R_{ck}	30	MPa		A_s	5309	mm ²
f_{ck}	25	MPa		$h_{c,eff}$	182.5	mm
f_{ctm}	2.56	MPa		$A_{c,eff}$	182500	mm ²
E_{cm}	31476	MPa		ρ_{eff}	0.029	-
E_s	210000	MPa		k_t	0.4	-
α_e	15.00	-		k_1	0.8	-
				k_2	0.5	-
σ_s	116.3	MPa		k_3	3.4	-
x	759.9	mm		k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,clc}$	3.13E-04	-				
$\epsilon_{sm,min}$	3.32E-04	-				
ϵ_{sm}	3.32E-04	-				
Δ_{sm}	355.94	mm				
w_m	0.12	mm				

Figura 51 - Verifica a fessurazione

La verifica risulta soddisfatta sia in termini tensionali che di fessurazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 71 di 129

11.2.3 Verifiche SLU

11.2.3.1 Generale

I risultati dell'analisi FEM hanno evidenziato che la condizione di carico dimensionante in termini di verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) è la condizione "Standard" e non quelle "Eccezionale" e "Sismica".

Nel seguito sono presentate delle comparazioni di risultati tra le diverse combinazioni dalle quali si evidenzia tale differenza.

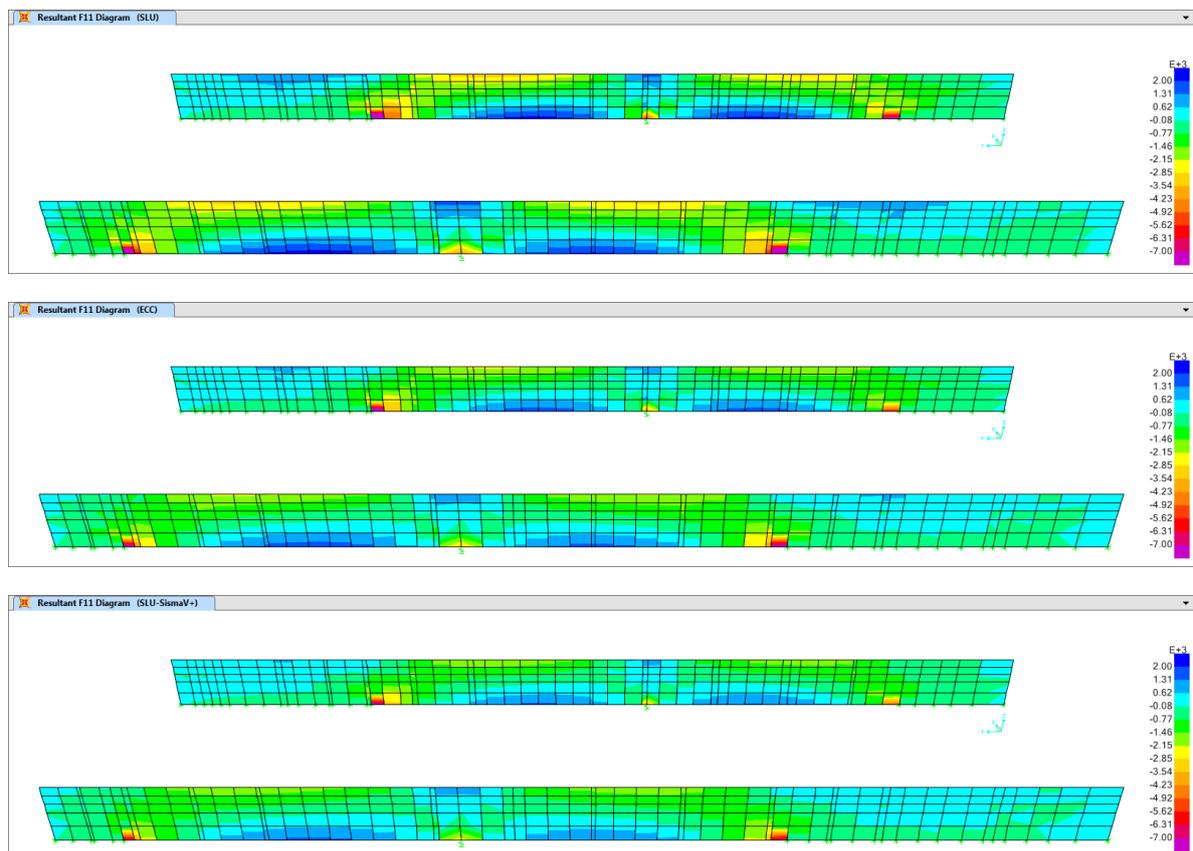


Figura 52 – Trave di collegamento – Comparazione F11: SLU/ECC/SLUsisma

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 72 di 129

11.2.3.2 Flessione

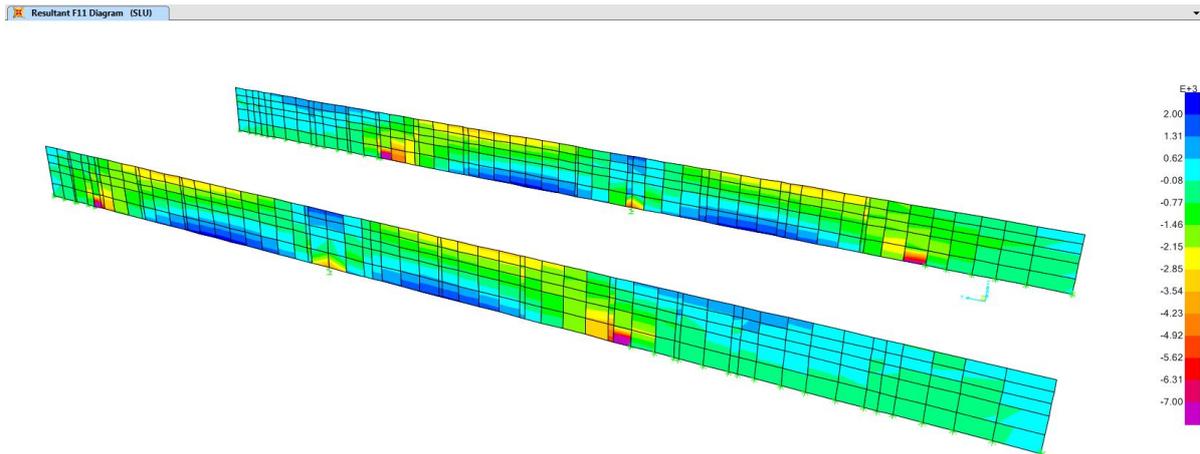


Figura 53 – SLU - F11

- Verifica sezione di campata (momento flettente positivo)

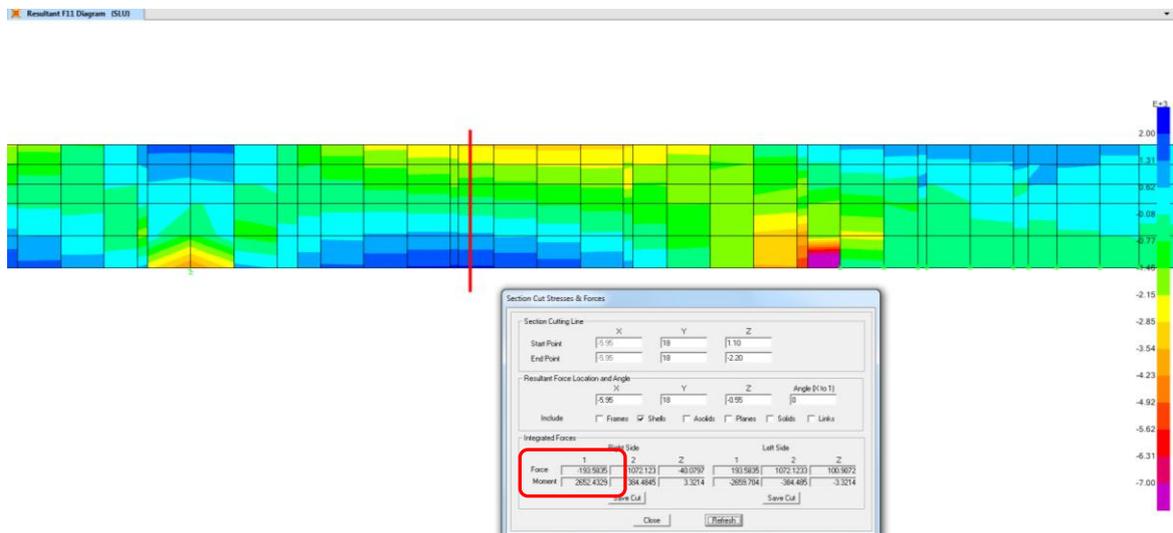


Figura 54 - SLU - F11 – Sezione di verifica n°1

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 73 di 129

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$N_{ed} = +194$ kN (trazione)

$M_{ed} = +2652$ kNm

Considerando al lembo teso $10\Phi 26+5\Phi 20$ e al lembo compresso $10\Phi 26$, si ottiene:

Titolo: []

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 3 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	7.3
2	15.71	237.5
3	53.09	242.7

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed}	-194	-139	kN
M_{xEd}	2652	1907	kNm
M_{yEd}	0	0	

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C25/30

ϵ_{su}	67.5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391.3	N/mm²	ϵ_{cu}	3.5	
E_s	210,000	N/mm²	f_{cd}	14.17	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.863	%	$\sigma_{c,adm}$	9.75	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm²	τ_{co}	0.6	
			τ_{c1}	1.829	

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

M_{xRd} 6,111 kN m

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.239 ‰

ϵ_s 67.5 ‰

d 242.7 cm

x 11.11 x/d 0.04579

δ 0.7

Calcola MRd **Dominio M-N** L_0 0 cm **Col. modello**

Precompresso

Figura 55 - Verifica flessionale SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $M_{ed} < M_{rd}(=+6111$ kNm).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 74 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

- Verifica sezione di appoggio (momento flettente negativo)

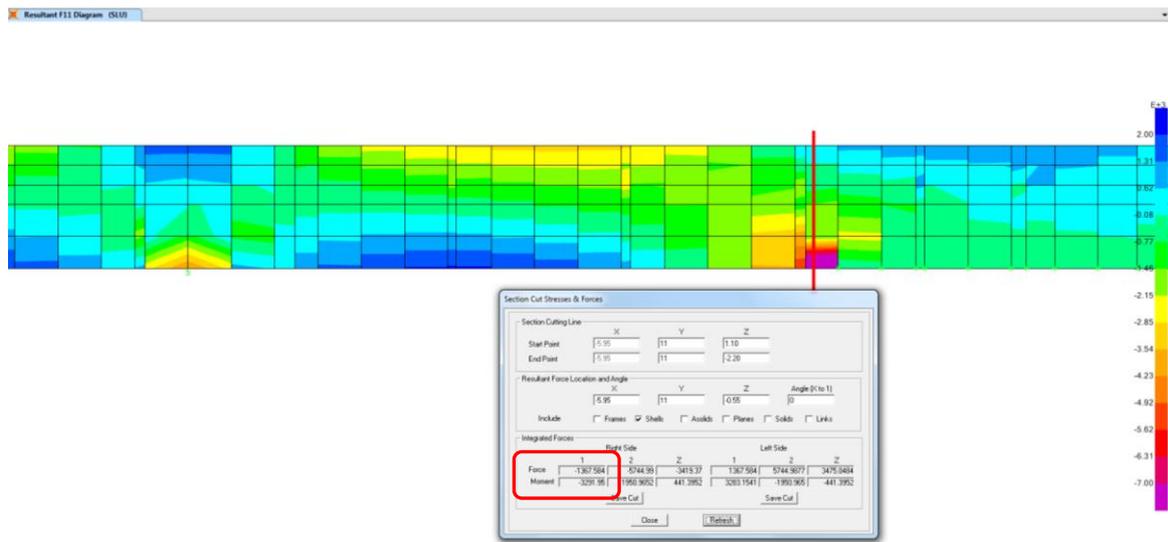


Figura 56 - SLU - F11 – Sezione di verifica n°2

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

Ned = -1367 kN (compressione)

Med = -3292 kNm

Considerando al lembo teso 10Φ26 e al lembo compresso 10Φ26, si ottiene:

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 75 di 129

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave_1.00x2.50m_sez2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	250	1	53.09	7.3
			2	0	237.5
			3	53.09	242.7

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 980 kN
M_{xEd} -2365 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

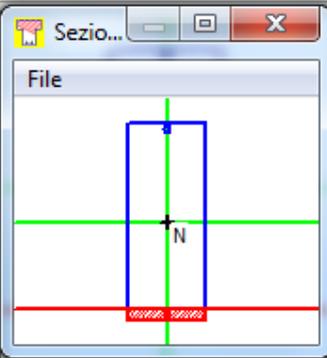
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Materiali: B450C C25/30
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezio...
File


Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

Figura 57 - Verifica flessionale SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $M_{ed} < M_{rd} (= -6523 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 76 di 129

11.2.3.3 Taglio

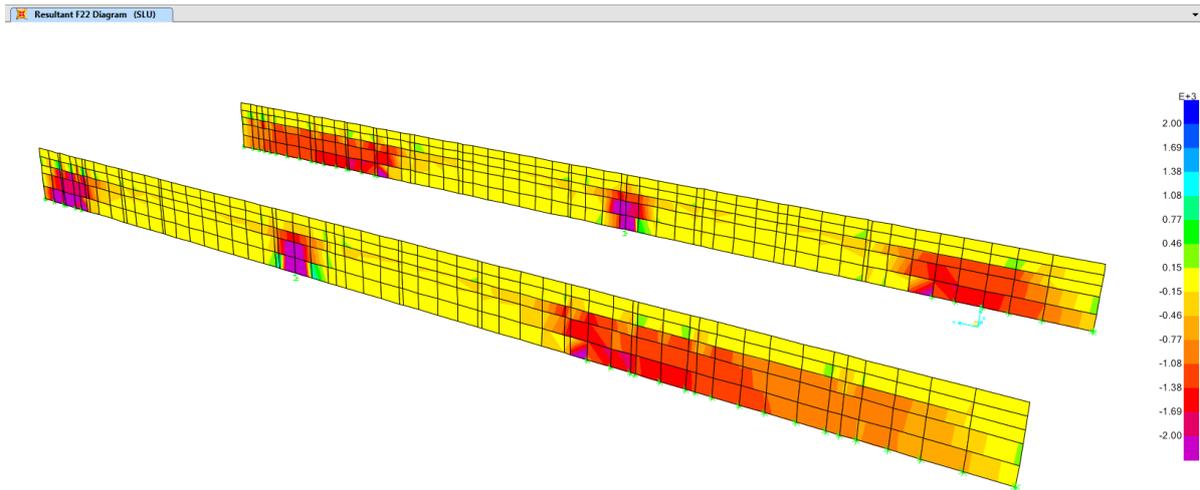


Figura 58 – SLU – F22

- Verifica sezione di appoggio diaframma centrale

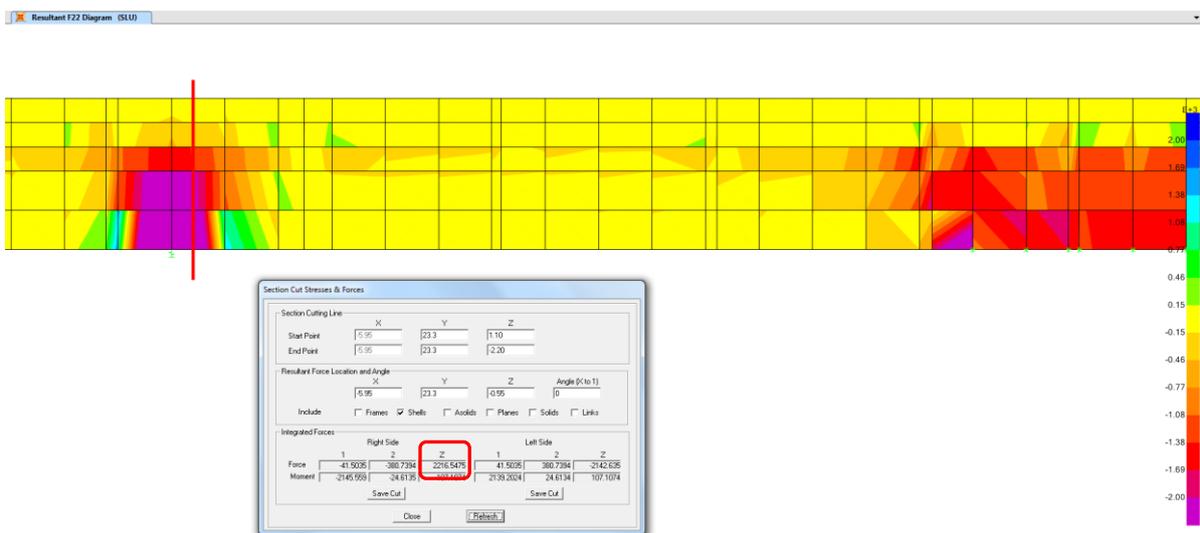


Figura 59 - SLU – F22 – Sezione di verifica

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

Ned = 0 (conservativamente)

Ved = 2216 kN

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 77 di 129

Considerando un'armatura a taglio costituita da n°2 braccia (armatura verticale del muro) passo 20 cm, si ottiene:

Shear Capacity (ref. EN 1992-1-1:2004 - 6.2.2 Members that requires shear reinforcement)																																																	
Stresses			$\gamma_{ULS,c}$	1.50																																													
V_{Ed} (shear force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,s}$	1.15																																													
N_{Ed} (normal force SLU)	1	[kN/m]	α_{cc}	0.85																																													
Material Properties			CRd,c	0.12																																													
Concrete			k	1.29																																													
f_{ck} (characteristic strength concrete)	25.0	[MPa]	$k1$	0.15																																													
f_{cd} (design strength concrete)	14.2	[MPa]	v_{min}	0.26																																													
Steel			z	2184																																													
f_{yk} (characteristic strength steel)	450.0	[MPa]	$v1 [-]$	0.540																																													
f_{yd} (design strength steel)	391.3	[MPa]	$\alpha_{cp}/f_{cd} [-]$	0.00																																													
Geometry Section			$\alpha_{cw} [-]$	1.00																																													
b_w (smallest width of the cross-section in the tensile area)	1000	[mm]	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>26</td><td>100</td><td>73.0</td><td>5309</td><td>layer 1</td></tr> <tr><td>0</td><td>100</td><td>118.0</td><td>0</td><td>layer 2</td></tr> <tr><td>0</td><td>100</td><td>118.0</td><td>0</td><td>layer 3</td></tr> <tr><td>0</td><td>100</td><td>118.0</td><td>0</td><td>layer 4</td></tr> <tr><td>0</td><td>100</td><td>118.0</td><td>0</td><td>layer 5</td></tr> <tr><td>0</td><td>100</td><td>118.0</td><td>0</td><td>layer 6</td></tr> <tr><td>0</td><td>100</td><td>118.0</td><td>0</td><td>layer 7</td></tr> <tr><td colspan="3"></td><td>As tot</td><td>5309</td></tr> <tr><td colspan="3"></td><td>cm</td><td>73</td></tr> </table>		26	100	73.0	5309	layer 1	0	100	118.0	0	layer 2	0	100	118.0	0	layer 3	0	100	118.0	0	layer 4	0	100	118.0	0	layer 5	0	100	118.0	0	layer 6	0	100	118.0	0	layer 7				As tot	5309				cm	73
26	100	73.0	5309	layer 1																																													
0	100	118.0	0	layer 2																																													
0	100	118.0	0	layer 3																																													
0	100	118.0	0	layer 4																																													
0	100	118.0	0	layer 5																																													
0	100	118.0	0	layer 6																																													
0	100	118.0	0	layer 7																																													
			As tot	5309																																													
			cm	73																																													
h (section height)	2500	[mm]																																															
Main Reinforcement																																																	
c (cover of outmost layer)	60	[mm]																																															
d (effective depth of beam) = $h - c$	2427	[mm]																																															
A_{st} (area of tensile reinforcement)	5309	[mm ² /m]																																															
$\rho = A_{st}/(b_w \cdot d)$	0.0022	[-]																																															
σ_{cp} (compressive stress) = $N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	0.00	[MPa]																																															
DESIGN OF THE Shear Reinforcement																																																	
Φ_{sw} (diameter of shear reinforcement)	20	[mm]																																															
n_s / m (along b_w direction)	2.0	[n°/bv]																																															
s_{sw} (spacing along b_w direction)	500	[mm]																																															
A_{sw} (area of shear reinforcement)	628	[mm ² /bv]																																															
s (spacing) in the other direction	200	[mm]																																															
α	90	[°]																																															
θ (assumed for the curtailment)	45	[°]																																															
$ctg\theta$	1.00	[-]																																															
A_{sw}/s	3.14	[mm ² /mm]/bv																																															
Summary of steel:	Shear reinforcement:	L20-500x200																																															
Check with Shear Reinforcement																																																	
$V_{Rd,s}$ (shear strength - shear reinforcement)	2685	[kN/m]																																															
$V_{Rd,max}$ (shear strength - concrete)	8355	[kN/m]																																															
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s} ; V_{Rd,max})$	2685	[kN/m]																																															
Minimum Shear Reinforcement																																																	
$A_{sw}/s_{sw} = b_w (0.08 f_{ctk}^{0.5} / f_{yk})$ (ref. Eqn 9.4)	0.89	[mm ² /mm]	VERIFIED																																														
Max Shear Reinforcement																																																	
$A_{sw}/s_w = 0.5 \alpha_{cw} v_1 f_{cd} b_w / f_{yd}$	9.8	[mm ² /mm]	VERIFIED																																														

Figura 60 - Taglio resistente con armatura specifica a taglio

La verifica risulta soddisfatta poiché $V_{ed} < V_{rd} (=2685 \text{ kN})$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 78 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

11.2.4 Verifica locale – connessione trave-tubi

Nel seguito si riportano le verifiche strutturali locali in corrispondenza della zona di connessione tra la trave di collegamento e i tubi di sostegno (profilati HEA600).

