

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

# DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA

### IN – INTERFERENZE VIARIE E IDRAULICHE

IN20 - Interferenza pk 19+732.15

Relazione di calcolo Totem IN20b

APPALTATORE	PROGETTAZIONE		
DIRETTORE TECNICO Ing. G. Parisi	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing.G. TANZI		

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

R	S	3	9	1	0	V	Z	Z	C	L	I	N	2	0	0	0	0	0	5	C	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE A SEGUITO ODS N. 1607	F. Ricci	06/2023	C. Beltrami	06/2023	G.Tanzi	06/2023	Ing. G. Tanzi
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV 0000000433	F. Ricci	08/2023	C. Beltrami	08/2023	G.Tanzi	08/2023	Ing. G. Tanzi
C	EMISSIONE A SEGUITO RDV 0000000443	F. Ricci	09/2023	C. Beltrami	09/2023	G.Tanzi	09/2023	Ing. G. Tanzi
								Novembre 2023

File: RS39-10-V-ZZ-CL-IN2000-005\_C.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH</b>  <b>Lombardi</b>  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>2 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	2 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	2 di 86								

## INDICE

<b>0</b>	<b>REVISIONI</b> .....	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI UTILIZZATI</b> .....	<b>10</b>
4.1	Calcestruzzo .....	10
4.2	Acciaio.....	10
4.3	Durabilità.....	11
4.3.1	Ambiente di riferimento .....	11
4.3.2	Copriferro di progetto .....	11
4.3.3	Valori limiti delle tensioni .....	11
4.3.4	Limiti fessurativi .....	12
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b> .....	<b>14</b>
5.1	Sintesi dei parametri geotecnici di progetto .....	15
5.2	Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto .....	15
5.3	Interazione terreno-struttura .....	16
5.4	Classificazione sismica.....	17
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>18</b>
6.1	Peso proprio della struttura.....	18
6.2	Sovraccarico permanente.....	18
6.3	Spinta del terreno.....	18
6.4	Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico .....	19
6.5	Azioni prodotte dal massimo riempimento d'acqua .....	19
6.6	Carico da manutenzione su soletta di copertura .....	19
6.7	Azioni termiche .....	20
6.7.1	Carico termico uniforme .....	20
6.7.2	Carico termico differenziale .....	20
6.7.3	Combinazione degli effetti uniformi e non uniformi.....	20

APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>3 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	3 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	3 di 86								

6.8	Azioni sismiche .....	21
6.8.1	Forze d'inerzia .....	24
6.8.2	Spinta sismica terreno .....	25
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>33</b>
8.1	Descrizione modello .....	33
8.2	Carichi applicati.....	34
<b>9</b>	<b>ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI .....</b>	<b>36</b>
9.1	Premessa .....	36
9.2	Soletta di fondazione .....	37
9.2.1	Inviluppo SLU-SLV .....	37
9.2.2	Inviluppo SLE .....	40
9.3	Muri XZ.....	42
9.3.1	Inviluppo SLU-SLV.....	42
9.3.2	Inviluppo SLE .....	45
9.4	Muri YZ.....	47
9.4.1	Inviluppo SLU-SLV.....	47
9.4.2	Inviluppo SLE .....	50
9.5	Soletta di copertura.....	52
9.5.1	Inviluppo SLU-SLV.....	52
9.5.2	Inviluppo SLE .....	55
<b>10</b>	<b>VERIFICHE SLU .....</b>	<b>57</b>
10.1	Premessa .....	57
10.2	Soletta di fondazione .....	57
10.2.1	Verifica a pressoflessione .....	57
10.2.2	Verifiche a taglio .....	60
10.3	Muri XZ.....	60
10.3.1	Verifica a pressoflessione .....	60
10.3.2	Verifiche a taglio .....	63

APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>4 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	4 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	4 di 86								

10.4	Muri YZ.....	63
10.4.1	Verifica a pressoflessione .....	63
10.4.2	Verifica a taglio .....	66
10.5	Soletta di copertura.....	66
10.5.1	Verifica a pressoflessione .....	66
10.5.2	Verifiche a taglio .....	69
<b>11</b>	<b>VERIFICHE SLE .....</b>	<b>70</b>
11.1	Premessa .....	70
11.2	Soletta di fondazione .....	70
11.2.1	Stato limite tensionale .....	70
11.2.2	Stato limite di fessurazione .....	71
11.3	Muri XZ.....	73
11.3.1	Stato limite tensionale .....	73
11.3.2	Stato limite di fessurazione .....	74
11.4	Muri YZ.....	75
11.4.1	Stato limite tensionale .....	75
11.4.2	Stato limite di fessurazione .....	77
11.5	Soletta di copertura.....	78
11.5.1	Stato limite tensionale .....	78
11.5.2	Stato limite di fessurazione .....	79
<b>12</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE.....</b>	<b>81</b>
12.1	Verifica a capacità portante del terreno .....	81
12.2	Verifica a scorrimento .....	85
<b>13</b>	<b>VERIFICA RIBALTAMENTO.....</b>	<b>86</b>

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH</b>  <b>Lombardi</b>  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>5 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	5 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	5 di 86								

## 0 REVISIONI

Nella presente revisione C si recepiscono i commenti ricevuti nel Rapporto di Verifica della Progettazione RS39-RV-0000000443.

- D.3 non appaiono dimensionate le pareti nella direzione ortogonale alle pareti XZ (direzione YZ). Si proceda al cerchiaggio delle forometrie delle pareti.

**Si riportano le verifiche SLU e SLE delle pareti in direzione YZ. Il cerchiaggio delle forometrie è già presente negli elaborati consegnati (RS3A-10-C-ZZ-BB-IN2000-012)**

Nella revisione B si recepiscono i commenti ricevuti nel Rapporto di Verifica della Progettazione RS39-RV-0000000433 del 21/07/2023.