Al fine della valutazione dello stato tensionale nella trave dovuto allo scarico verticale del profilato, si considera la seguente geometria.

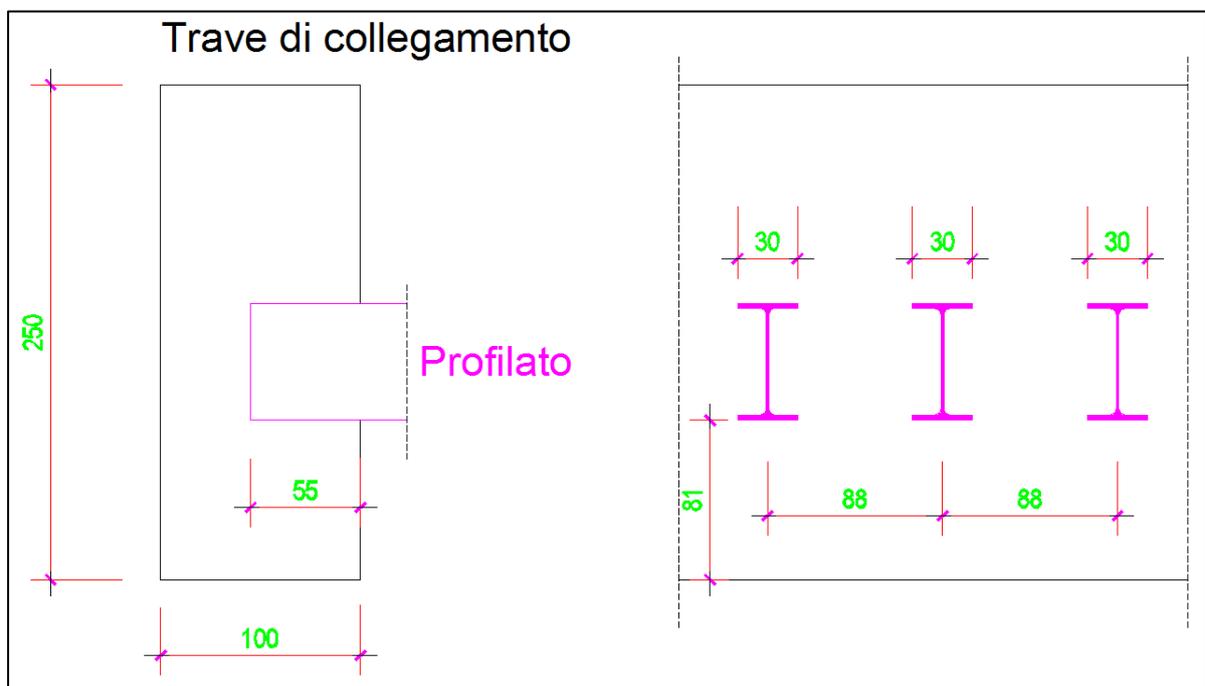


Figura 61 – Geometria connessione trave – profilato

11.2.4.1 Verifica tensione di compressione

Considerando il valore massimo dello scarico verticale (combinazione SLE-Rara) che si trasferisce dal profilato di sostegno alla trave di collegamento, si ottiene:

$$\sigma_{c-c} = V_{ed_SLE} / A_{c0} = 867000 \text{ N} / (550\text{mm} \cdot 300\text{mm}) = 5.25 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c-c-lim} (13.75 \text{ N/mm}^2)$$

dove A_{c0} rappresenta l'area caricata in assenza di diffusione.

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 79 di 129

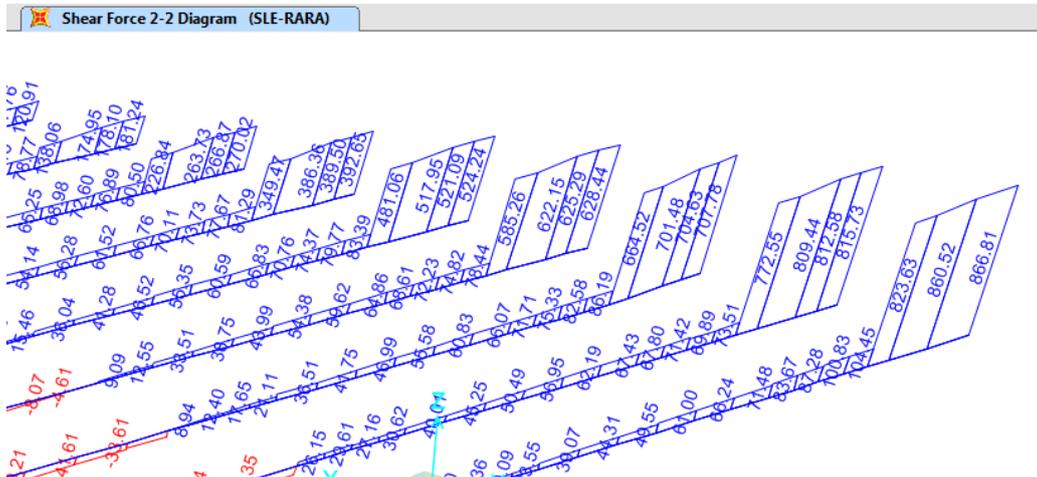


Figura 62 – Tubi sostegno - sollecitazione di taglio Ved - SLE-Rara

11.2.4.2 Verifica tensione di trazione

La massima tensione di trazione viene valutata come:

$$\sigma_{ct} = 0.6 \cdot \sigma_{c-c'} = 0.6 \cdot (867000 \text{ N} / (550\text{mm} \cdot 880\text{mm})) = 1.10 \text{ N/mm}^2 < f_{ctm} (2.56 \text{ N/mm}^2)$$

11.2.4.3 Verifica tensione tangenziale

La forza di taglio che deve essere assorbita da specifiche armature verticali di cucitura risulta pari a:

$$V_s = 0.3 \cdot V_{ed_SLU} \cdot (1-300\text{mm}/880\text{mm}) = 0.3 \cdot 1210000 \text{ N} \cdot (1-300\text{mm}/880\text{mm}) = 239250 \text{ N}$$

L'area di acciaio necessaria ad assorbire la forza V_s è pari a:

$$A_s \geq V_s / f_{yd} = 239250 \text{ N} / 391.3 \text{ N/mm}^2 = 611 \text{ mm}^2$$

Adottando ferri di 20mm di diametro occorre utilizzare 2 ferri per un area totale di 628 mm².

Tale armatura a taglio, costituita quindi da staffe $\phi 20$ a due braccia in corrispondenza di ogni profilato, si aggiunge all'armatura a taglio considerata per la verifica strutturale della stessa trave di collegamento.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	80 di 129

11.3 DIAFRAMMI

11.3.1 Reazioni vincolari

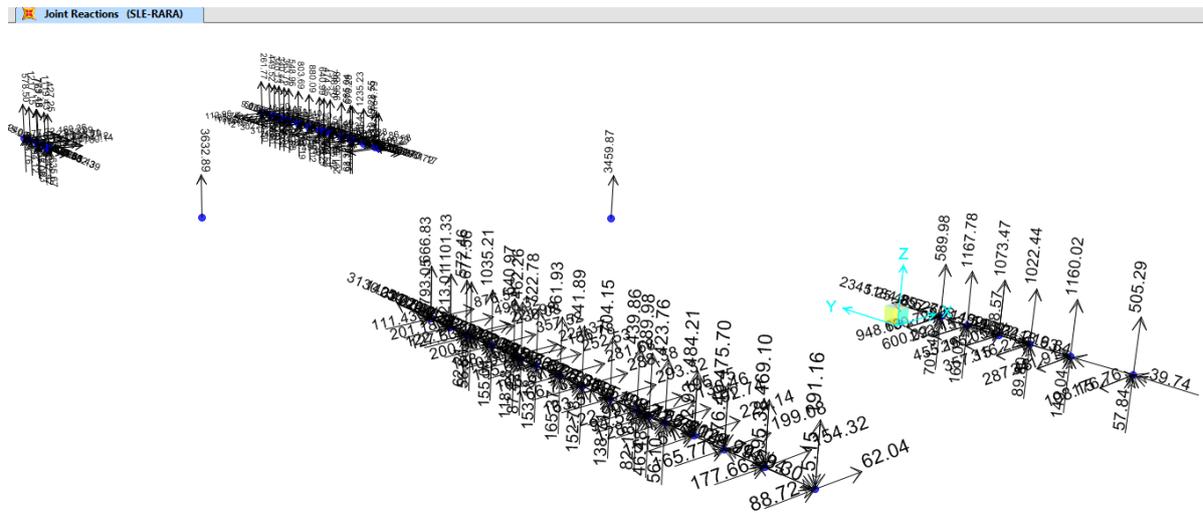


Figura 63 – Reazioni vincolari – SLE-Rara

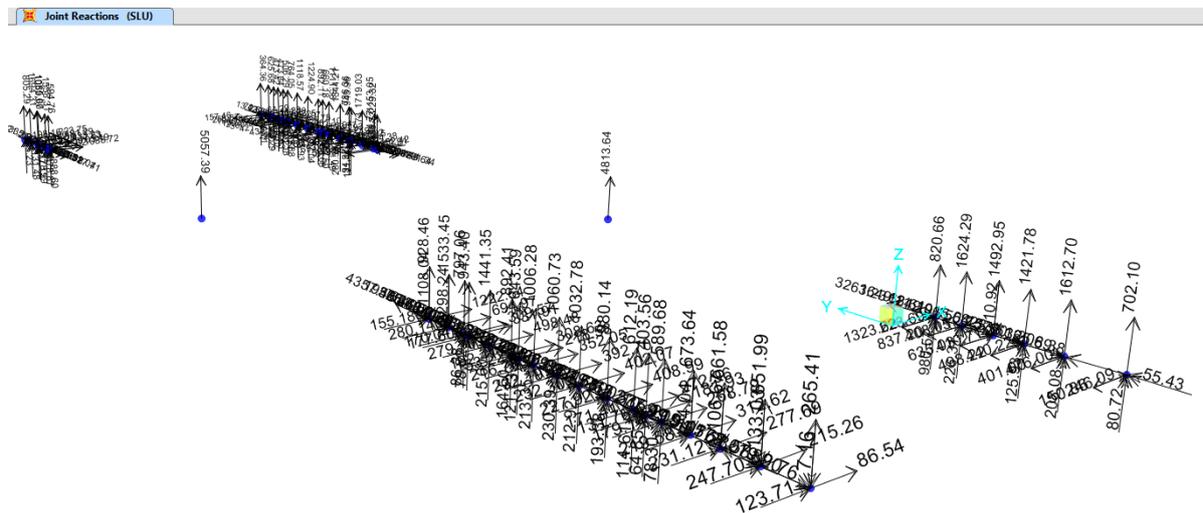


Figura 64 – Reazioni vincolari – SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C PAGINA 81 di 129

Diaframmi	Geometria	Reazione vincolare verticale Rv	
		SLE-Rara	SLU
Diaframmi laterali A	s=1.20m; L=2.5m Ltot=12.5 m	869 kN/m	1209 kN/m
Diaframmi laterali B	s=1.20m; L=2.5m Ltot =5.0 m	1104 kN/m	1535 kN/m
Diaframmi centrali C	s=0.80m; L=2.5m Ltot =2.5 m	1453 kN/m	2023 kN/m
Diaframmi centrali D	s=0.80m; L=2.5m Ltot =2.5 m	1384 kN/m	1925 kN/m
Diaframmi laterali E	s=1.20m; L=2.9m Ltot =2.9 m	1684 kN/m	2344 kN/m
Diaframmi laterali F	s=1.20m; L=2.5m Ltot =10.0 m	1034 kN/m	1439 kN/m

Figura 65 – Reazioni vincolari verticali – Sforzo normale nei diaframmi

In aggiunta alle reazioni vincolari verticali si riporta anche la reazione vincolare del diaframma laterale “E” nei confronti della rotazione trasferita dalla trave di collegamento.

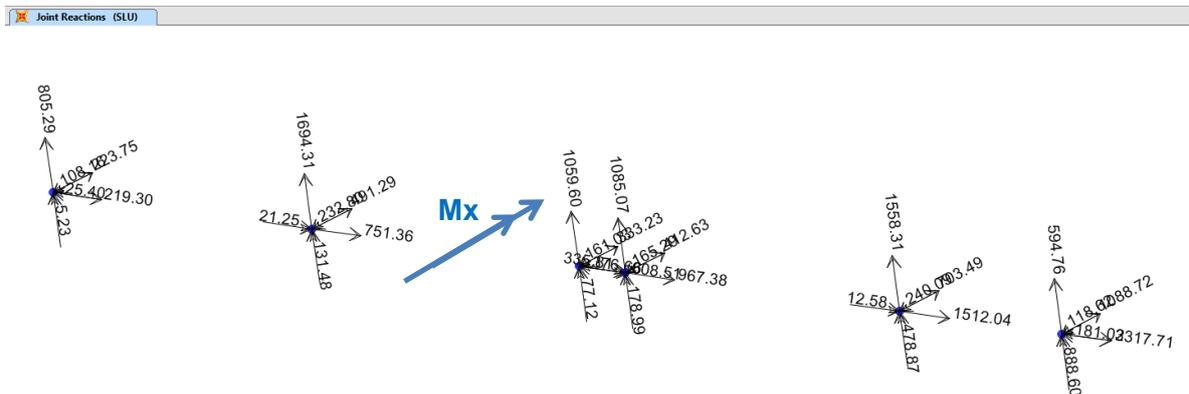


Figura 66 – Reazioni vincolari – SLU – Diaframma laterale “E”

Diaframmi	Geometria	Reazione vincolare Mx	
		SLE-Rara	SLU
Diaframmi laterali E	s=1.20m; L=2.9m Ltot =2.9 m	254 kNm/m	354 kNm/m

Figura 67 – Reazioni vincolari Momento Mx – Diaframma laterale “E”

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	82 di 129

11.3.2 Verifiche SLE - Analisi Deformazioni

Nelle figure seguenti si riportano gli spostamenti verticali dei diaframmi centrali:

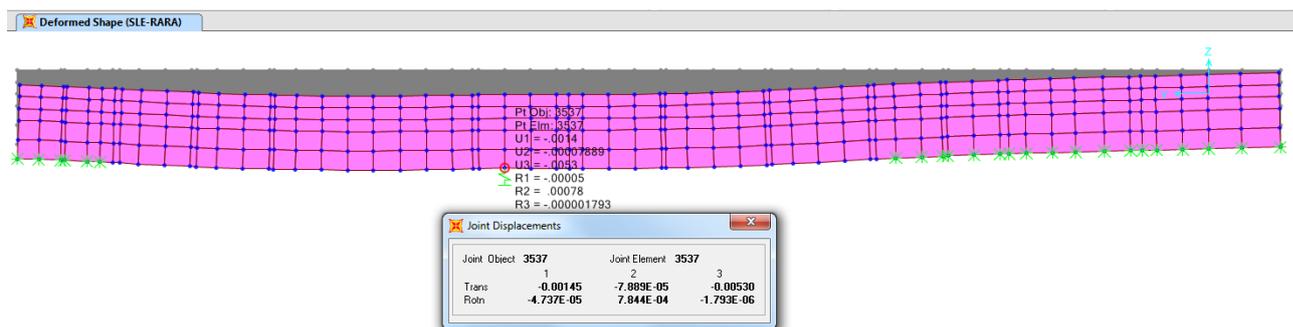


Figura 68 – SLE-Rara – Cedimento diaframma centrale C – uz=5.3mm

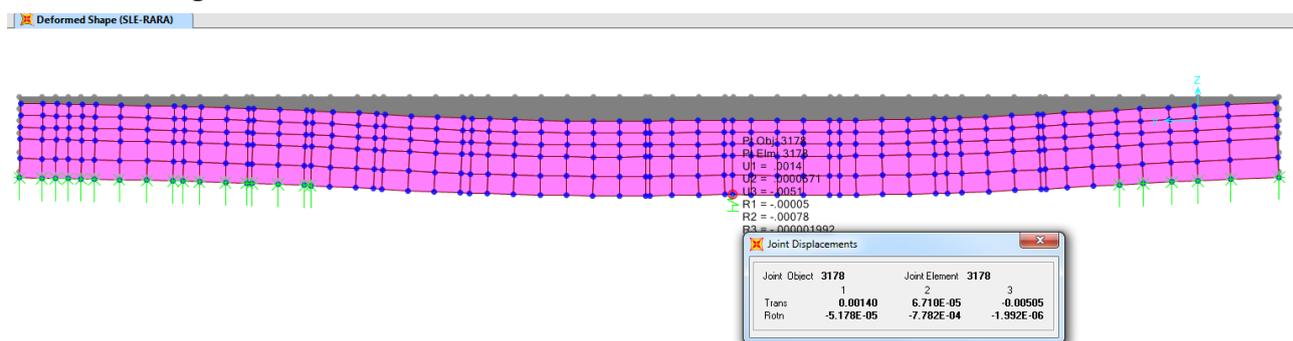


Figura 69 – SLE-Rara – Cedimento diaframma centrale D – uz=5.1mm

11.3.3 Verifiche SLE - Tensioni limite

Nel seguito sono presentate le verifiche SLE dei diaframmi. I diaframmi sono verificati a sforzo normale considerando lo scarico in testa ottenuto dal modello 3D.