84	RS39.1.0.V.ZZ.CL.IN.20.0.0.005	A	Relazione di calcolo Totem IN20b
----	--------------------------------	---	----------------------------------

- A.1. Riportare la caratterizzazione geotecnica del terreno. Dalla relazione RS3A.1.0.C.ZZ.CL.IN.20.0.0.006 emerge che il Totem dovrebbe essere fondato nell'unità geotecnica bbc con angolo di attrito pari a 24° e non 35°.

**Si riportano nel capitolo 5 la stratigrafia, i parametri geotecnici e la quota di falda di progetto.**

- A.2. Chiarire se il rinterro viene effettuato con materiale di riporto o con materiale proveniente dallo scavo. Questo incide sul calcolo del coefficiente di spinta a riposo del terreno in funzione dell'angolo di attrito del materiale di riporto.

**Si riportano nel capitolo 5 la stratigrafia, i parametri geotecnici e la quota di falda di progetto. Si conferma che il rinterro viene effettuato con materiale proveniente dallo scavo.**

- A.3. Nel calcolo della spinta statica del terreno è necessario considerare il peso saturo dell'unità di volume in quanto è necessario tenere conto dei livelli di acqua presente nel bacino di laminazione. Quindi per la spinta esterna lato vasca è necessario considerare la pressione idrostatica dell'acqua mentre per le restanti pareti il peso saturo dell'unità di volume. Anche in fase sismica adottare il peso saturo dell'unità di volume.

**Nel calcolo delle spinte è stato considerato il peso saturo dell'unità di volume del terreno.**

- A.4. Considerare i carichi variabili associati alla regolare manutenzione sulla soletta di copertura del Totem.

**Si recepisce il commento aggiungendo un carico uniformemente distribuito dovuto alla regolare manutenzione sulla soletta di copertura del Totem pari a 1 kN/m<sup>2</sup>.**

- A.5. Nelle combinazioni di carico STR nel quale si considera la presenza dell'acqua come carico variabile principale la spinta statica del terreno deve essere assunta come carico favorevole con il relativo coefficiente di sicurezza  $\gamma G2$ .

**Si recepisce il commento modificando le combinazioni di carico.**

- A.6. Riportare le verifiche della soletta di copertura del Totem.

**Si riportano le verifiche alla soletta di copertura del Totem ai paragrafi 10.4 e 11.4.**

- A.7. Rivedere le verifiche geotecniche con riferimento al commento di dettaglio D21.

**Si correggono le verifiche geotecniche al capitolo 12.**

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandatario: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandatario: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegnery Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>6 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	6 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	6 di 86								

## 1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la Progettazione Esecutiva di manufatti relativi al superamento della viabilità interferita dalla realizzazione del nuovo collegamento ferroviario veloce tra Palermo e Catania. Tale collegamento riguarda il raddoppio della linea tra la stazione di Catania Bicocca (inclusa) e quella di Catenanuova (inclusa), con un'estensione pari a 38,290 km, da realizzare in affiancamento all'esistente semplice binario e, in alcuni tratti, costruendo un nuovo doppio binario. Tale intervento consentirà il miglioramento del servizio tra Enna e Catania sia con un incremento delle frequenze dei servizi sia con una riduzione dei tempi di percorrenza tra i due capoluoghi di provincia.

Lungo il tracciato sono presenti corsi d'acqua principali superati in viadotto e/o ponti e corsi d'acqua secondari in corrispondenza dei quali è prevista la realizzazione di opere di attraversamento costituite da tombini circolari e/o scatolari, con modalità realizzativa a spinta, in opera in fase unica o in due fasi.

Il presente progetto ha altresì previsto un bacino di laminazione per il contenimento delle acque provenienti dal bacino imbrifero di IN20, limitando così il contributo dello stesso verso i canali di valle. Il canale IN20 sarà a sezione rettangolare realizzato con gabbioni con materassi tipo Reno, mentre i canali IN21 e IN03 presenteranno una sezione trapezoidale e saranno in terra con rivestimenti in massi cementati.

Nella presente relazione si riportano le verifiche strutturali dello scolmatore "totem", posizionato alla progressiva di progetto 19+732,15 km. Lo scolmatore è previsto a valle del bacino di laminazione e scarica nel canale IN03.

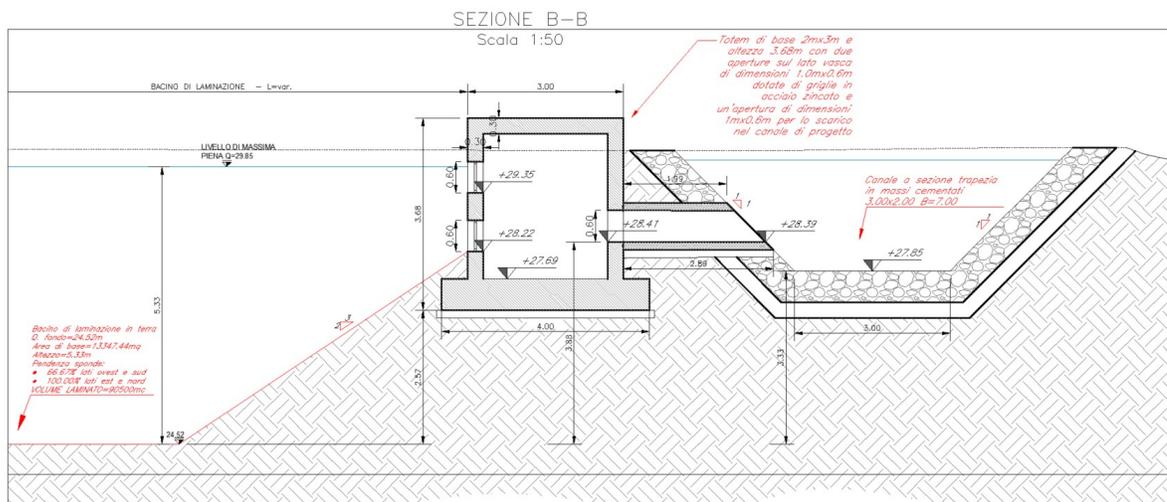


Figura 1 – Sezione scolmatore

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandatario: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>FETECO</b> Mandatario: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>7 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	7 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	7 di 86								

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche dello scolmatore, posizionato alla progressiva di progetto km **19+732,15**.