11.3.3.1 Diaframmi Laterali

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni, valutate considerando la sezione del pannello pari a 2.50m x 1.20m:

$$Ned = 1684 \text{ kN/m} \cdot 2.50\text{m} = 4210 \text{ kN}$$

Considerando un'armatura pari a 12Φ20 ad entrambi i lati, un copriferro di 60 mm e un diametro delle staffe pari a 14 mm, si ottiene:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 84 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

11.3.4 Verifiche SLU – Flessione

Per quanto riguarda la resistenza a flessione dei diaframmi laterali nel piano della trave di collegamento, considerando le sollecitazioni agenti, la verifica risulta soddisfatta.

Nel seguito, ad esempio, si riporta il valore del momento resistente agli SLU del diaframma "E". Il valore sollecitante ($M_{ed} = 1026 \text{ kNm}$) risulta inferiore al valore di momento resistente ($M_{rd} = 5551 \text{ kNm}$).

Verifica C.A. S.L.U. - File: Diaf-Lat_1.20x2.90m

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 15 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	290	1	12.57	8.4
			2	12.57	281.6
			3	6.28	28.4
			4	6.28	48.4
			5	6.28	68.4
			6	6.28	88.4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

Proprietà	B450C	C25/30
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s	210.000 N/mm²	f_{cd} 14.17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd}	1.863 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co} 0.6
		τ_{c1} 1.829

M_{xRd} -5,551 kNm

σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 42.58 ‰
d 281.6 cm
x 21.39 x/d 0.07595
 δ 0.7

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Devata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Figura 71 – Momento resistente M_{rd} – diaframma "E"

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014							
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	LOTTO IF1M	CODIFICA 0.0.E.ZZ	DOCUMENTO CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 85 di 129

11.3.4.1 Diaframmi Centrali

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni, valutate considerando la sezione del pannello pari a 2.50m x 0.80m:

$$N_{ed} = 1453 \text{ kN/m} \cdot 2.50\text{m} = 3633 \text{ kN}$$

Considerando un'armatura pari a 12 Φ 20 ad entrambi i lati, un copriferro di 60 mm e un diametro delle staffe pari a 14 mm, si ottiene:

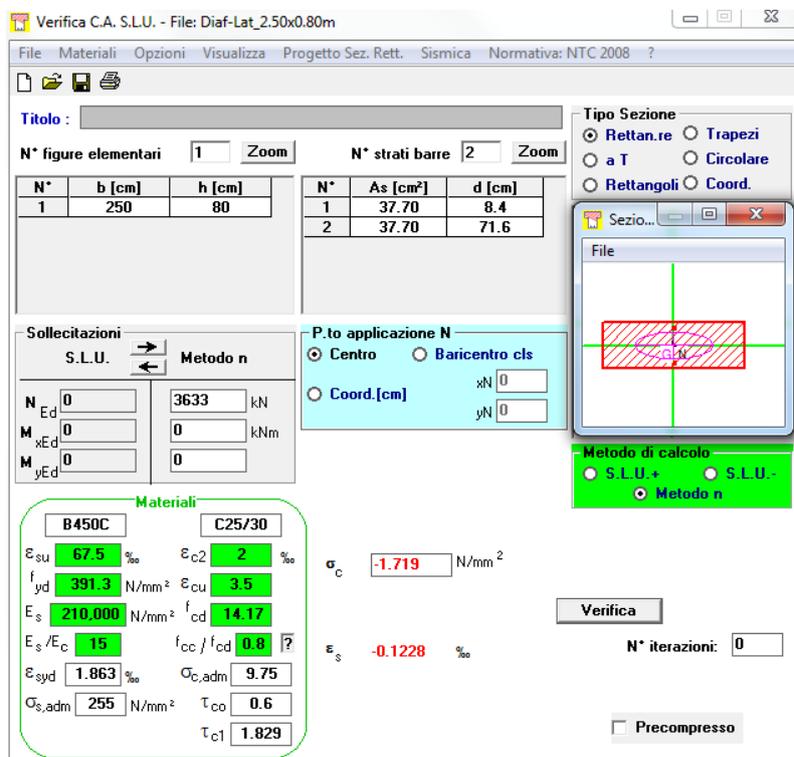


Figura 72 - Verifica flessionale SLE

La verifica è soddisfatta poiché la tensione massima nel calcestruzzo rientra nei limiti previsti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 86 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

11.3.5 Verifica carico limite

Nel seguito sono presentate le curve di carico limite definite per le due tipologie di diaframmi previsti per il sostegno del fascio tubiero:

- diaframmi laterali: $s = 1.20\text{m}$, $h_{\text{tot}} = 20\text{m}$, $h_{\text{infissione}} \approx 20\text{m}$.
- diaframmi centrali: $s = 0.80\text{m}$, $h_{\text{tot}} = 32\text{m}$, $h_{\text{infissione}} \approx 20\text{m}$.

Per la verifica si assumono i seguenti carichi agli SLU:

- diaframmi laterali: $Ned_{\text{SLU}} = 2344 \text{ kN/m}$.
- diaframmi centrali: $Ned_{\text{SLU}} = 2023 \text{ kN/m}$.

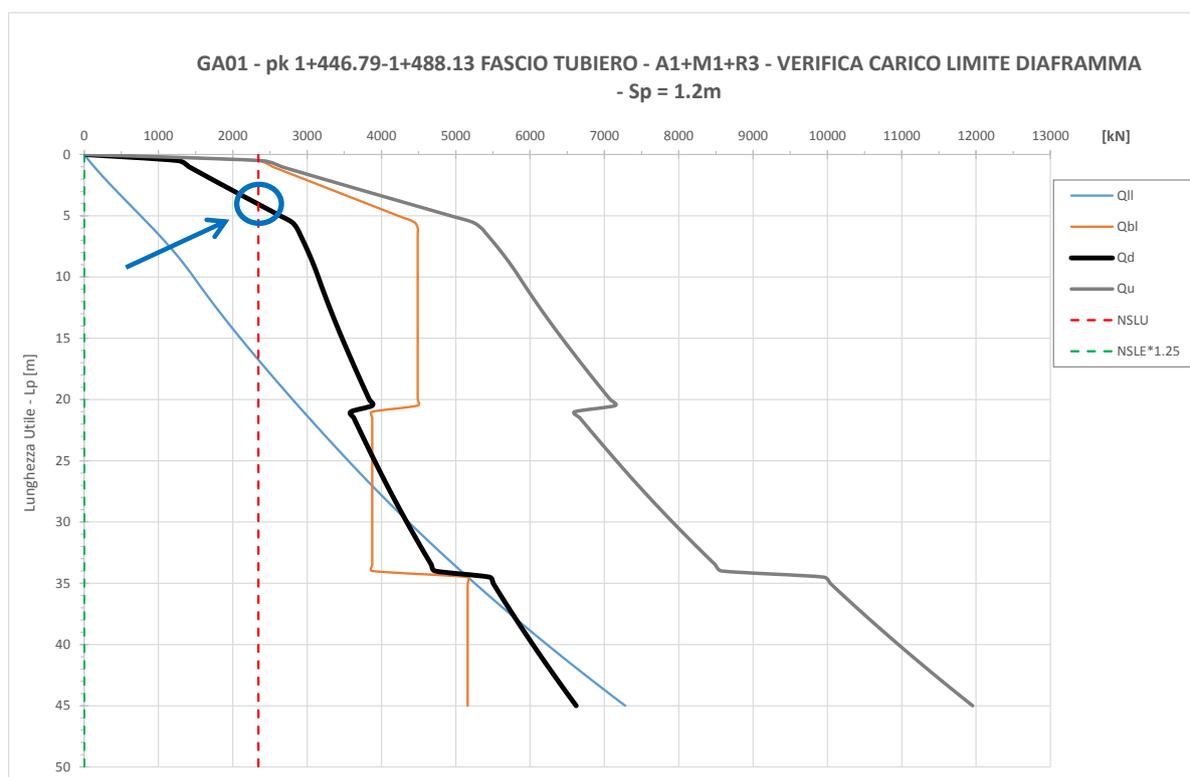
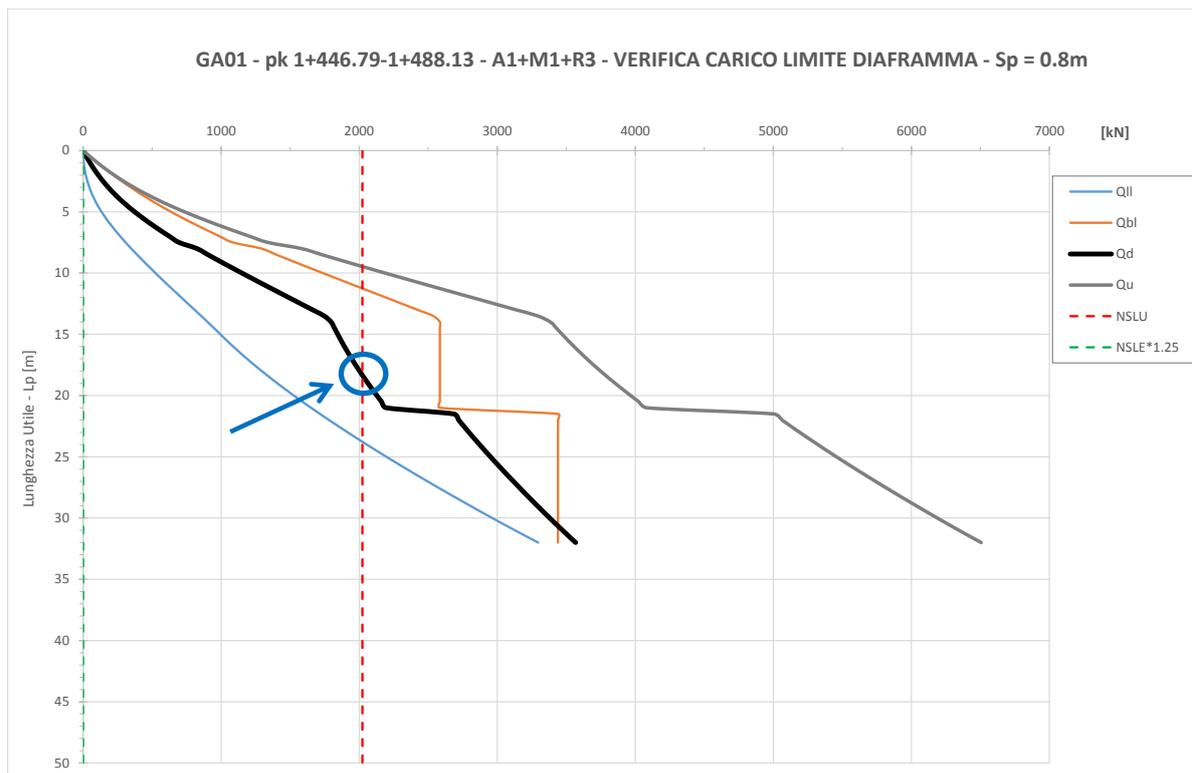


Figura 73 – Curva di carico limite – Diaframmi laterali

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 87 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								



La verifica è soddisfatta poiché le lunghezze d'infissione dei diaframmi in esame garantiscono un carico limite superiore a quello di verifica.

11.4 TRAVE METALLICA

Per la verifica della struttura metallica si può far riferimento al progetto redatto in fase definitiva in quanto non variano le condizioni al contorno. Inoltre la trave metallica risulta non necessaria ai fini della stabilità globale e viene mantenuta solo per rispondenza ai documenti di gara.

Al fine di rendere compatibili le due soluzioni la trave reticolare è stata modificata solo per quanto riguarda la sua altezza. La rigidità delle travi reticolari laterali è comunque mantenuta invariata grazie alla sostituzione dei correnti. Si è valutato infatti che sostituendo i ½ HEB900 con dei profili realizzati con piatti saldati di spessore pari a 40 mm l'inerzia della struttura rimane invariata.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 88 di 129
		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					

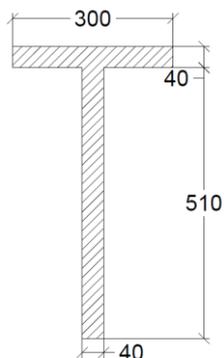


Figura 75 - Sezione resistente correnti metallici

B	300	mm
H	450	mm
s_w	35	mm
t	18.5	mm
$b = B - t$	281.5	mm
$h = H - s_w$	415	mm
Distanza correnti	4650	mm
J trave reticolare	1.97E+11	mm ⁴

Tabella 1 - Calcolo inerzia trave reticolare PD

B	300	mm
H	550	mm
s_w	40	mm
t	40	mm
$b = B - t$	260	mm
$h = H - s_w$	510	mm
Distanza correnti	3500	mm
J trave reticolare	2.00E+11	mm ⁴

Tabella 2 - Calcolo inerzia trave reticolare modificata

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		REV. C

12 VERIFICA STRUTTURA ESISTENTE

Lo scavo della galleria comporta una deformazione delle strutture esistenti che seppur minima genera un incremento delle sollecitazioni della struttura esistente.

Nel presente capitolo si analizza quest'aspetto focalizzandosi sulle sollecitazioni dei piedritti laterali dello scatolare e sui tubi ARIN.

12.1 PIEDRITTI LATERALI

12.1.1 Verifiche SLE - Tensioni limite e Fessurazione

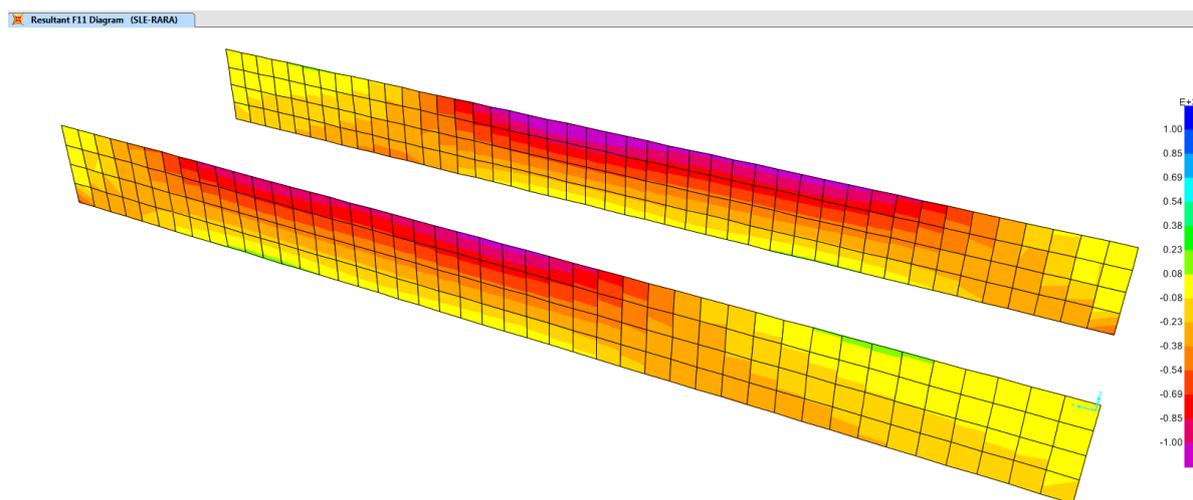


Figura 76 – SLE-Rara - F11

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 90 di 129

12.1.1.1 Verifica sezione di campata (momento flettente positivo)

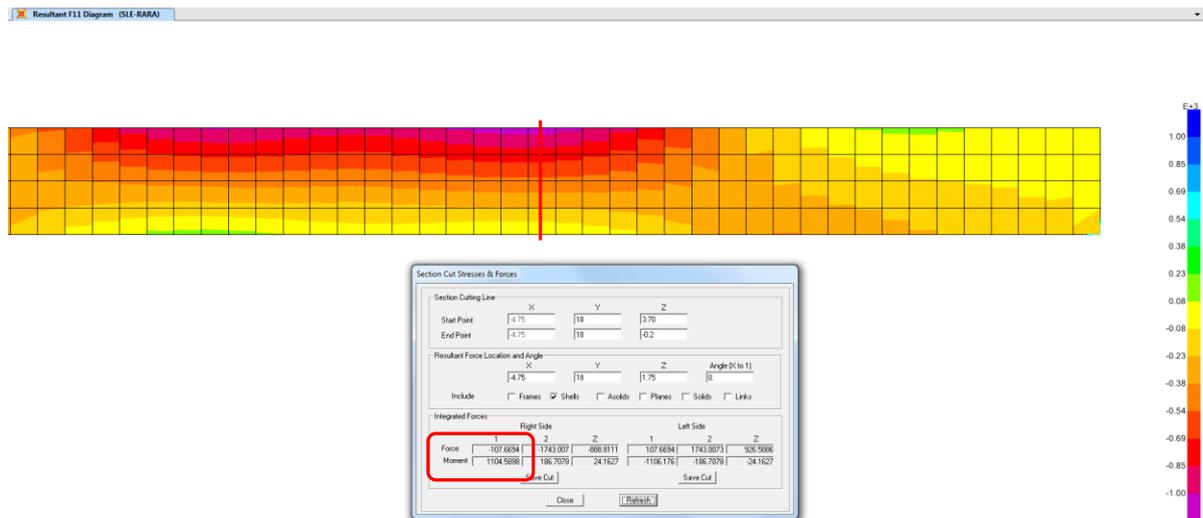


Figura 77 - SLE-Rara - F11 – Sezione di verifica

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$N_{ed} = -107 \text{ kN}$ (compressione)

$M_{ed} = +1105 \text{ kNm}$

Considerando lungo l'altezza del piedritto un'armatura longitudinale $\phi 20/20\text{cm}$, in accordo alle verifiche strutturali riportate nel documento [6], si ottengono le seguenti tensioni (considerando un meccanismo di "trave alta"):

$\sigma_s = 99.2 \text{ MPa}$

$\sigma_c = 2.3 \text{ MPa}$

$x = 84.92 \text{ cm}$

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>91 di 129</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	91 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	91 di 129								

Verifica C.A. S.L.U. - File: Piedritto_0.50x3.45m

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	345	1	6.28	172.5
			2	6.28	152.5
			3	6.28	192.5
			4	6.28	132.5
			5	6.28	212.5
			6	6.28	112.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali: Feb44k C28/35

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

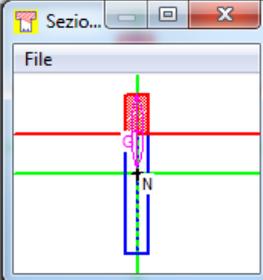


Figura 78 - Verifica tensionale

Assumendo un copriferro di 40 mm e il diametro delle staffe pari a 20 mm, l'apertura delle fessure risulta inferiore a 0.1 mm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 92 di 129			

M	1105	kNm		c_{netto}	40	mm
N	107	kN		Φ_{staffe}	20	mm
b	1000	mm		d	3380	mm
h	3450	mm		$\Phi_{barre\ tese}$	20	mm
R_{ck}	35	MPa		A_s	8164	mm ²
f_{ck}	28	MPa		$h_{c,eff}$	175.0	mm
f_{ctm}	2.77	MPa		$A_{c,eff}$	175000	mm ²
E_{cm}	32308	MPa		ρ_{eff}	0.047	-
E_s	210000	MPa		k_t	0.4	-
α_e	15.00	-		k_1	0.8	-
				k_2	0.5	-
σ_s	99.19	MPa		k_3	3.4	-
x	849.2	mm		k_4	0.425	-
$\epsilon_{sm,clc}$	2.80E-04	-				
$\epsilon_{sm,min}$	2.83E-04	-				
ϵ_{sm}	2.83E-04	-				
Δ_{sm}	276.88	mm				
w_m	0.08	mm				

Figura 79 - Verifica a fessurazione

La verifica risulta soddisfatta sia in termini tensionali che di fessurazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 93 di 129

12.2 TUBI ARIN

Per valutare gli effetti sui tubi ARIN dovuti alla soluzione proposta, un'analisi strutturale "ad hoc" è stata eseguita considerando le deformate longitudinali in corrispondenza degli stessi tubi, ricavate dal modello complessivo 3D.