Il manufatto è una struttura di tipo scatolare in calcestruzzo armato di base 2.00x3.00 m e altezza 3.08 m, i cui piedritti e soletta di copertura hanno spessore 30 cm. La fondazione su cui poggia la struttura ha dimensioni 4.00x3.00x0.60 m. L'opera ha due aperture sul lato vasca di dimensioni 1.00x0.60 m, dotate di griglie in acciaio zincato, e un'apertura di dimensioni 1.00x0.60 m per lo scarico nel canale di progetto.

Spessore della soletta superiore	$S_s$	=	0.30 m
Spessore piedritti	$S_p$	=	0.30 m
Spessore della soletta di fondazione	$S_i$	=	0.60 m
Altezza totale	$H$	=	3.68 m
Larghezza totale del totem	$L$	=	4.00 m

Si riportano nel seguito le sezioni longitudinale e trasversale dell'opera. Si rimanda agli elaborati grafici per ulteriori dettagli.

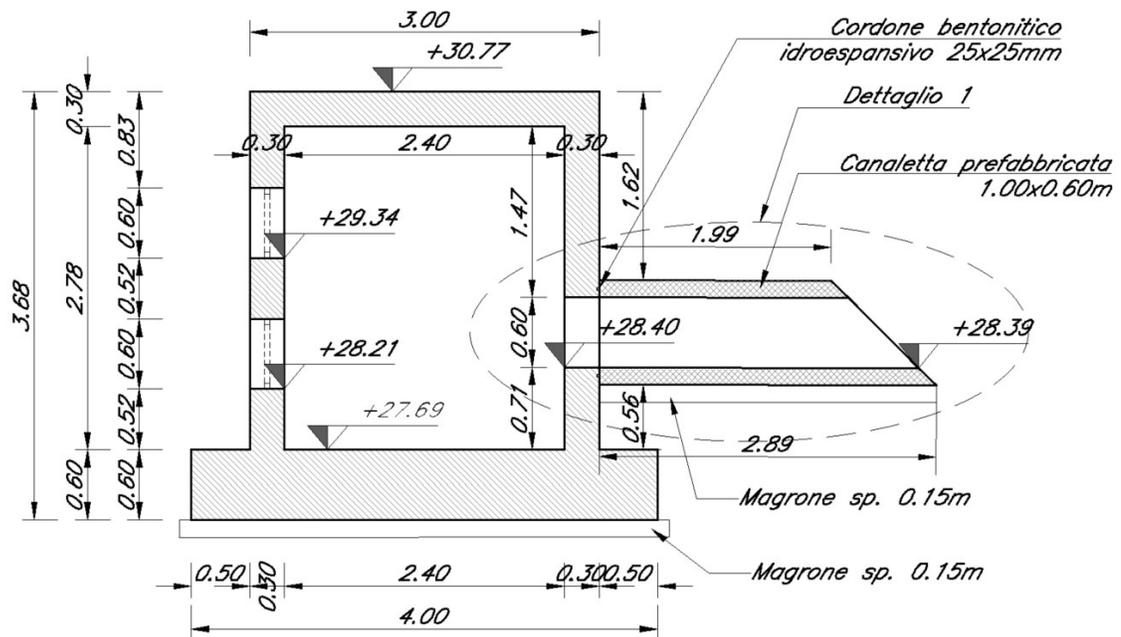


Figura 2 - Sezione longitudinale scatolare in c.a.

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>SETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>8 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	8 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	8 di 86								

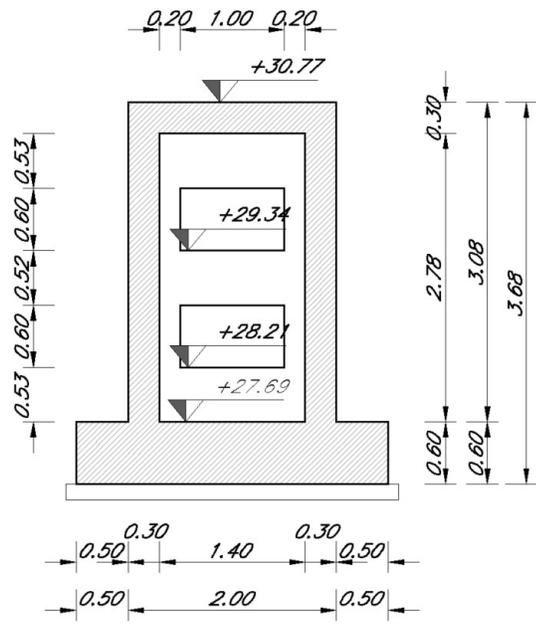


Figura 3 - Sezione trasversale scatolare in c.a.