Il tubo ARIN è stato modellato come un elemento "beam", considerando le reali geometrie e proprietà meccaniche (vedi paragrafo 2.1). Il sistema di supporto del tubo rispetto alla soletta di fondazione dello scatolare è stato considerato continuo, quindi la stessa distribuzione nodale considerata nel modello 3D è stata utilizzata nel modello 2D del tubo.

L'unico carico applicato è rappresentato dai "cedimenti indotti" ricavati dal modello 3D.

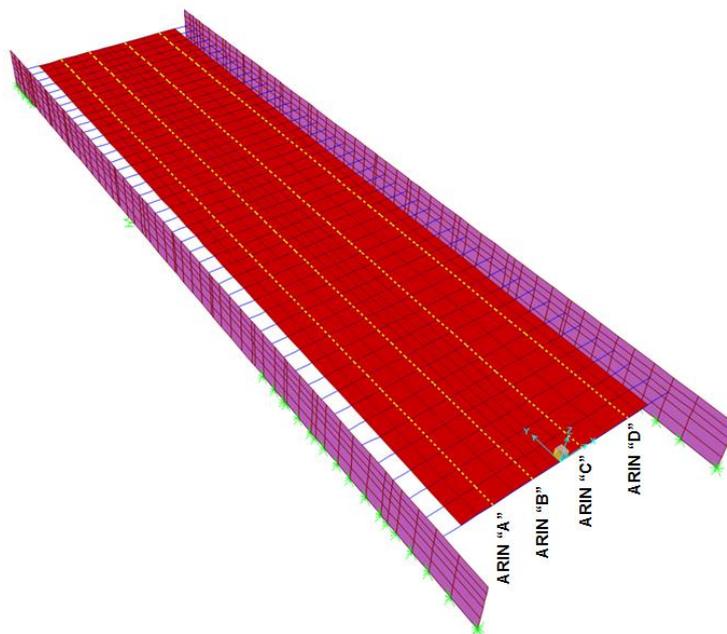


Figura 80 - Allineamenti longitudinali dei tubi ARIN nel modello 3D

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		REV. C

12.2.1 Tubo ARIN "A" – DN1200

12.2.1.1 Analisi Deformazioni (combinazione SLE-Rara)

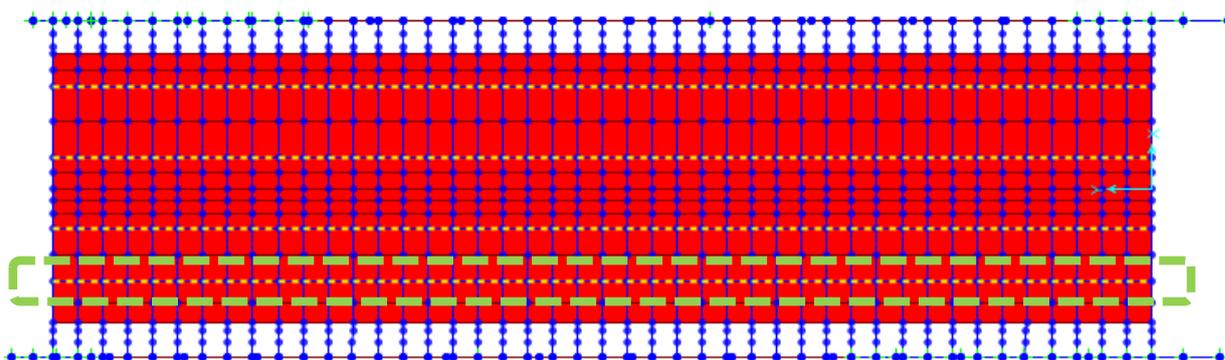
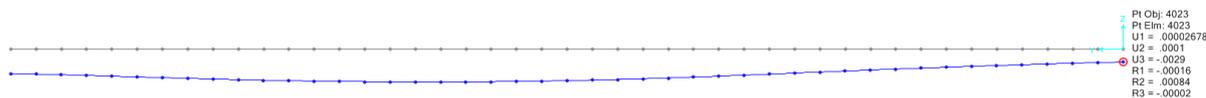
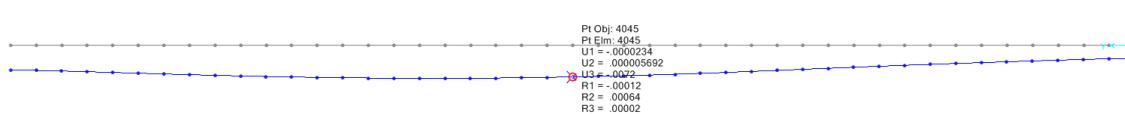


Figura 81 - Allineamento longitudinale lungo il tubo "A" nel modello 3D

- Sezione di controllo B1: $uz=2.9\text{mm}$



- Sezione di controllo A: $uz=7.2\text{mm}$



- Sezione di controllo B2: $uz=5.6\text{mm}$



La freccia massima risulta pari a:

$$\Delta_{spos} = 7.2\text{m} - 2.9\text{ mm} = 4.3\text{mm}$$

Il rapporto tra la lunghezza L e la freccia Δ_{spos} risulta pari a:

$$L/\Delta_{spos} = 38544\text{ mm} / 4.3\text{ mm} \approx 8960$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.							
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 95 di 129				

Questo valore risulta compatibile con i limiti indicati in sede di PD: una freccia massima di L/700 ovvero circa 55 mm.

La distorsione massima risulta pari a:

$$L_{A-B1}/\Delta_{spos} = 19272 \text{ mm} / 4.3 \text{ mm} \approx 4481$$

Confrontando i valori dedotti dai riferimenti di letteratura con quelli ricavati dal modello di calcolo, si può affermare che i limiti siano ampiamente soddisfatti.

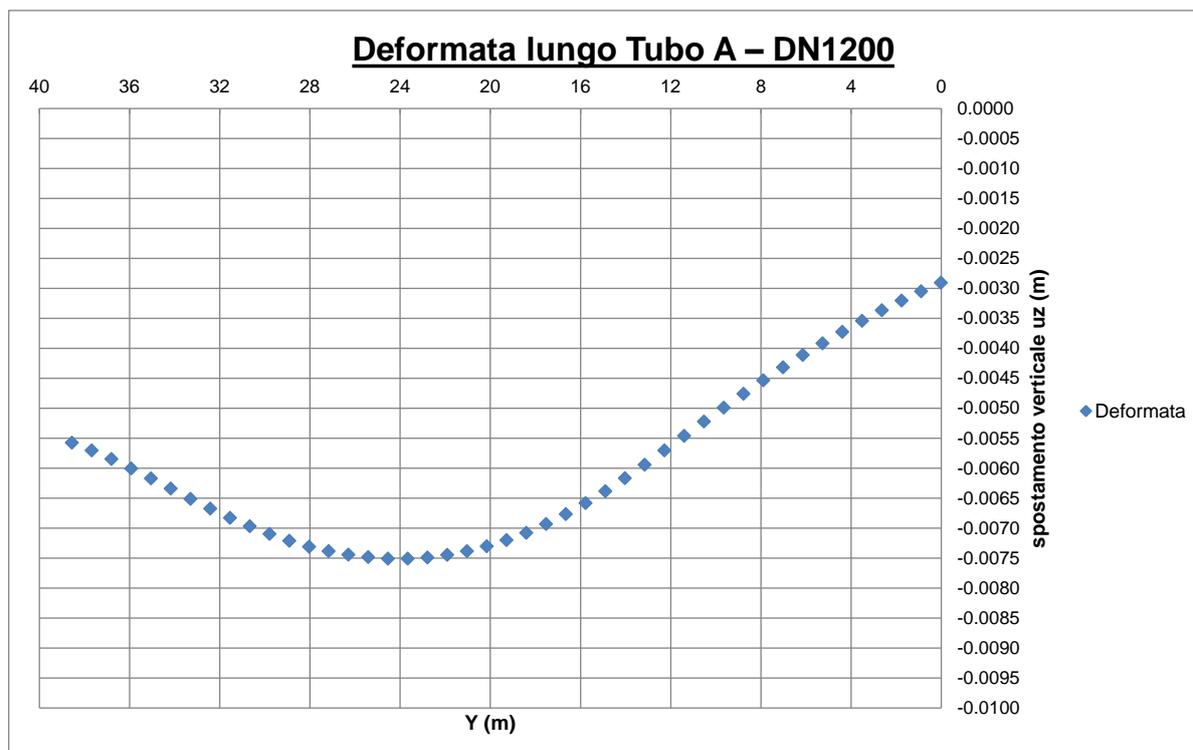


Figura 82 – Modello 3D - Deformata lungo il tubo “A”

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 96 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

12.2.1.2 Analisi strutturale

Nel seguito sono presentate le principali informazioni inerenti il modello 2D utilizzato per l'analisi strutturale del tubo ARIN.

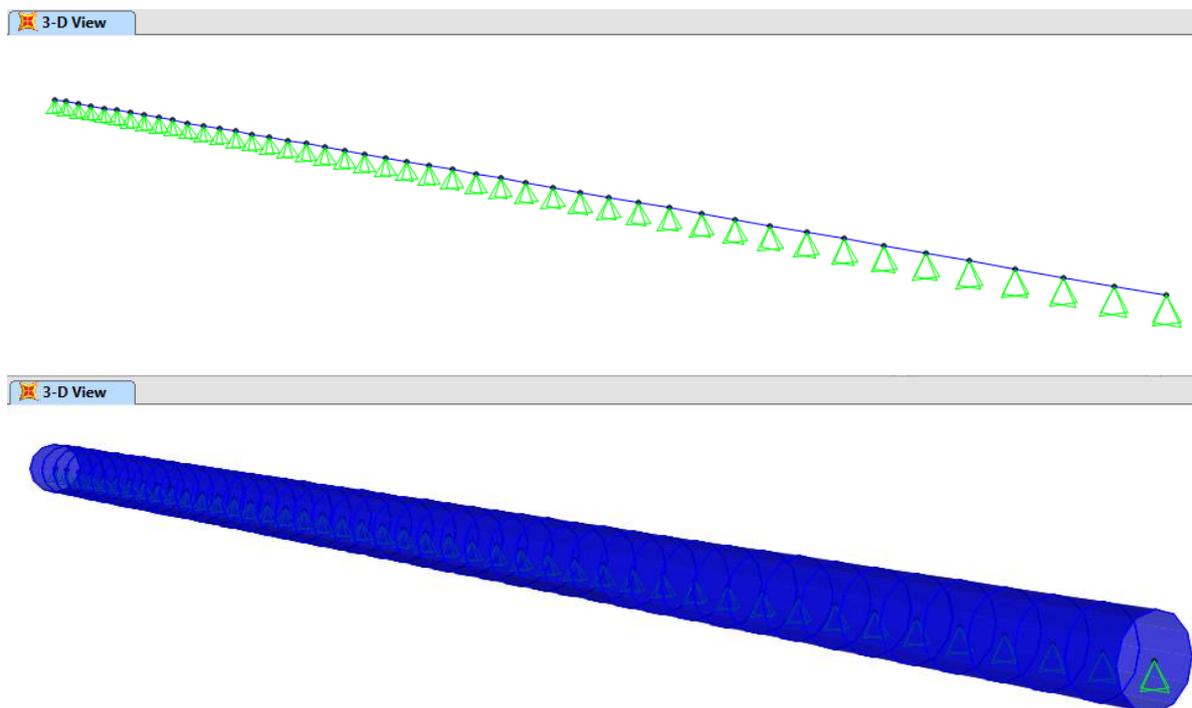


Figura 83 - Modellazione tubo ARIN

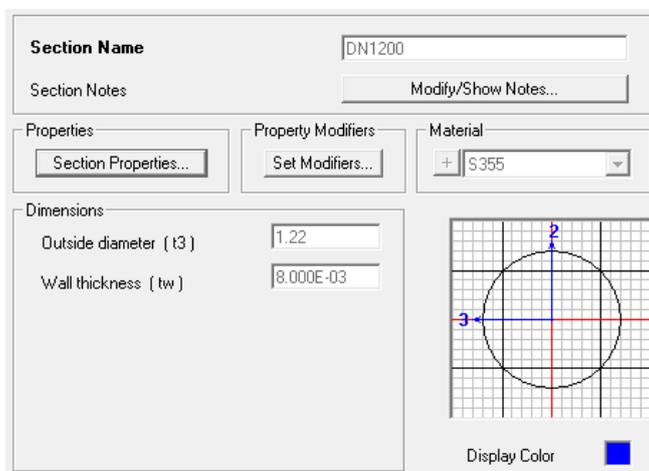


Figura 84 - Geometria tubo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 97 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

General Data

Material Name and Display Color: ■

Material Type:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E:

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Figura 85 - Caratteristiche materiale

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	<input type="text" value="0.0305"/>	Section modulus about 3 axis	<input type="text" value="9.170E-03"/>
Moment of Inertia about 3 axis	<input type="text" value="5.593E-03"/>	Section modulus about 2 axis	<input type="text" value="9.170E-03"/>
Moment of Inertia about 2 axis	<input type="text" value="5.593E-03"/>	Plastic modulus about 3 axis	<input type="text" value="0.0118"/>
Product of Inertia about 2-3	<input type="text" value="0."/>	Plastic modulus about 2 axis	<input type="text" value="0.0118"/>
Shear area in 2 direction	<input type="text" value="0.0152"/>	Radius of Gyration about 3 axis	<input type="text" value="0.4285"/>
Shear area in 3 direction	<input type="text" value="0.0152"/>	Radius of Gyration about 2 axis	<input type="text" value="0.4285"/>
Torsional constant	<input type="text" value="0.0112"/>	Shear Center Eccentricity (x3)	<input type="text" value="0."/>

Figura 86 - Proprietà tubo ARIN DN1200 / sp=8.0mm

Gli effetti della deformazione ricavata dal modello 3D sono stati considerati attraverso l'applicazione di cedimenti imposti al modello 2D in esame.

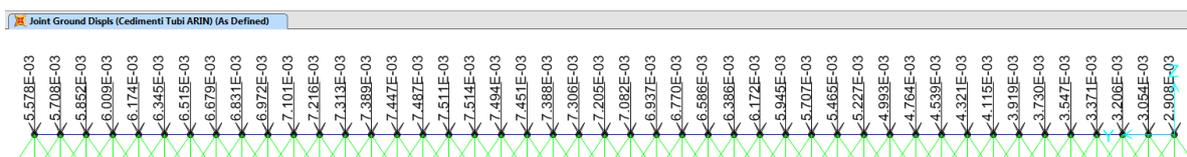


Figura 87 - Cedimenti imposti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		

Nel seguito è presentato il diagramma del momento flettente (in condizioni di esercizio) dovuto all'applicazione del campo di spostamenti ricavati dal modello 3D.

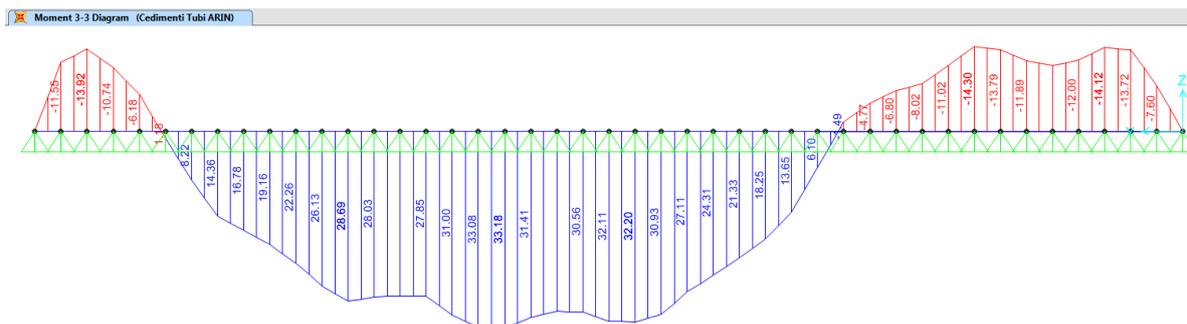


Figura 88 - Momento flettente dovuto ai cedimenti imposti – $M_{max} \approx 33 \text{ kNm}$

Considerando la massima sollecitazione flettente ottenuta dall'analisi strutturale, la tensione agente nella sezione del tubo risulta:

$$M_{max} = 33 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = 9.170 \text{ E-}03 \text{ m}^3$$

$$\sigma = M_{max} / W_{el} = 33 \text{ kNm} / 9.170 \text{ E-}03 \text{ m}^3 = 3599 \text{ kNm}^2 = 3.6 \text{ N/mm}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 99 di 129

12.2.2 Tubo ARIN "B" – DN1000

12.2.2.1 Analisi Deformazioni (combinazione SLE-Rara)

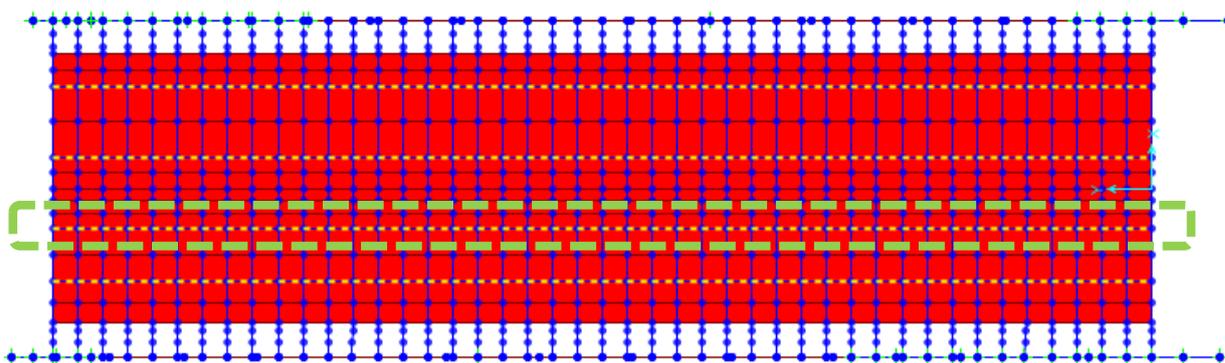
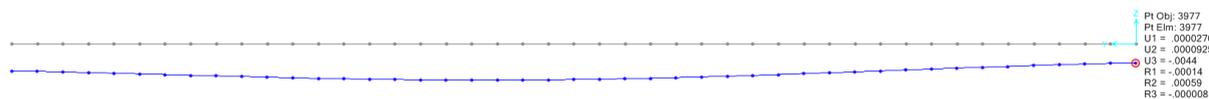
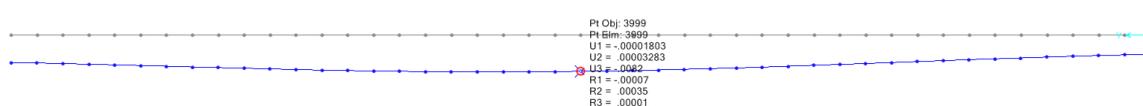


Figura 89 - Allineamento longitudinale lungo il tubo "B" nel modello 3D

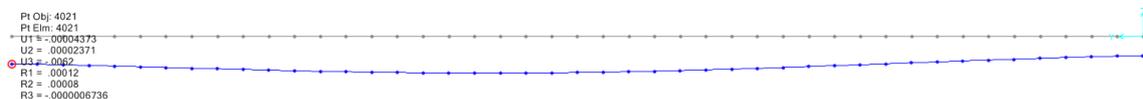
- Sezione di controllo B1: uz=4.4mm



- Sezione di controllo A: uz=8.2mm



- Sezione di controllo B2: uz=6.2mm



La freccia massima risulta pari a:

$$\Delta_{Spos} = 8.2\text{m} - 4.4\text{mm} = 3.8\text{mm}$$

Il rapporto tra la lunghezza L e la freccia Δ_{Spos} risulta pari a:

$$L/\Delta_{Spos} = 38544 \text{ mm} / 3.8 \text{ mm} \approx 10143$$

Questo valore risulta compatibile con i limiti indicati in sede di PD: una freccia massima di L/700 ovvero circa 55 mm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	100 di 129			

La distorsione massima risulta pari a:

$$L_{A-B1}/\Delta_{spos} = 19272 \text{ mm} / 3.8 \text{ mm} \approx 5071$$

Confrontando i valori dedotti dai riferimenti di letteratura con quelli ricavati dal modello di calcolo, si può affermare che i limiti siano ampiamente soddisfatti.

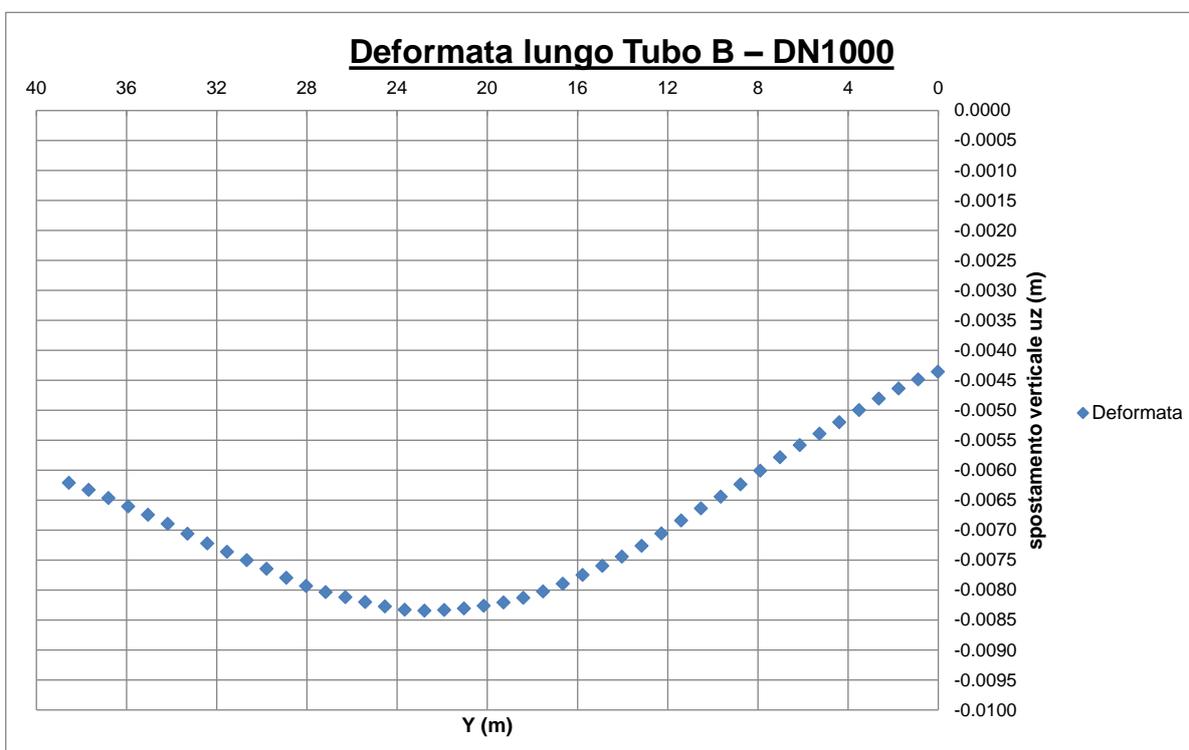


Figura 90 – Modello 3D - Deformata lungo il tubo “B”

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 101 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

12.2.2.2 Analisi strutturale

Nel seguito sono presentate le principali informazioni inerenti il modello 2D utilizzato per l'analisi strutturale del tubo ARIN.

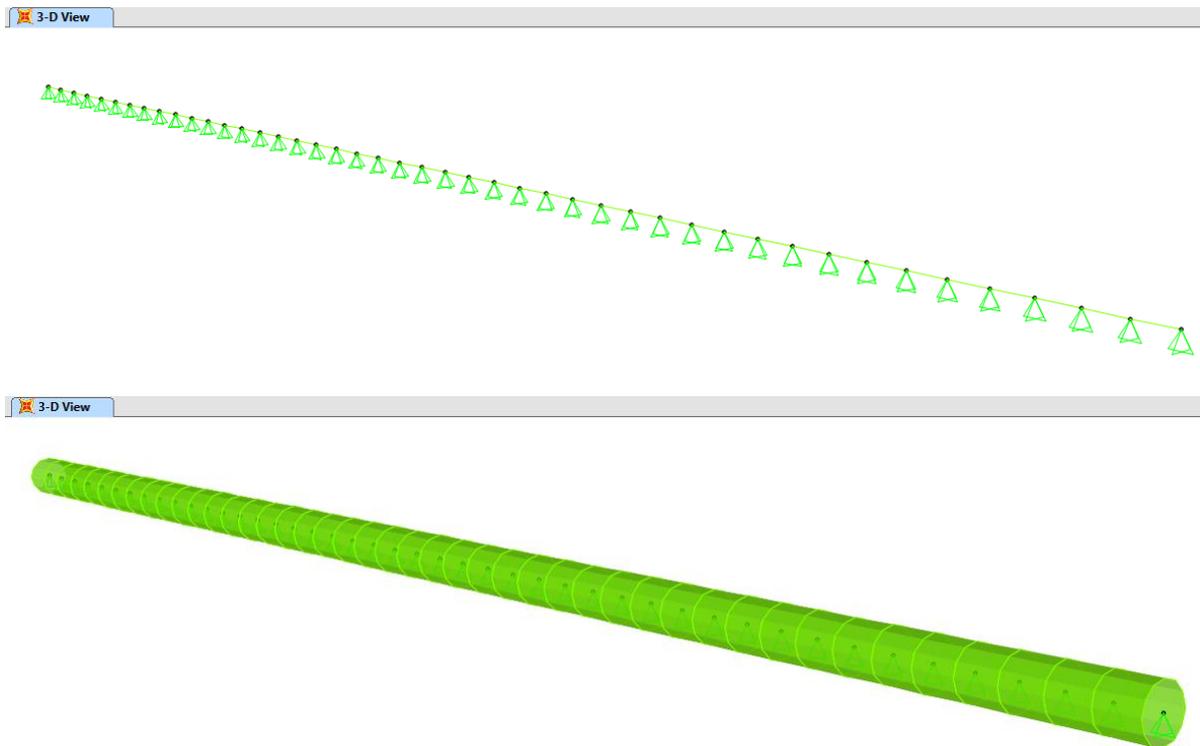


Figura 91 - Modellazione tubo ARIN

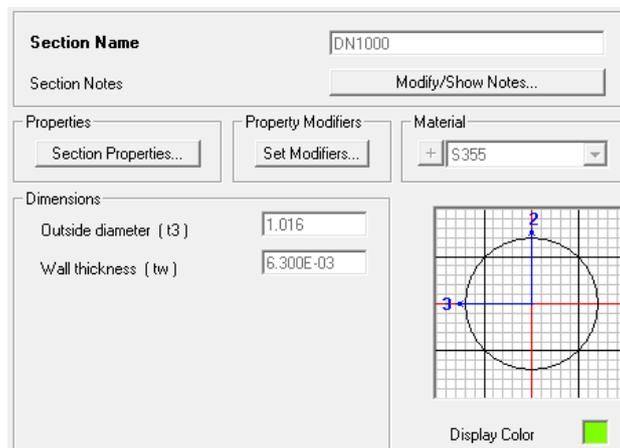


Figura 92 - Geometria tubo

APPALTATORE: <u>Mandataria:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 102 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

General Data

Material Name and Display Color: S355 ■

Material Type: Steel

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.100E+08

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 80769231

Figura 93 - Caratteristiche materiale

Section Name: DN1000

Properties

Cross-section (axial) area	0.02	Section modulus about 3 axis	5.013E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.547E-03	Section modulus about 2 axis	5.013E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.547E-03	Plastic modulus about 3 axis	6.423E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.423E-03
Shear area in 2 direction	9.992E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.357
Shear area in 3 direction	9.992E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.357
Torsional constant	5.094E-03	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 94 - Proprietà tubo ARIN DN1000 / sp=6.3mm

Gli effetti della deformazione ricavata dal modello 3D sono stati considerati attraverso l'applicazione di cedimenti imposti al modello 2D in esame.

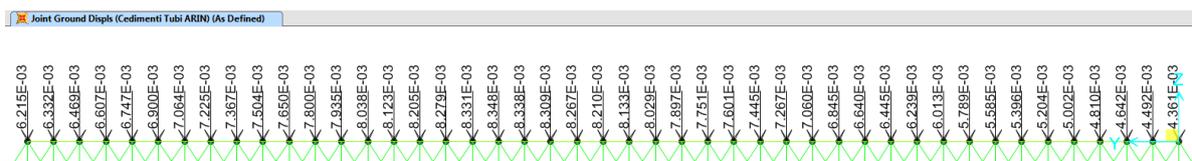


Figura 95 - Cedimenti imposti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005		REV. C

Nel seguito è presentato il diagramma del momento flettente (in condizioni di esercizio) dovuto all'applicazione del campo di spostamenti ricavati dal modello 3D.

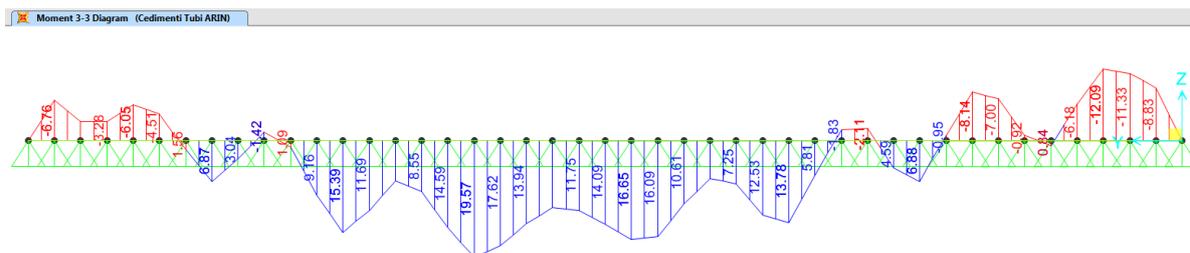


Figura 96 - Momento flettente dovuto ai cedimenti imposti – $M_{max} \approx 20 \text{ kNm}$

Considerando la massima sollecitazione flettente ottenuta dall'analisi strutturale, la tensione agente nella sezione del tubo risulta:

$$M_{max} = 20 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = 5.013 \text{ E-03 m}^3$$

$$\sigma = M_{max} / W_{el} = 20 \text{ kNm} / 5.013 \text{ E-03 m}^3 = 3990 \text{ kNm}^2 = 3.9 \text{ N/mm}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	104 di 129

12.2.3 Considerazioni in merito agli incrementi tensionali

Si riportano nel seguito delle considerazioni sull'incremento tensionale dovuto al cedimento indotto dalla realizzazione della galleria.

Dalla relazione di calcolo relativa alle tubazioni in esercizio si deducono le seguenti indicazioni:

Diametro	Condizione di carico	Massima tensione	Fattore di sicurezza
1200	Tubazione piena non in pressione	187.8 MPa	1.89
	Tubazione vuota	176.8 MPa	2.01
	Tubazione piena e in pressione	146.0 MPa	2.43
600	Tubazione piena non in pressione	180.5 MPa	1.97
	Tubazione vuota	176.6 MPa	2.01
	Tubazione piena e in pressione	152.5 MPa	2.33
1200 EX PRFV	Tubazione piena non in pressione	196.6 MPa	1.81
	Tubazione vuota	176.6 MPa	2.01
	Tubazione piena e in pressione	165.4 MPa	2.15
1000	Tubazione piena non in pressione	191.5 MPa	1.85
	Tubazione vuota	176.6 MPa	2.01
	Tubazione piena e in pressione	164.2 MPa	2.16

Figura 97 - Verifiche tensionali riportate per i tubi in oggetto

Dalle considerazioni sopra riportate si nota che l'incremento tensionale dovuto al cedimento indotto si attesta al massimo sul 2%. Tale incremento non comporta un superamento dei limiti tensionali considerando che i fattori di sicurezza sono sempre superiori a 1.8: è dunque garantita l'integrità strutturale del sistema.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 105 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

13 ANALISI E VERIFICA OPERE PROVVISORIALI – PARATIE

13.1 SEZIONI DI CALCOLO

Per l'analisi delle opere di sostegno si sono analizzate due sezioni di calcolo considerate rappresentative delle diverse situazioni.

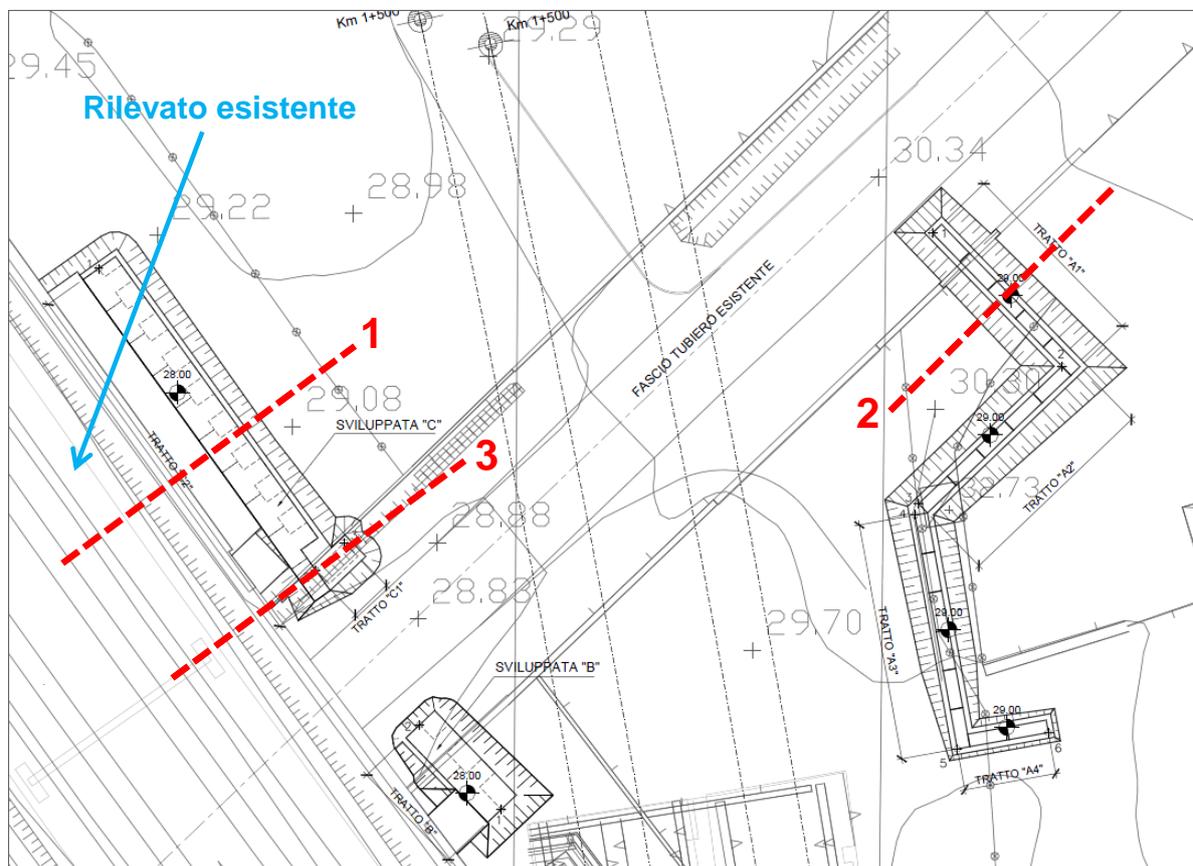


Figura 98 – Planimetria con indicazione delle sezioni di calcolo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	106 di 129

13.1.1 Metodologia di analisi

Il calcolo è stato eseguito attraverso il codice Paratie Plus 2014 fornito dalla Harpaceas, considerando le diverse condizioni di carico a cui è soggetta la paratia durante le fasi di scavo parziale ed esecuzione dei tiranti (dove previsti).

Le azioni agenti sono quelle prodotte dalla spinta delle terre e dell'acqua, valutate automaticamente dal software, sia a monte che a valle.

Nelle sezioni di calcolo 1 e 3, a tergo della paratia è stato considerato un sovraccarico a piano campagna che simula la presenza del rilevato:

$$\gamma_{\text{riporto}} \cdot h_{\text{rilevato}} = 18 \text{ kN/m}^3 \cdot 11.5\text{m} = 207 \text{ kN/m}^2$$

Nell'ultima step di calcolo, a scavo completato, si considera l'aggiunta un sovraccarico variabile pari a 20 kN/m² a simulare il transito di un mezzo sopra il rilevato. Il valore finale del sovraccarico risulta quindi pari a 227 kN/m².

Nella sezione di calcolo 2, a tergo della paratia, è stato considerato un sovraccarico variabile a piano campagna pari a 10 kN/m² a simulare il transito/stazionamento di un mezzo di cantiere per una fascia di larghezza pari a 20 m.

13.1.2 Geometria di calcolo

Nella tabella seguente si riepilogano le caratteristiche geometriche dei diaframmi e degli elementi di sostegno orizzontale considerate nel calcolo:

Sezione	Geometria [m]	H [m]	Tiranti
1 (Paratia C)	Sezione a "T" = 2.50 m x 2.50 m x 1.20 m (nella modellazione è stata utilizzata una sezione rettangolare equivalente con inerzia pari a 0.8729 m ⁴ /m)	20.0 m	-
2 (Paratia A)	Sezione rettangolare = 2.50 m x 0.80 m	15.0 m	-
3 (Paratia C)	Sezione rettangolare = 2.50 m x 1.20 m	20.0 m	n° tr = 3 φ tr = 0.6 " φ perf = 120 mm i = 2.5 m α = 20° LL=6.0m; LB=8.0m Ltot = 14.0 m Metodo = IRS P0 = 200 kN

Tabella 5 – Caratteristiche delle sezioni di calcolo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	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 OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 107 di 129

La quota di testa diaframmi, l'altezza massima di scavo e la stratigrafia sono state dedotte dai profili in corrispondenza delle sezioni di calcolo.