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [MPa]

APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>9 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	9 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	9 di 86								

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta tenendo in conto la seguente normativa tecnica:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Legge 5 novembre 1971 n. 1086</i></li> <li>▪ <i>Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951</i></li> <li>▪ <i>Legge 2 febbraio 1974 n. 64</i></li> <li>▪ <i>D.M.Min. II. TT. del 14 gennaio 2008</i></li> <li>▪ <i>Circolare 2 febbraio 2009, n. 617</i></li> <li>▪ <i>UNI ENV 1998-5 – Gennaio 2005</i></li> <li>▪ <i>UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 001 A</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC CS SP IFS 001 A</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 003 A</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC CS LG IFS 001 A</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 002 A</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 004 A</i></li> <li>▪ <i>RFI DTC INC PO SP IFS 005 A</i></li> <li>▪ <i>STI 2014</i></li> </ul> | <p>Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica</p> <p>Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086</p> <p>Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche</p> <p>Norme tecniche per le costruzioni</p> <p>Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008</p> <p>Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici</p> <p>-</p> <p>Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario</p> <p>Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie</p> <p>Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari</p> <p>Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra</p> <p>Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria</p> <p>Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo</p> <p>Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia</p> <p>Regolamento (UE) n. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea</p> |
|--|--|

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>  	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b>   Mandante: <b>Lombardi</b> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>10 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	10 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	10 di 86								

## 4 MATERIALI UTILIZZATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali utilizzati per il calcolo dell'opera.

### 4.1 Calcestruzzo

#### Calcestruzzo per magrone

Classe del calcestruzzo		C12/15	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	15.00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	12.45	N/mm <sup>2</sup>

#### Calcestruzzo per tombini a struttura scatolare e circolare – C30/37

Classe di resistenza		C30/37	
Classe di esposizione		XA1	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	38.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica a compressione di progetto	$f_{cd}$	17.40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	2.94	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk,5\%}$	2.06	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk,95\%}$	3.82	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm}$	3.53	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd}$	1.37	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	4.63	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cls di calcolo	$f_{bd}$	3.09	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico istantaneo medio (secante)	$E_{cm}$	33019	N/mm <sup>2</sup>

### 4.2 Acciaio

#### Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C

Classe di acciaio		B450	
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	$f_{yd}$	391.3	N/mm <sup>2</sup>
Sovra-resistenza	$f_{tk} / f_{yk}$	≥1.15	-
Modulo di elasticità	$E_s$	210000	N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>11 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	11 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	11 di 86								

### 4.3 Durabilità

#### 4.3.1 Ambiente di riferimento

Le condizioni ambientali, ai fini della valutazione della durabilità delle strutture in calcestruzzo, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	DESCRIZIONE
Ordinarie	Tutte le sollecitazioni escluse le successive
Aggressive	Ambiente aggressivo per cause naturali, caratterizzato da elevata umidità, scarso o nullo soleggiamento.
Molto aggressive	Ambiente molto aggressivo per cause antropiche, caratterizzato da presenza di liquidi o di aeriformi particolarmente corrosivi, ambiente marino.

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni aggressive.

Si riportano nel seguito le caratteristiche del calcestruzzo adottato per il manufatto:

Classi di impiego	Classe di resistenza	Classe di esposizione (UNI 11104)	Condizioni ambientali	Classe di lavorabilità	Rapporto a/c max	Dmax inerti (mm)
- Tombini a struttura scatolare e circolare	C30/37	XA1	aggressive	S3-S4	0.55	25
Magrone di pulizia, riempimento o livellamento	C12/15	XC0	-	-	-	-

Tabella 1 – Classi di esposizione

#### 4.3.2 Copriferro di progetto

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” – i valori minimi di copriferro ( $c_{min}$ ) previsti da tale norma sono:

– Solettoni di fondazione, fondazioni armate	$c_{min}$	40	mm
– Cunette, canalette e cordoli	$c_{min}$	40	mm
– Solette (getto in opera)	$c_{min}$	35	mm

#### 4.3.3 Valori limiti delle tensioni

Secondo quanto previsto da FF. SS – Specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A* – “Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” – i valori limite delle tensioni sono:

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>Ingegneria Integrata s.p.a.</small> <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> <small>ETECO Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>12 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	12 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	12 di 86								

### Strutture in c.a.

#### Tensioni di compressione del calcestruzzo

- Per combinazioni di carico caratteristica (rara): **0,55 f<sub>ck</sub>**;

#### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare **0,75 f<sub>yk</sub>**

Nel caso in esame, risulta:

#### Calcestruzzo - C30/37

Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara)                       $\sigma_c$                       **16,50 N/mm<sup>2</sup>**

#### Acciaio – B450C

Tensione massima di compressione in esercizio (comb. rara)                       $\sigma_s$                       **337,5 N/mm<sup>2</sup>**

#### 4.3.4 Limiti fessurativi

Allo stato limite di apertura delle fessure, i limiti fessurativi vengono prescritti nel paragrafo 1.8.3.2.4, della specifica *RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*, che rimanda integralmente al par. 4.1.2.2.4 delle NTC 2008.

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nella seguente tabella:

Tabella 2 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w <sub>d</sub>	Stato limite	w <sub>d</sub>
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>	ap. fessure	≤w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>
c	Molto aggressive	frequente	formaz. fessure	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>

In particolare, il valore limite di apertura della fessura calcolato, per la combinazione di azioni prescelta, al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- w<sub>1</sub>                      0,2      mm
- w<sub>2</sub>                      0,3      mm

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>  	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b>  <b>Lombardi</b> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">1.0.V.ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">IN.20.00.005</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">13 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	13 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	13 di 86								

$$- w_3 \quad 0,4 \quad \text{mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone di non ispezionabili di tutte le strutture
- $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>14 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	14 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	14 di 86								

## 5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Considerando le unità geologiche descritte nelle relazioni geologica e geotecnica generale di progetto, sulla base delle descrizioni stratigrafiche riportate nei certificati dei sondaggi e sulla base delle prove granulometriche eseguite sui campioni di materiale raccolti, nella tratta in esame si incontrano le seguenti formazioni.

L'area interessata dall'intervento ricade nella pozione centro-orientale della regione Sicilia, estesa in direzione NO-SE tra gli abitati di Catenanuova (EN) e Bicocca (CT).

Dal punto di vista morfologico, tale area si sviluppa a quote comprese approssimativamente tra 142 e 12 m s.l.m., lungo la valle del fiume Dittaino e, nella parte finale del tracciato, del fiume Simeto.