Si riportano nel seguito i dati di input considerati per le analisi svolte.

- **Sezione 1**

Quota testa diaframma (trave di testa)	+28.00 mslm
Quota piede diaframma	+8.00 mslm
Quota fondo scavo	+23.00 mslm
Altezza totale di scavo da testa diaframmi	5.00 m
Spessore strato "DI" - Sabbie	4.60 m
Spessore strato "Po" - Piroclastiti	fino a fine modello
Quota falda	-14.00 m da p.c

- **Sezione 2**

Quota testa diaframma (trave di testa)	+29.00 mslm
Quota piede diaframma	+14.00 mslm
Quota fondo scavo	+23.50 mslm
Altezza totale di scavo da testa diaframmi	5.50 m
Spessore strato "DI" - Sabbie	4.60 m
Spessore strato "Po" - Piroclastiti	fino a fine modello
Quota falda	-14.00 m da p.c

- **Sezione 3**

Quota testa diaframma (trave di testa)	+28.00 mslm
Quota piede diaframma	+8.00 mslm
Quota fondo scavo	+23.00 mslm
Altezza totale di scavo da testa diaframmi	5.00 m
Spessore strato "DI" - Sabbie	4.60 m
Spessore strato "Po" - Piroclastiti	fino a fine modello

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 108 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

Quota falda

-14.00 m da p.c

Quota tirante

+26.5 mslm

Dati Tirante

Sezione
 Modifica...

L. Libera m > Angolo °

L. Bulbo (Lfix) m Passo orizz. m

Efficacia bulbo (%) Precarico kN

Diametro Perforazione m

Usa coefficienti di aderenza personalizzati

Metodo di Iniezione

α Qskin kPa

Figura 99 – Dati Tiranti

13.2 CRITERI DI CALCOLO

Conformemente alla normativa, si considerano i seguenti stati limite:

- SLE: stato limite di esercizio, in cui le azioni (A) e le caratteristiche dei materiali/terreni (M) sono portati in conto con i loro valori caratteristici (Ak) e (Mk).
- SLU1: stato limite ultimo, combinazione A1+M1, in cui le azioni vengono amplificate con opportuni set di coefficienti parziali (gruppo A1), mentre le resistenze di materiali e terreni vengono abbattute mediante opportuni set di coefficienti parziali (gruppo M1).
- SLU2: stato limite ultimo, combinazione A2+M2, in cui le azioni vengono amplificate con opportuni set di coefficienti parziali (gruppo A2), mentre le resistenze di materiali e terreni vengono abbattute mediante opportuni set di coefficienti parziali (gruppo M2).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 109 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

13.3 RISULTATI

Di seguito si riporta, per ciascuna sezione di calcolo analizzata, l'involuppo dei risultati utilizzati per le verifiche.

13.3.1 Sezione 1

$$u_{\max} = 2.0 \text{ mm}$$

$$M_{\text{ed_max-SLU}} = -731 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{ed_max-SLU}} = 203 \text{ kN/m}$$

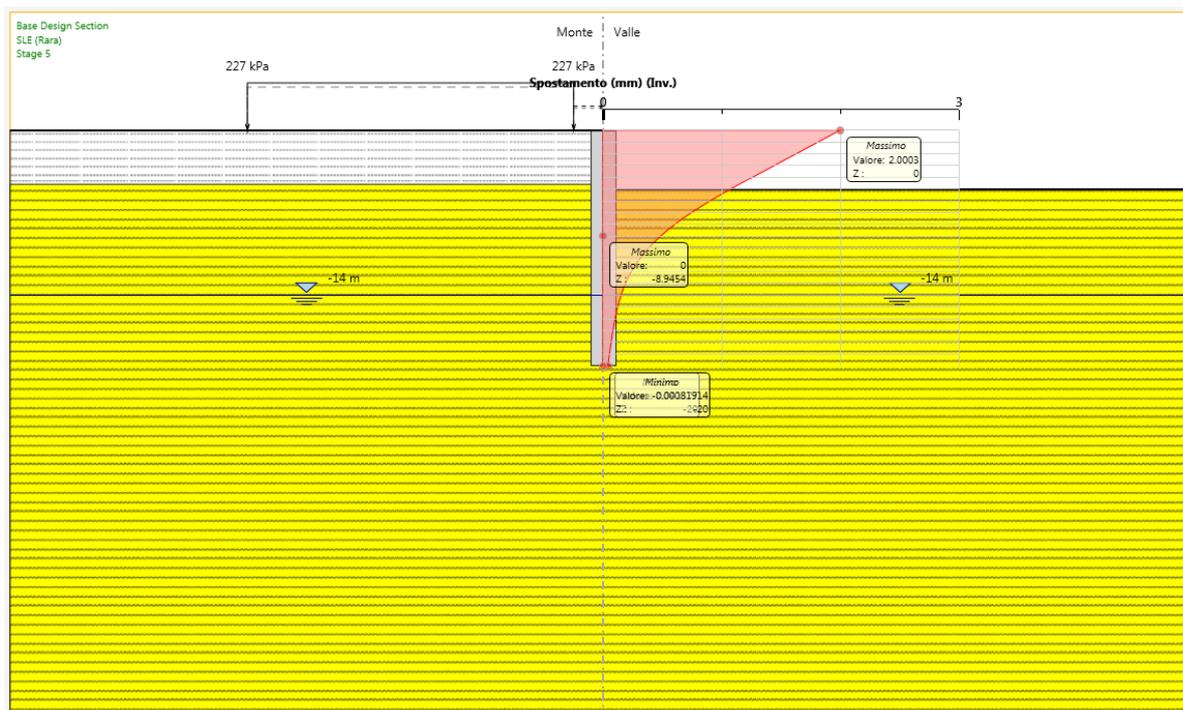


Figura 100 – Involuppo massimo spostamenti – combinazione SLE

Lo spostamento massimo della paratia risulta accettabile.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 110 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

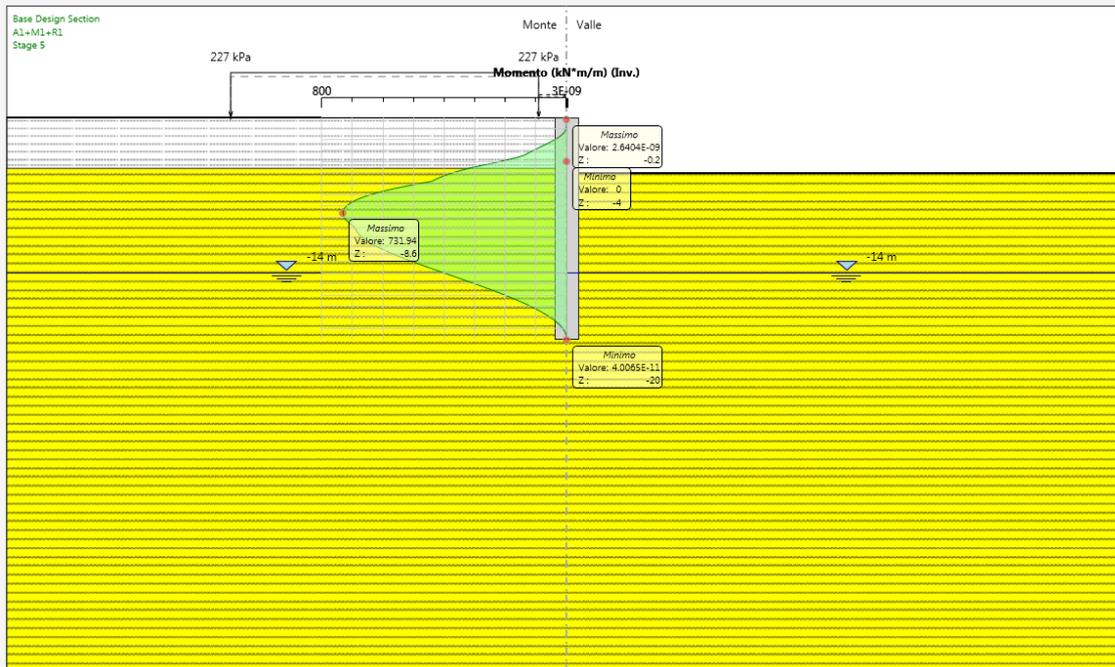


Figura 101 – Involuppo massimo momento flettente – combinazioni SLU1 e SLU2

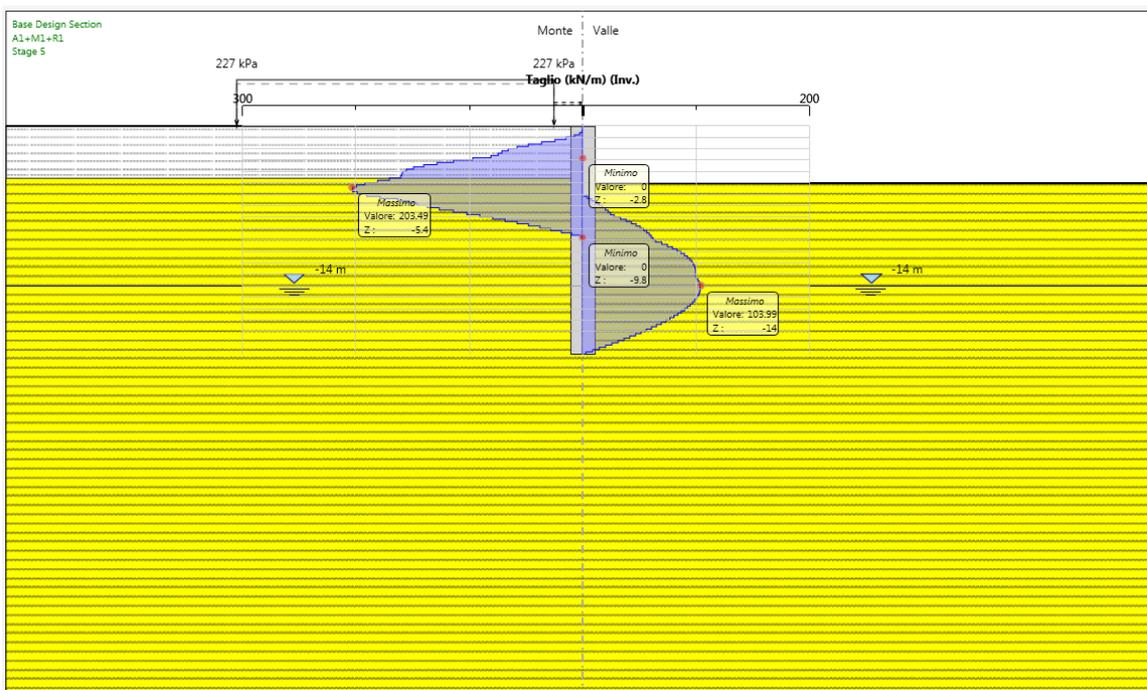


Figura 102 – Involuppo massimo taglio – combinazioni SLU1 e SLU2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 111 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

13.3.2 Sezione 2

$$u_{\max} = 25.6 \text{ mm}$$

$$M_{\text{ed,max-SLU}} = -777 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{ed,max-SLU}} = 201 \text{ kN/m}$$

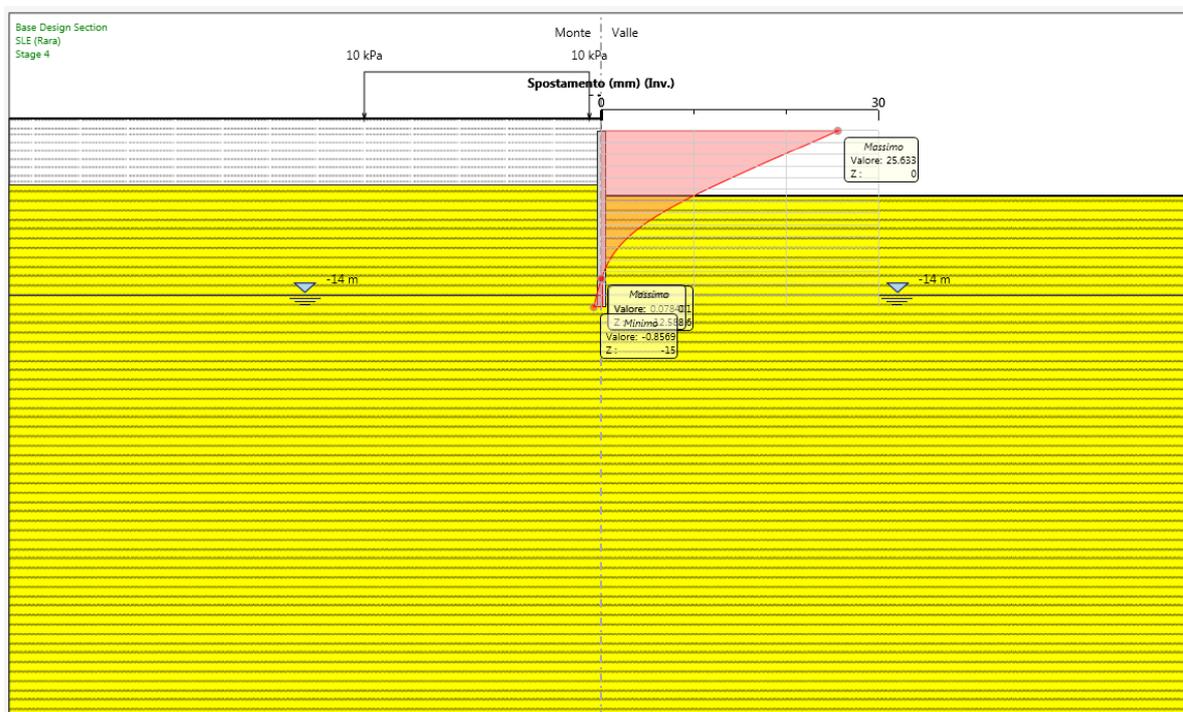


Figura 103 – Involuppo massimo spostamenti – combinazione SLE

Lo spostamento massimo della paratia risulta accettabile.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 112 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

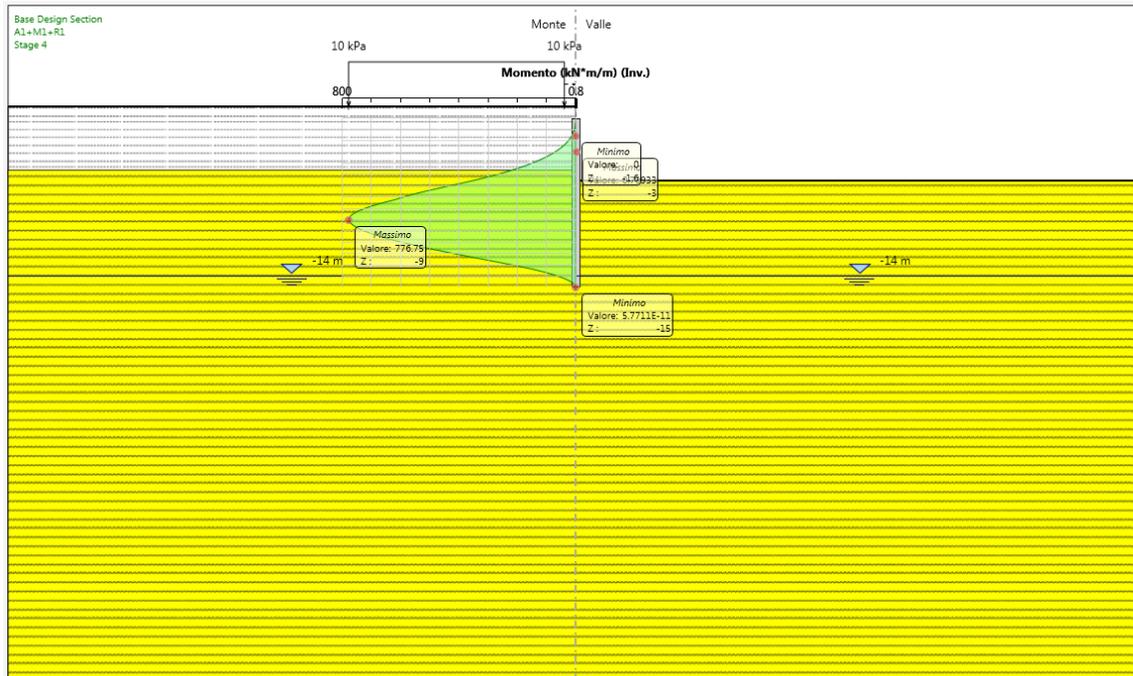


Figura 104 – Involuppo massimo momento flettente – combinazioni SLU1 e SLU2



Figura 105 – Involuppo massimo taglio – combinazioni SLU1 e SLU2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 113 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

13.3.3 Sezione 3

$$u_{\max} = 1.7 \text{ mm}$$

$$M_{\text{ed_max-SLU}} = -263 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{ed_max-SLU}} = 124 \text{ kN/m}$$

$$R_{\text{ed_max-SLU}} = 107 \text{ kN/m}$$

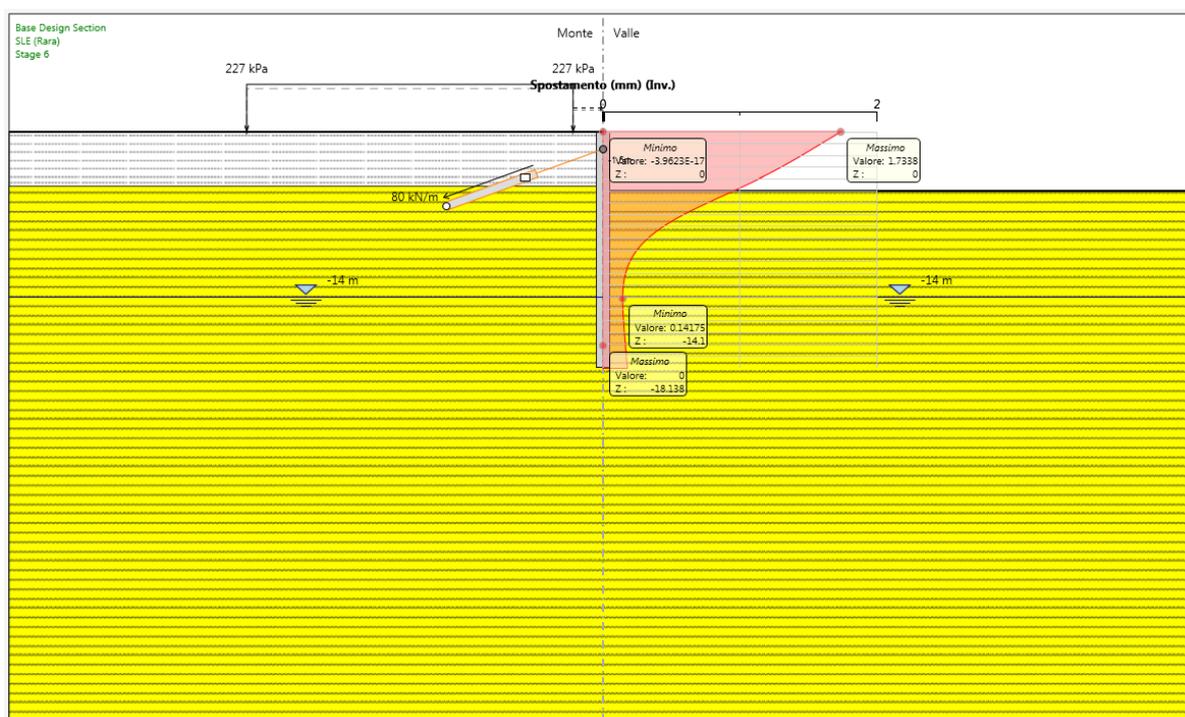


Figura 106 – Involuppo massimo spostamenti – combinazione SLE

Lo spostamento massimo della paratia risulta accettabile.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 114 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

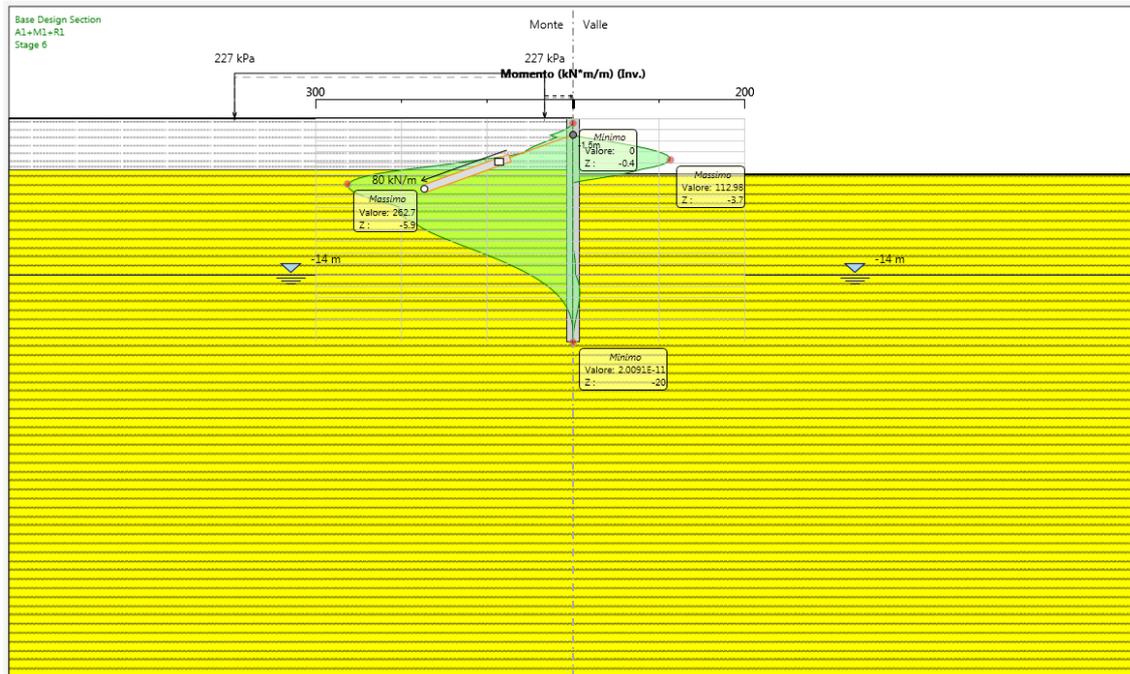


Figura 107 – Involuppo massimo momento flettente – combinazioni SLU1 e SLU2

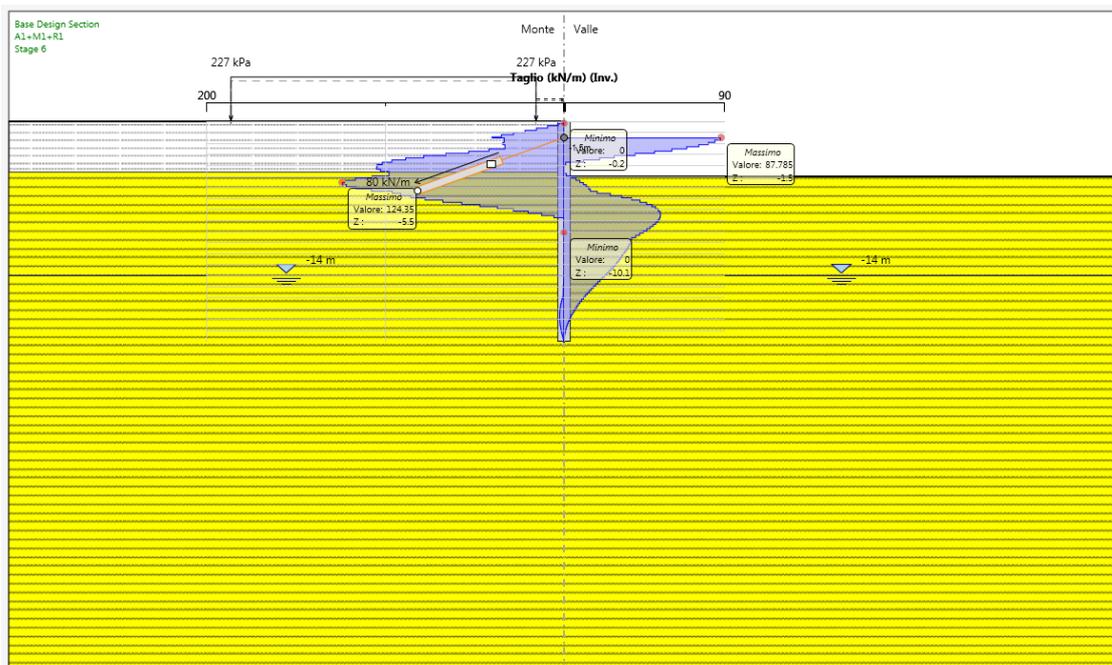


Figura 108 – Involuppo massimo taglio – combinazioni SLU1 e SLU2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 115 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

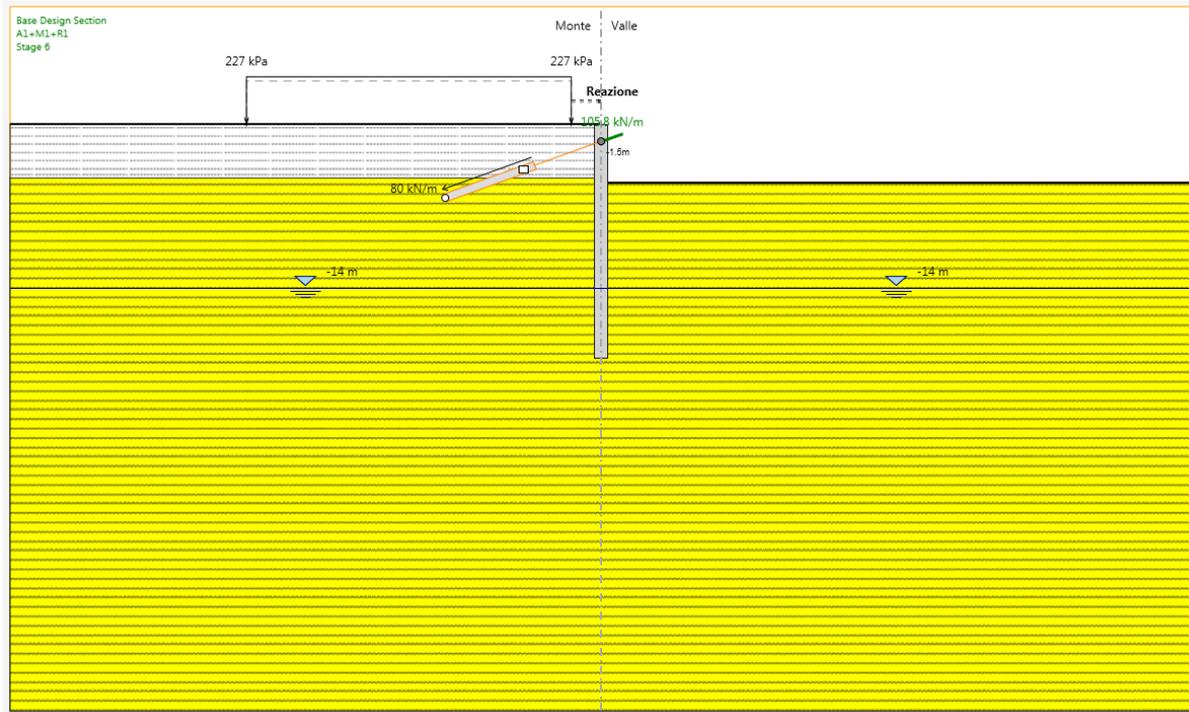


Figura 109 – Involuppo massimo reazioni vincolari supporto – combinazioni SLU1 e SLU2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA						
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	116 di 129						

13.4 VERIFICHE

Di seguito si riportano per ciascuna sezione di calcolo analizzata le verifiche strutturali svolte. Nel dettaglio si verificano i seguenti elementi strutturali:

- Diaframma;
- Tiranti (dove previsti).

Le verifiche di resistenza degli elementi strutturali sono eseguite, considerando le massime sollecitazioni per ciascuna sezione di calcolo.

13.4.1 Sezione 1

- Flessione

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$Med = -731 \text{ kNm/m} \cdot 2.50\text{m} = -1828 \text{ kNm}$$

Considerando al lembo teso $12\Phi 20$ e al lembo compresso $6\Phi 20$, si ottiene:

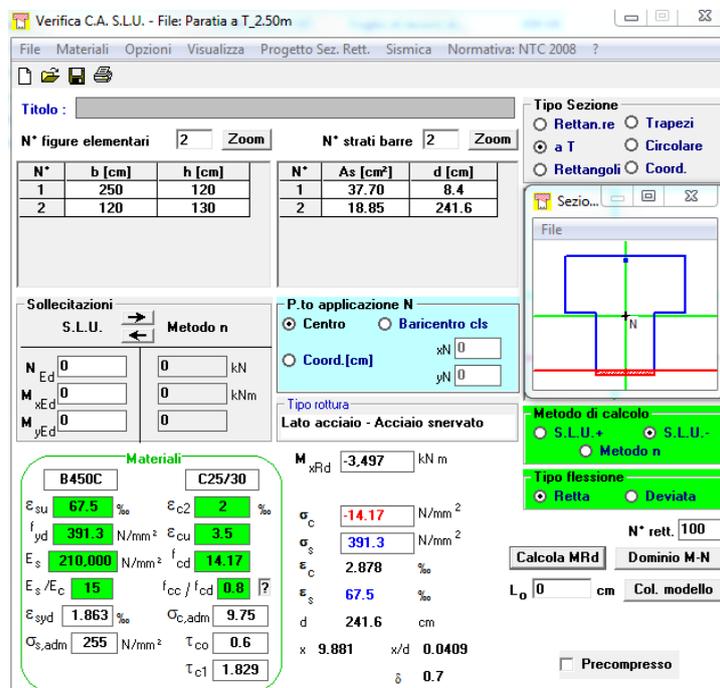


Figura 110 - Verifica flessionale SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $Med < Mrd (= -3497 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>117 di 129</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	117 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	117 di 129								

- **Taglio**

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$V_{ed} = 203 \text{ kNm/m} \cdot 2.50\text{m} = 508 \text{ kNm}$$

Considerando un'armatura a taglio costituita da staffe $\phi 14$ a passo 30 cm ($n^{\circ}2$ braccia resistenti), si ottiene:

Shear Capacity (ref. EN 1992-1-1:2004 - 6.2.2 Members that requires shear reinforcement)				
Stresses				
V_{ed} (shear force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,c}$	1.50
N_{ed} (normal force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,s}$	1.15
Material Properties				
Concrete				
f_{ck} (characteristic strength concrete)	25.0	[MPa]	α_{cc}	0.85
f_{cd} (design strength concrete)	14.2	[MPa]	CRd,c	0.12
Steel				
f_{yk} (characteristic strength steel)	450.0	[MPa]	k	1.29
f_{yd} (design strength steel)	391.3	[MPa]	k1	0.15
Geometry Section				
b_w (smallest width of the cross-section in the tensile area)	1200	[mm]	v min	0.26
h (section height)	2500	[mm]	z	2187
Main Reinforcement				
c (cover of outmost layer)	60	[mm]	v1 [-]	0.540
d (effective depth of beam) = h - cm	2430	[mm]	σ_{cp}/f_{cd} [-]	0.00
A_{st} (area of tensile reinforcement)	3770	[mm ² /m]	α_{cw} [-]	1.00
$\rho = A_{st}/(b_w \cdot d)$	0.0013	[-]		
σ_{cp} (compressive stress) = $N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	0.00	[MPa]		
DESIGN OF THE Shear Reinforcement				
Φ_{sw} (diameter of shear reinforcement)	14	[mm]	20	200
n_{sw}/m (along b_w direction)	2.0	[n ^o /bv]	0	200
s_{sw} (spacing along b_w direction)	500	[mm]	70.0	3770
A_{sw} (area of shear reinforcement)	308	[mm ² /bv]	112.0	0
s (spacing) in the other direction	300	[mm]	112.0	0
α	90	[°]	112.0	0
θ (assumed for the curtailment)	45	[°]	112.0	0
ctg θ	1.00	[-]	112.0	0
A_{sw}/s	1.03	[mm ² /mm]/bv	As tot	3770
Summary of steel:	Shear reinforcement:	L14-500x300	cm	70
Check with Shear Reinforcement				
$V_{Rd,s}$ (shear strength - shear reinforcement)	878	[kN/m]		
$V_{Rd,max}$ (shear strength - concrete)	10039	[kN/m]		
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	878	[kN/m]		

Figura 111 – Verifica a taglio SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $V_{ed} < V_{rd}(=878 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C 118 di 129

13.4.2 Sezione 2

- **Flessione**

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$M_{ed} = -777 \text{ kNm/m} \cdot 2.50\text{m} = -1942 \text{ kNm}$$

Considerando al lembo teso $14\Phi 20 + 14\Phi 20$ e al lembo compresso $14\Phi 20$, si ottiene:

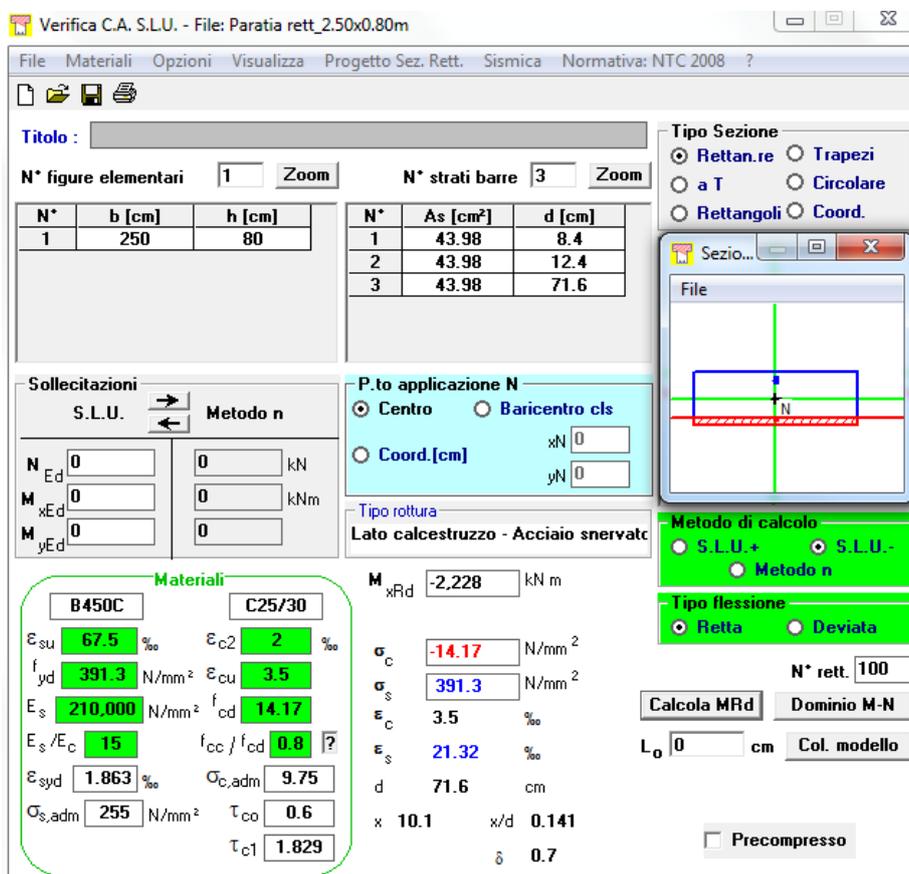


Figura 112 - Verifica flessionale SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $M_{ed} < M_{rd} (= -2228 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.E0.005 C 119 di 129	

- **Taglio**

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$V_{ed} = 201 \text{ kNm/m} \cdot 2.50\text{m} = 503 \text{ kNm}$$

Considerando un'armatura a taglio costituita da staffe $\Phi 14$ passo 30cm (n°4 braccia resistenti), si ottiene:

Shear Capacity (ref. EN 1992-1-1:2004 - 6.2.2 Members that requires shear reinforcement)				
Stresses				
V_{ed} (shear force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,c}$	1.50
N_{ed} (normal force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,s}$	1.15
Material Properties				
Concrete				
f_{ck} (characteristic strength concrete)	25.0	[MPa]	α_{cc}	0.85
f_{cd} (design strength concrete)	14.2	[MPa]	CRd,c	0.12
Steel				
f_{yk} (characteristic strength steel)	450.0	[MPa]	k	1.52
f_{yd} (design strength steel)	391.3	[MPa]	k1	0.15
Geometry Section				
b_w (smallest width of the cross-section in the tensile area)	2500	[mm]	v min	0.33
h (section height)	800	[mm]	z	657
Main Reinforcement				
c (cover of outmost layer)	60	[mm]	v1 [-]	0.540
d (effective depth of beam) = h - cm	730	[mm]	σ_{cp}/f_{cd} [-]	0.00
A_{st} (area of tensile reinforcement)	3770	[mm ² /m]	α_{cw} [-]	1.00
$\rho = A_{st}/(b_w \cdot d)$	0.0021	[-]		
σ_{cp} (compressive stress) = $N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	0.00	[MPa]		
DESIGN OF THE Shear Reinforcement				
Φ_{sw} (diameter of shear reinforcement)	14	[mm]	20	100
n_s/m (along b_w direction)	4.0	[n°/bv]	0	100
s_{sw} (spacing along b_w direction)	250	[mm]	0	100
A_{sw} (area of shear reinforcement)	616	[mm ² /bv]	0	100
s (spacing) in the other direction	300	[mm]	0	100
α	90	[°]	0	100
θ (assumed for the curtailment)	45	[°]	0	100
ctg θ	1.00	[-]	0	100
A_{sw}/s	2.05	[mm ² /mm]/bv	As tot	
Summary of steel:	Shear reinforcement:	L14-250x300	3770	
Check with Shear Reinforcement				
$V_{Rd,s}$ (shear strength - shear reinforcement)	528	[kN/m]	70	
$V_{Rd,max}$ (shear strength - concrete)	6283	[kN/m]	cm	
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	528	[kN/m]		

Figura 113 – Verifica a taglio SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $V_{ed} < V_{rd}(=528 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.E0.005 C 120 di 129	

13.4.3 Sezione 3

- Flessione

Per la verifica dei diaframmi si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$Med = -263 \text{ kNm/m} \cdot 2.50\text{m} = -658 \text{ kNm}$$