Dal punto di vista geologico le unità del substrato intercettate dalle indagini nell'area di interesse, si sono formate a partire dal Miocene inferiore, mentre i depositi di copertura, affioranti principalmente nella Piana di Catania, sono rappresentati da sedimenti quaternari e attuali. In particolare, i depositi identificati nell'area oggetto dell'intervento in progetto possono essere suddivisi nelle seguenti unità geologiche:

### ➤ Depositi pleistocenici e quaternari:

- **Depositi di versante (Olocene) – B2.** Si tratta di depositi continentali di versante e alterazione del substrato costituiti da limi argillosi; lo spessore massimo è di 4 metri.
- **Depositi alluvionali attuali (Olocene) – ba.** Si tratta di depositi in evoluzione in alveo, rimodellati dalle piene dei corsi d'acqua regime prevalentemente torrentizio e fortemente influenzato dagli interventi antropici; sono presenti lungo l'asse dei principali fiumi e valloni e sono rappresentati da limi, limi sabbiosi e ghiaie eterometriche.
- **Depositi alluvionali recenti (Olocene) – bb.** Affiorano prevalentemente nel settore meridionale della Piana Catania e sono riferibili al corso d'acqua Simeto e Dittaino. Si tratta di limi argillosi, limi ed in subordini limi sabbiosi; lo spessore varia da pochi metri fino ad un massimo di 25 m.
- **Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore-Olocene) – bn:** si tratta di depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile, lago di meandro e canale di abbandono, costituito da ghiaie sabbiose, sabbie limose e limi sabbiosi.

### ➤ Depositi quaternari di avanfossa (Pleistocene inferiore medio). Sono rappresentati da:

- **Ghiaie di Monte Tiriti (Pleistocene medio) – TIR:** ghiaie a blocchi in matrice sabbiosa.
- **Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio (Pleistocene medio) – GII:** sabbie quarzose con intercalazioni di ghiaie e rare di argille.
- **Argille grigio azzurre (Pleistocene inferiore medio) – FAG.** Argille e argille marnose grigio azzurre con intercalazioni di sabbie fini.

### ➤ Unità Sicilidi, formano l'unità tettonica di:

- **Flysch Numidico – FYN/FYNa.** Si tratta di argille marnose a struttura prevalentemente indistinta scagliettata (FYN). Talvolta si hanno quarzareniti in grossi banchi con intercalazioni di argille marnose (FYNa).

### ➤ Unità Ionidi sono racchiusi nella seguente unità tettonica:

- **Argille ed Arenarie Glauconitiche di Catenanuova (Oligocene Superiore – Serravaliano) AAC/AACa:** costituite da argille, argille marnose di colore bruno o grigio verde a struttura scagliosa e con rare intercalazioni di arenarie giallo verdastre in strati da molto sottili a spessi. Le AACa sono arenarie glauconitiche.

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>15 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	15 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	15 di 86								

- **Formazione di Mufara (Carnico) – MU:** costituita da argilliti marnose, argilliti grigio verde a struttura scagliosa o cotica con caratteristici livelli sottili di calcite intercalate a calcescisti ed arenarie a grana fine di colore grigio o vinaccio e avana.

### 5.1 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche.

Tabella 3 – Sintesi caratterizzazione geotecnica di linea

U.G.	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\varphi'$ [°]	$c_u$ [kPa]	$E_0$ [MPa]	$E'$ [MPa]	$k$ [m/s]
Ra	20	0	38	-	-	40	-
ba	18.5÷19.5	0÷5	24÷32	40÷80	80÷340	(2)	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-5}$
	19.0÷20.0 <sup>(1)</sup>	0 <sup>(1)</sup>	32÷33 <sup>(1)</sup>	-		(2)	$1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$ (1)
bbc	19.0÷20.5	5÷15	20÷28	25÷225	70÷250	(2)	$5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$
bbi	19.5÷20.5	0	35÷40	-	100 + 12.5 z	-	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
bbi.s	19.5÷20.5	0	30÷34	-	350	-	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
bnc	19.0÷20.0	5÷12	23÷25	50÷225	70÷170	(2)	$5 \cdot 10^{-9} \div 9 \cdot 10^{-7}$
bni	19.0÷20.0	0	35÷38	-	130÷500	(2)	$4 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-5}$
GII	19.5÷20.5	0	36÷39	-	260÷700	-	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-5}$
GII,c		0÷5	25	75÷175	-	15÷25	-
AAC	19.5÷21.0	5÷23	19÷24	100÷450	250 + 13.75 z	18 + 1.5 · (z-5)	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-8}$
Agr	19.0÷20.0	0÷15	19÷25	50÷250	200+17.5(z-5)	10+1.35(z-5)	$1 \cdot 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-6}$
FYN	20.0÷21.0	5÷20	20÷24	150+6.7(z-5)	250+14.4(z-5)	20+0.9(z-5)	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-7}$
MU	19.5÷20.5	10÷25	24÷28	200÷500	280÷700	-	$1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-6}$

<sup>(1)</sup> parte più grossolana della u.g.

<sup>(2)</sup>  $E_0/(3 \div 5)$  per paratie e fondazioni dirette ;  $E_0/10$  per cedimento di rilevati

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica e Sismica del progetto.

### 5.2 Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte dalle schede geotecniche e sono riportate di seguito. L'unità geologica considerata è denominata *bbc*.

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 24^\circ$$

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

$$E = 160 \text{ MPa}$$

peso di volume saturo

angolo di attrito

coesione drenata

modulo in compressione vergine;

Tale terreno è stato considerato sia nella valutazione delle spinte sull'opera che nelle verifiche geotecniche. La falda di riferimento è individuata circa 8m sotto il piano del ferro, che alla progressiva in esame è 32.80. La falda di progetto si trova dunque a quota 24.80, al di sotto della profondità di scavo di progetto. Di conseguenza, la falda non è interferente con l'opera in esame.