Considerando al lembo teso 12Φ20 e al lembo compresso 12Φ20, si ottiene:

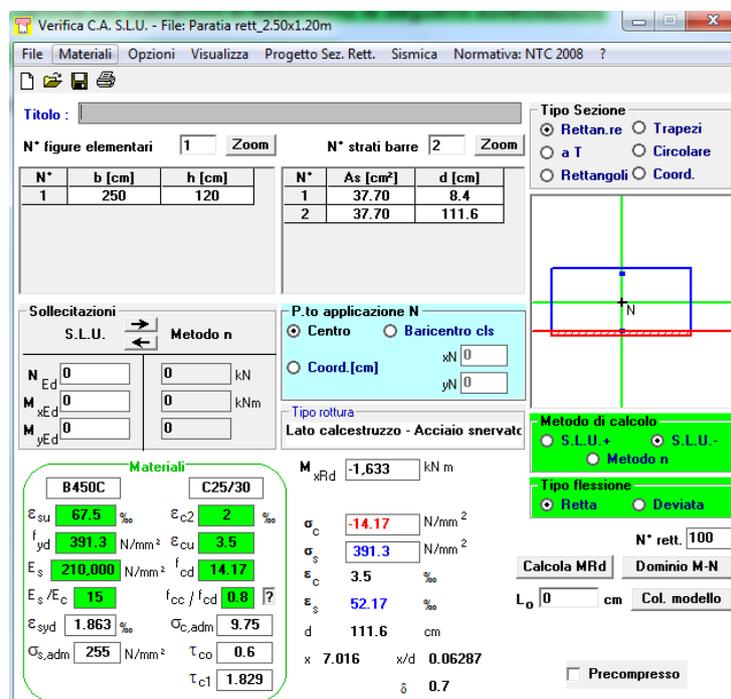


Figura 114 - Verifica flessionale SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $Med < Mrd (= -1633 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL GA.01.E0.005 C 121 di 129	

- **Taglio**

Per la verifica si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$V_{ed} = 124 \text{ kNm/m} \cdot 2.50\text{m} = 310 \text{ kNm}$$

Considerando un'armatura a taglio costituita da staffe $\phi 14$ passo 30cm (n°2 braccia resistenti), si ottiene:

Shear Capacity (ref. EN 1992-1-1:2004 - 6.2.2 Members that requires shear reinforcement)				
Stresses				
V_{ed} (shear force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,c}$	1.50
N_{ed} (normal force SLU)	1	[kN/m]	$\gamma_{ULS,s}$	1.15
Material Properties				
Concrete				
f_{ck} (characteristic strength concrete)	25.0	[MPa]	α_{cc}	0.85
f_{cd} (design strength concrete)	14.2	[MPa]	CRd,c	0.12
Steel				
f_{yk} (characteristic strength steel)	450.0	[MPa]	k	1.42
f_{yd} (design strength steel)	391.3	[MPa]	k1	0.15
Geometry Section				
b_w (smallest width of the cross-section in the tensile area)	2500	[mm]	v min	0.30
h (section height)	1200	[mm]	z	1017
Main Reinforcement				
c (cover of outmost layer)	60	[mm]	v1 [-]	0.540
d (effective depth of beam) = h - cm	1130	[mm]	α_{cp}/f_{cd} [-]	0.00
A_{st} (area of tensile reinforcement)	3770	[mm ² /m]	α_{cw} [-]	1.00
$\rho = A_{st}/(b_w \cdot d)$	0.0013	[-]		
σ_{cp} (compressive stress) = $N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	0.00	[MPa]		
DESIGN OF THE Shear Reinforcement				
Φ_{sw} (diameter of shear reinforcement)	14	[mm]	20	100
n_s/m (along b_w direction)	2.0	[n°/bv]	70.0	3770
s_{sw} (spacing along b_w direction)	500	[mm]	0	100
A_{sw} (area of shear reinforcement)	308	[mm ² /bv]	0	100
s (spacing) in the other direction	300	[mm]	0	100
α	90	[°]	0	100
θ (assumed for the curtailment)	45	[°]	0	100
ctg θ	1.00	[-]	0	100
A_{sw}/s	1.03	[mm ² /mm]/bv	0	100
Summary of steel:	Shear reinforcement:	L14-500x300		
Check with Shear Reinforcement				
$V_{Rd,s}$ (shear strength - shear reinforcement)	408	[kN/m]		
$V_{Rd,max}$ (shear strength - concrete)	9725	[kN/m]		
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	408	[kN/m]		

Figura 115 – Verifica a taglio SLU

La verifica risulta soddisfatta poiché $V_{ed} < V_{rd}(=408 \text{ kNm})$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 122 di 129
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO								

- **Verifica tiranti**

Per i tiranti si riporta la verifica svolta direttamente dal programma di calcolo secondo la normativa di riferimento in accordo a quanto descritto al paragrafo 7.2.3.

Proprietà di progetto

Normativa per il C.A.

Normativa per l'acciaio

Normativa per Verifica Tiranti

Parametri Verifica Tiranti

GEO FS

ξ_{a3}

γ_s

Figura 116 – Parametri di verifica tiranti

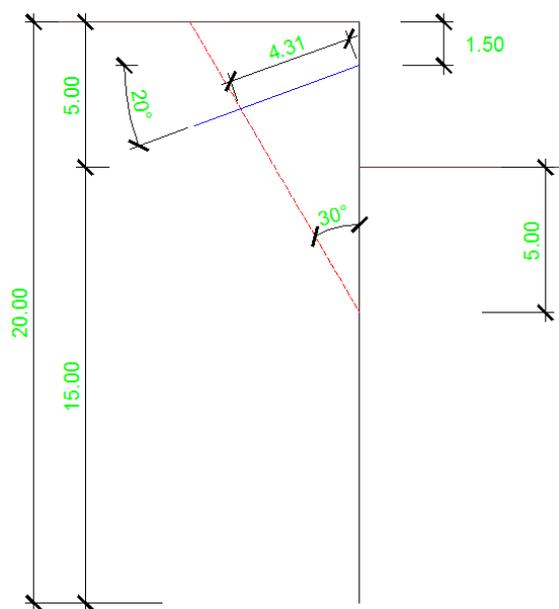


Figura 117 – Verifica lunghezza libera tirante: $LL(=6.00m) > LLmin(=4.31m)$

Design Assumption: <input type="text" value="A1+M1+R1"/>								
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tirante 1	Stage 4	260	319.87	605.56	0.813	0.429	✓	✓
Tirante 1	Stage 5	264.2	319.87	605.56	0.826	0.436	✓	✓
Tirante 1	Stage 6	264.49	319.87	605.56	0.827	0.437	✓	✓

Figura 118 – Verifica tiranti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.						
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 123 di 129		

14 ANALISI DELLE VIBRAZIONI

14.1 VIBRAZIONI IN CORSO D'OPERA

Come richiesto da ABC è stato analizzato il tema delle vibrazioni indotte sulla struttura esistente, in particolare sui tubi Arin, nel corso delle diverse lavorazioni.

Tra le diverse lavorazioni previste, quella che necessita di maggiore attenzione è l'esecuzione delle perforazioni orizzontali per mezzo di pressotrivella, propedeutica alla realizzazione dei tubi di sostegno.

L'approccio definito per l'analisi delle vibrazioni si basa sul seguente schema procedurale:

- Definizione, in fase progettuale, di valori limite di frequenza;
- Definizione, in fase progettuale, dei principi con cui si modificheranno o fermeranno le lavorazioni sulla base dei risultati del monitoraggio in corso d'opera;
- Esecuzione di test di prova per calibrare la macchina esecutrice delle perforazioni (potenza, velocità di rotazione, spinta,...) al fine di non superare durante lo scavo i valori limite imposti;
- Monitoraggio e valutazione in corso d'opera delle vibrazioni indotte durante lo scavo attraverso specifica strumentazione installata nella struttura esistente;
- Confronto tra i valori di vibrazione effettivamente monitorati e i valori limite prefissati.

14.1.1 Approfondimenti sui valori di vibrazione monitorati

I valori effettivi da confrontare con le soglie di vibrazione prefissate sono ricavati tramite la strumentazione che sarà installata all'interno dello scatolare esistente. Il tipo, numero e posizione della strumentazione saranno definiti in fase progettuale di dettaglio.

Come indicatore ambientale del fenomeno si considera la velocità di vibrazione misurata in mm/s.

14.1.2 Approfondimenti sui limiti di vibrazione

Per la valutazione dei valori limite delle vibrazioni indotte sulla struttura esistente, si considera la normativa svizzera SN 640 312a. Tale normativa, infatti, tratta il fenomeno delle vibrazioni indotte su elementi sensibili da fenomeni isolati, frequenti o permanenti.

Per stabilire i valori limite, lo standard prevede un range di frequenza compreso tra 2 Hz e 300Hz, rilevando la necessità di prestare attenzione alle basse frequenze, e classifica i fenomeni sismici in funzione del numero di sismi che investono la struttura da

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 124 di 129

salvaguardare: il fenomeno è occasionale per un numero di sismi < 1.000; è frequente per un numero di sismi compreso tra 1.000 e 100.000; è permanente per un numero di sismi > 100.000.

Assimilando l'esecuzione delle perforazioni con pressotrivella ad un sisma, si ricade nel caso di "fenomeno occasionale".

Le varie strutture prese in considerazione dalla norma sono raggruppate in classi di sensibilità:

Classi di sensibilità	Edifici	Genio Civile
1) molto poco sensibile		<ul style="list-style-type: none"> - ponti in c.a. o in acciaio - opere di sostegno in cemento, c.a. o muratura - gallerie, condotte, caveau, pozzi in roccia e nei terreni compatti - fondazioni in c.a. - condotte a cielo aperto
2) poco sensibile	<ul style="list-style-type: none"> - edifici per le attività industriali e artigianali in c.a. o in costruzioni metalliche, nella norma senza intonaci - silos, torri in muratura o in acciaio - piloni in muratura <p><i>Condizioni: i manufatti devono essere costruiti e mantenuti secondo lo stato dell'arte</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - caveau, camere, gallerie, pozzi, condotte interrate in rocce tenere - parcheggi sotterranei - condotte di gas e d'acqua, canalizzazioni, cavi interrati - muri in pietra a secco
3) normalmente sensibile	<ul style="list-style-type: none"> - edifici abitativi in muratura di cemento, di c.a. o in mattoni - edifici di uso amministrativo, scuole, ospedali, chiese in muratura di pietra naturale, o in mattoni intonacati <p><i>Condizioni: gli edifici devono essere costruiti e mantenuti secondo lo stato dell'arte</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - opere di captazioni di sorgenti - serbatoi - condotte in ghisa - caveau, pareti e volte di gallerie - cavi sensibili
4) particolarmente sensibile	<ul style="list-style-type: none"> - Case con soffitti in gesso o muratura - costruzioni cellulari - costruzioni nuove o recentemente restaurate degli edifici di classe 3 - monumenti storici e protetti 	<ul style="list-style-type: none"> - vecchi cavi in piombo - vecchie condotte e strutture in ghisa

Tabella 6 – Classi di sensibilità (SN 640 312a)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 125 di 129

In generale, per condotte di gas e d'acqua la normativa indica la classe "2) poco sensibile". Cautelativamente, nel caso in esame, si può assegnare la classe "3) normalmente sensibile", considerando il caso di "opere di captazioni di sorgenti".

Nella tabella seguente, sono riportati i valori limite di vibrazione in funzione della classe di sensibilità.

Classi di sensibilità	Classe di frequenza delle sollecitazioni	Valore massimo del vettore velocità V_R [mm/s] Frequenza dominante <30Hz* - 30-60Hz - >60Hz**		
		< 30 Hz	30 Hz - 60 Hz	> 60 Hz
1) molto poco sensibile	occasionale	sino al triplo dei valori corrispondenti alla classe di sensibilità 3).		
	frequente			
	permanente			
2) poco sensibile	occasionale	sino al doppio dei valori corrispondenti alla classe di sensibilità 3).		
	frequente			
	permanente			
3) normalmente sensibile	occasionale	15 mm/s	20 mm/s	30 mm/s
	frequente	6 mm/s	8 mm/s	12 mm/s
	permanente	3 mm/s	4 mm/s	6 mm/s
4) particolarmente sensibile	occasionale	Compresi tra i valori della Classe 3) e la loro metà		
	frequente			
	permanente			

Tabella 7 – Limiti di vibrazione tollerabili (SN 640 312a)

14.2 VIBRAZIONI IN ESERCIZIO

Durante l'esercizio dell'infrastruttura, le vibrazioni indotte sulla struttura esistente (in particolare sui tubi Arin) e generate dal traffico ferroviario, saranno limitate a valori trascurabili dalla predisposizione in fase costruttiva di specifici sistemi antivibrazioni (armamenti con tappetini antivibranti).

Non essendo stati forniti valori specifici dall'ente gestore dell'infrastruttura si applicheranno anche in questo caso i limiti indicati dalle normative vigenti e sopra riportati.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p align="center">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p align="center">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.005</td> <td>C</td> <td>126 di 129</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	126 di 129
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	126 di 129								

15 CONCLUSIONI

L'analisi dettagliata svolta per verificare l'adeguatezza della soluzione proposta per il sostegno del fascio tubiero ha consentito di stimare gli effetti dovuti alla realizzazione della galleria sulle strutture esistenti.

In particolare, oltre alla verifica strutturale degli elementi di nuova realizzazione si sono stimate le deformazioni delle strutture esistenti e le conseguenti sollecitazioni, dimostrando l'adeguatezza della soluzione che riesce a garantire il funzionamento delle condotte ARIN durante tutte le fasi realizzative dell'opera.

In dettaglio, lungo la direzione longitudinale in corrispondenza della mezzeria dei tubi di sostegno, la freccia massima risulta uguale a 1/18000, corrispondenti a una distorsione di 1/8800. Tale valore risulta compatibile con i limiti indicati in sede di PD e con i limiti indicati in letteratura.

Come richiesto da ABC, la soluzione progettuale proposta è stata analizzata considerando anche due ulteriori aspetti tecnici. Per quanto riguarda il possibile allagamento della struttura esistente dovuto alla rottura di una tubazione, è stato dimostrato che tale "evento eccezionale" non è dimensionante in confronto alla condizione di carico "standard". Per quanto riguarda gli effetti delle lavorazioni sulle condotte Arin in termini vibrazionali, si propone una metodologia di controllo in corso d'opera che garantirà l'integrità delle strutture esistenti.

Ad ulteriore supporto della soluzione presentata, si sottolinea che essa garantisce un'indipendenza dalle strutture di galleria limitando dunque le trasmissioni di effetti vibrazionali nel lungo termine.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. PAGINA C 127 di 129

16 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Relazione di calcolo PD – IF0E00D09CLGA01E0002A
- [2] Sostegno metallico tubo Arin: Carpenteria metallica – PD – IF0E00D09BZGA01E0004B
- [3] Caratteristiche condotte / Bolla di vendita Rieti
- [4] Attraversamento fascio tubiero ARIN al 213+418.76 (Interconnessione B.D.) - Relazione di calcolo tubazioni A10433CI1ROIN4WCXG43B
- [5] Rilievo struttura esistente eseguito da “ABC”: *Deviazione Fascio Tubiero*
- [6] Relazione di calcolo scatolare A10433CI1ROIN4WBXG32B – “Attraversamento fascio tubiero Arin al km 213+418.76 – Camera di attraversamento – Relazione di calcolo
- [7] As-Built - Pianta e sezioni fascio tubiero A11541BZZP9GA0100001A – “Linea ferroviaria AV Milano-Napoli – Collegamento Nord-Sud tra la tratta AV Roma Napoli e la linea a monte del Vesuvio dal km 3+203.248 al km 5+363.762 (progr. Della tratta AV Roma-Napoli)”

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.005	C	128 di 129		

17 ALLEGATO



ACQUA BENE COMUNE - NAPOLI



Prot N. 0016296
del 26/06/2018

Spett.le
Società Consortile NACA V S.c.a.r.l.
Via dei Crociferi, 44
00187 ROMA
c.a. ing. Maurizio PANISI

OGGETTO: Linea ferroviaria Napoli - Bari, tratta Napoli-Cancello, in variante tra le pk0+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. Soluzione per il sostegno del fascio tubiero.

Con riferimento all'interferenza definita INT.20 SUD al Km 1+469, in cui la linea ferroviaria in galleria interseca il fascio tubiero ABC ubicato in cunicolo, si comunica quanto segue.

Nel corso degli incontri avuti presso la ns. sede ci è stata sottoposta una modalità di risoluzione della suddetta interferenza differente da quella inizialmente ipotizzata da Italferr.

La nuova soluzione proposta è stata descritta, da ultimo, nell'elaborato "nota tecnica sostegno fascio tubiero" (cod. IF1M 0.0.E.ZZ.XX.XX.00.00.001.A) trasmesso da Salini Impregilo via mail in data 04.06.2018.

Si conferma che tale soluzione è ritenuta migliorativa in quanto garantisce tra l'altro una totale indipendenza strutturale del fascio tubiero e del cunicolo in cui è inserito dalle strutture di galleria.

Si prende atto anche del recepimento della nostra richiesta di prevedere ulteriori accorgimenti per migliorare il comportamento globale del sistema nei confronti delle vibrazioni indotte dal passaggio dei treni, tramite l'installazione di specifici tappetini sotto ballast per lo smorzamento delle vibrazioni, così come definito nell'elaborato (cod. IF1M 0.0.E.ZZ.XX.XX.00.00.0014.A) trasmesso da Salini Impregilo via mail in data 11.06.2018.

Resta inteso che, pur condividendo la soluzione progettuale proposta, le responsabilità della progettazione e dell'esecuzione restano a carico dei soggetti proponenti e, pertanto, qualsiasi danno agli impianti acquedottistici e/o a terzi dovesse derivare da un difetto di progettazione o di realizzazione della struttura di sostegno, così come delle opere ferroviarie, non potrà che essere ascritto alla responsabilità dei proponenti.

1/2



email certificata:
segreteria@abcnapoli.it
www.abcnapoli.it
info@abcnapoli.it

AZIENDA SPECIALE DEL COMUNE DI NAPOLI
P. Iva 07679350632
Rea Napoli 646516
Fondo di dotazione
euro 53.373.044 I.v.
929 Via Argine
80147 Napoli
081 7818 111
fax 081 7818 190

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO OPERE DI SOSTEGNO FASCIO TUBIERO - RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.005	REV. C	PAGINA 129 di 129	



Allo stesso modo, la suddetta condivisione non preclude la possibilità che ABC richieda in corso d'opera ulteriori modifiche la cui necessità dovesse emergere successivamente.

Si chiede infine di valutare la fattibilità di un'ulteriore soluzione alternativa della interferenza INT.20 SUD prevedendo compatibilmente con gli spazi a disposizione la deviazione provvisoria del fascio tubiero durante l'esecuzione del tratto di galleria interferente. Tale soluzione risulterebbe ulteriormente migliorativa.

Cordiali Saluti

Ingegneria, Ricerca e Sviluppo

Ing. Gianluca Sorgenti

2/2



email certificata:
segreteria@abcnapoli.it
www.abc.napoli.it
info@abc.napoli.it

AZIENDA SPECIALE DEL COMUNE DI NAPOLI
P. Iva 07679350632 929 Via Argine
Rsa Napoli 646516 80147 Napoli
Fondo di dotazione 081 7818 111
euro 53.373.044 Lx. fax 081 7818 190