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH</b>  <b>Lombardi</b>  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 20%;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>16 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	16 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	16 di 86								

### 5.3 Interazione terreno-struttura

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

s = cedimento elastico totale;

B = lato minore della fondazione;

L = lato maggiore della fondazione;

$c_t$  = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960:

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B > 10$$

q = pressione media agente sul terreno;

$\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;

$\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;

E = modulo elastico medio del terreno sottostante il tombino (media su una altezza pari a 2 B).

Il valore della costante di sottofondo  $k_w$  è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento, pertanto si ottiene:

$$k_w = E / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t]$$

Per l'opera in esame, il modulo elastico operativo è posto pari a 1/3  $E_o$ , e risulta pari a:

$$E = 53 \text{ MPa,}$$

dal quale risulta, secondo le formulazioni sopra riportate, un valore della costante di sottofondo pari a:

L	E	B	$c_t$	$\nu$	$K_w$
[m]	[MPa]	[m]	[-]	[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]
4.00	53	3.00	1.01	0.3	19286

APPALTATORE: Mandataria:    	<p align="center"><b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b></p>												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>17 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	17 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	17 di 86								

#### 5.4 Classificazione sismica

Il valore dell’accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo alle Nuove Norme Tecniche.

La categoria di suolo di fondazione viene definita sulla base della conoscenza di  $c_{u,30}$ . In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di tipo **C**: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).”*

APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 10%;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>18 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	18 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	18 di 86								

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

I pesi dei materiali da costruzione e del terreno ai lati dello scatolare sono indicati nella seguente tabella.

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]
Calcestruzzo	25.00	-
Terreno	19.00	24

### 6.1 Peso proprio della struttura

Il *peso proprio* delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo  $\gamma = 25.00$  kN/m<sup>3</sup>.

Il peso totale della struttura in c.a. è pari a 408 kN.

### 6.2 Sovraccarico permanente

Sulle mensole della soletta di fondazione si considera uno spessore di ricoprimento di terreno saturo  $\gamma_{ric} = 19.00$  kN/m<sup>3</sup> pari a:

- Lato vasca	h = 0.00 m	g = 0 kN/m <sup>2</sup>
- Lato canale	h = 2.16 m	g = 41.04 kN/m <sup>2</sup>
- Lati rimanenti	h = 1.08 m	g = 20.52 kN/m <sup>2</sup>

### 6.3 Spinta del terreno

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo. I dati del terreno ai lati dei piedritti sono i seguenti:

- Peso per unità di volume saturo	$\gamma_t$	19.00	kN/m <sup>3</sup>
- Angolo d'attrito	$\phi$	24.00	°
- Coefficiente di spinta a riposo	$k_0$	0.593	-

Tali parametri comportano un diagramma di pressioni trapezoidale  $p_h(z) = k_0 \cdot \gamma_t \cdot z$ .

Sulla porzione di *muro lato vasca*, il terreno non è presente.

Sulla porzione di *muro lato canale*, considerando  $z_{max} = 2.46$  m, si ottiene il seguente andamento delle pressioni:

- Testa	0.00	kN/m <sup>2</sup>
---------	------	-------------------

APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>19 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	19 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	19 di 86								

- Piede                    27.72    kN/m<sup>2</sup>

Sui *muri laterali*, considerando  $z_{max} = 1.38$  m, si ottiene il seguente andamento delle pressioni:

- Testa                    0.00    kN/m<sup>2</sup>

- Piede                    15.55    kN/m<sup>2</sup>

#### 6.4 Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico

Il carico variabile, considerato agente sul rilevato, è assunto pari a 5.00 kN/m<sup>2</sup> ed agisce sul muro lato canale e sui muri laterali.

Si applica il seguente valore di carico:  $k_0 \cdot q = 0.593 \cdot 5.00 = 2.97$  kN/m<sup>2</sup>.

#### 6.5 Azioni prodotte dal massimo riempimento d'acqua

Data la geometria del manufatto, si considera come carico accidentale la spinta indotta dall'acqua sugli elementi strutturali nella condizione di massimo riempimento: il volume d'acqua considerato è pari a 2.40 x 1.40 x 2.24 m. Tale carico produce una spinta triangolare sui piedritti e una pressione uniforme sulla soletta di fondazione.

#### 6.6 Carico da manutenzione su soletta di copertura

Si considera un carico variabile uniformemente distribuito associato alla regolare manutenzione sulla soletta di copertura del totem pari a 1.00 kN/m<sup>2</sup>.

APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>20 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	20 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	20 di 86								

## 6.7 Azioni termiche

### 6.7.1 Carico termico uniforme

Poiché la struttura è soggetta a variazioni termiche durante il suo servizio, la espansione/contrazione è considerata nel modello mediante la applicazione di un carico termico uniforme  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$  applicato in copertura, sulle solette, sulla fondazione e sui piedritti.

Si adotta per il coefficiente di dilatazione termica un valore pari a  $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

### 6.7.2 Carico termico differenziale

L'esposizione di certe sezioni del manufatto all'aria all'interno della struttura interrata crea dei gradienti di temperatura fra l'esterno e l'interno della struttura. Questo è considerato nel modello applicando un carico termico tipo farfalla  $\pm \Delta T$  di  $5^\circ\text{C}$  in tutte le zone a contatto con l'aria.

Si adotta per il coefficiente di dilatazione termica un valore pari a  $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

### 6.7.3 Combinazione degli effetti uniformi e non uniformi

Sempre in accordo al par 6.1.5 della EN 1991-1-5:2003 “Eurocodice 1: azioni sulle strutture. Parte 1-5: azioni generali – azioni termiche”, si tiene conto della simultaneità della variazione uniforme di temperatura ( $\Delta T_N$ ) e del gradiente ( $\Delta T_M$ ) con la seguente loro combinazione:

$$\Delta T_M \mid 0.35 \cdot \Delta T_N$$

$$0.75 \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$$

L'analisi verrà condotta sulla base dei singoli step di carico ( $\Delta T_{n,con}$ ,  $\Delta T_{n,exp}$ ,  $\Delta T_{M+}$ ,  $\Delta T_{M-}$ ), combinandoli tra di loro secondo la regola sopra esposta ed infine invilupando le sollecitazioni.

APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>21 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	21 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	21 di 86								

## 6.8 Azioni sismiche

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto §7.9.2. delle NTC, assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato:

- la vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera.
- la classe d'uso.
- il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

- Longitudine: 15.035908°
- Latitudine: 37.456399°

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso  $C_U$ : 1.5
- Vita nominale  $V_N$ : 75anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura q: 1

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegnieri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>22 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	22 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	22 di 86								

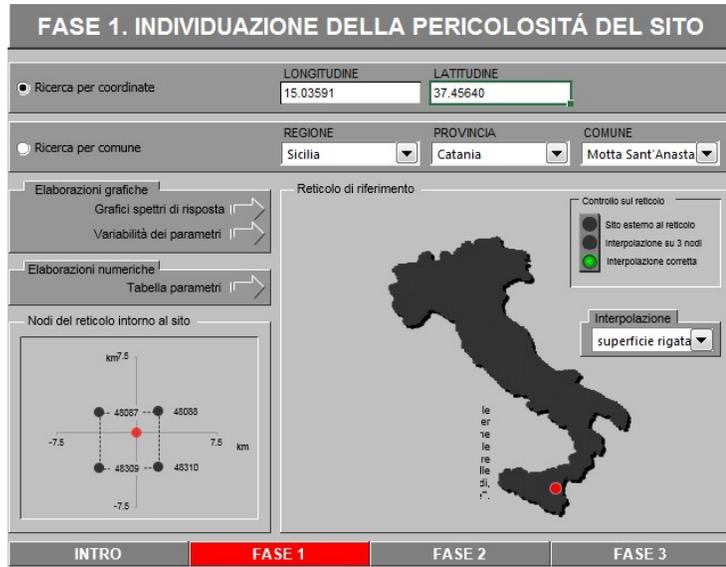
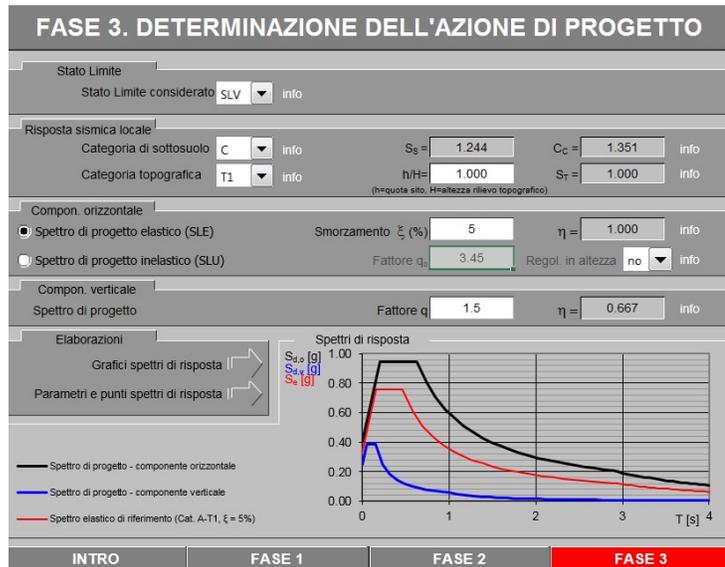


Figura 4 Pericolosità sismica del sito



Figura 5 Vita di progetto della costruzione

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>23 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	23 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	23 di 86								



#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.322 g
$F_o$	2.358
$T_C$	0.466 s
$S_B$	1.244
$C_C$	1.351
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.244
$\eta$	1.000
$T_B$	0.210 s
$T_C$	0.630 s
$T_D$	2.889 s

Figura 6 Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>ingegneria integrata s.p.a.</small> <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> <small>ingegneria s.p.a.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>24 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	24 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	24 di 86								

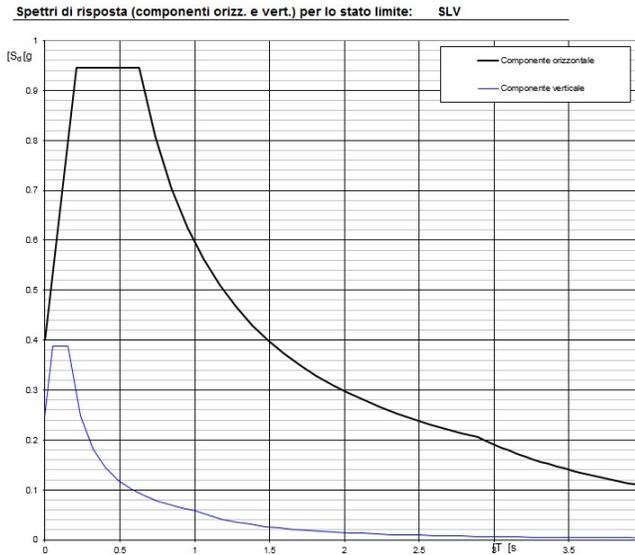


Figura 7 Grafici spettri di risposta orizzontale e verticale allo SLV

### 6.8.1 Forze d'inerzia

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:

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

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

I coefficienti sismici orizzontale ( $k_h$ ) e verticale ( $k_v$ ) vengono valutati mediante le seguenti espressioni, in accordo con quanto esposto come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC08, assumendo il coefficiente  $\beta_m$  unitario, essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

I parametri sismici nel caso in esame sono:

APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="float: right;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>25 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	25 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	25 di 86								

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.080	2.493	0.281
SLD	113	0.103	2.502	0.290
SLV	1068	0.322	2.358	0.466
SLC	2193	0.461	2.353	0.526

Tabella 4 Parametri azione sismica

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è pari a:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.244 \cdot 1 \cdot 0.322g = 0.401g$$

dove:

$S_S=1.245$  Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T=1.00$  Coefficiente di amplificazione topografica

ne deriva che:

$$k_h = a_{max} / g = \mathbf{0.401}$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h = \mathbf{0.200}$$

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

Massa associata al peso proprio  $G_1$

Massa associata al carico permanente (terreno)  $G_2$

### 6.8.2 Spinta sismica terreno

Si assume un comportamento di tipo “rigido” del manufatto anche in condizioni sismiche e pertanto l'incremento di spinta è valutato secondo la teoria di Wood:

- contributo peso proprio terreno:

azione risultante:	$\Delta S_{P,P}$	=	$a_{max} / g \times \gamma \times H^2$
quota risultante:	$Z_{\Delta S}$	=	$H / 2$

Considerato che la quota di falda non interessa l'opera in esame, per il calcolo della spinta si assume il valore:

$$\gamma = \gamma_{sat} = 19.00 \text{ kN/m}^3$$

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>Ingegneria Integrata s.r.l. Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>26 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	26 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	26 di 86								

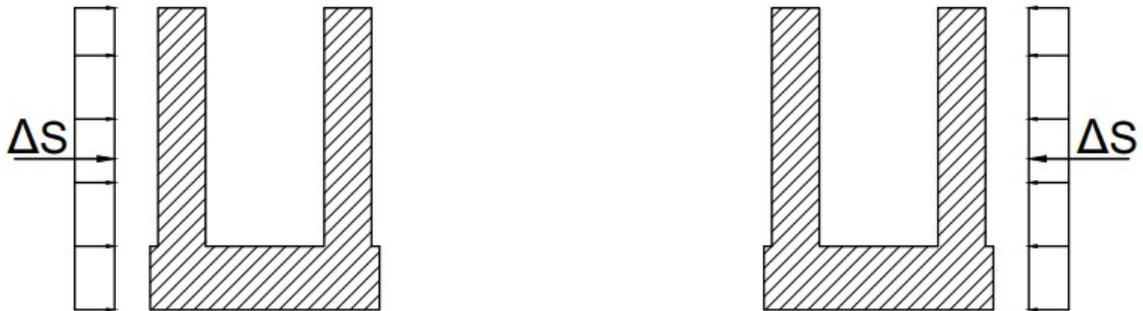


Figura 8 - Schema per il calcolo delle spinte (sisma da SX e sisma da DX)

Si ottiene una spinta sui muri pari a:

- Muro lato vasca  $H = 0.00 \text{ m}$   $\Delta S_{p,p} / H = 0.00 \text{ kN/m}^2$
- Muri laterali  $H = 1.38 \text{ m}$   $\Delta S_{p,p} / H = 10.51 \text{ kN/m}^2$

Sul muro lato canale, essendo presente una quantità di terreno minore, si è calcolato il volume di terreno e si è moltiplicato il suo peso per l'accelerazione  $a_{\max}$ .

- Volume terreno  $11.8 \text{ m}^3$
- Peso terreno  $224.2 \text{ m}^3$
- Spinta terreno  $89.90 \text{ kN}$

Tale spinta è applicata come una pressione uniformemente distribuita sul muro lato canale.

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH</b>  <b>Lombardi</b>  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>27 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	27 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	27 di 86								

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2.5.3 delle NTC.

Gli stati limiti ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche possono essere condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle NTC per i parametri geotecnici e le azioni.

combinazione 1 → (A1+M1+R1) → generalmente dimensionante per STR

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR)} \quad \Rightarrow \quad \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d = \Phi_k')$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni e fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara)} \quad \Rightarrow \quad G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (tensioni) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Quasi permanente)} \quad \Rightarrow \quad G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR)} \quad \Rightarrow \quad E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$



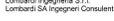


APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>30 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	30 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	30 di 86								

Carichi elementari	A1STR_32	A1STR_33
Peso proprio strutturale	1.350	1.350
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000
Ricoprimento Z-	1.350	1.350
Temperatura uniforme +	0.315	
Temperatura uniforme -		0.315
Temperatura gradiente +		
Temperatura gradiente -	0.900	0.900
Sovraccarico su rilevato X-		
Sovraccarico su rilevato Y+		
Sovraccarico su rilevato Y-		
Riempimento acqua max	1.500	1.500
Manutenzione		
Inerzia longitudinale		
Inerzia trasversale		
Inerzia verticale		
Incremento spinte longitudinale -		
Incremento spinte trasversale +		
Incremento spinte trasversale -		

Carichi elementari	SLV_01	SLV_02	SLV_03	SLV_04	SLV_05	SLV_06	SLV_07	SLV_08
Peso proprio strutturale	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ricoprimento Z-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Temperatura uniforme +								
Temperatura uniforme -								
Temperatura gradiente +								
Temperatura gradiente -								
Sovraccarico su rilevato X-								
Sovraccarico su rilevato Y+								
Sovraccarico su rilevato Y-								
Riempimento acqua max								
Manutenzione								
Inerzia longitudinale	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
Inerzia trasversale	0.300	-0.300	0.300	-0.300	0.300	-0.300	0.300	-0.300
Inerzia verticale	0.300	0.300	-0.300	-0.300	0.300	0.300	-0.300	-0.300
Incremento spinte longitudinale -					1.000	1.000	1.000	1.000
Incremento spinte trasversale +	0.300		0.300		0.300		0.300	
Incremento spinte trasversale -		0.300		0.300		0.300		0.300



APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>32 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	32 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	32 di 86								

Carichi elementari	SLE_RR_09	SLE_RR_10	SLE_RR_11	SLE_RR_12	SLE_RR_13	SLE_RR_14	SLE_RR_15	SLE_RR_16
Peso proprio strutturale	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ricoprimento Z-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Temperatura uniforme +			0.600	0.600			0.210	
Temperatura uniforme -	0.600	0.600			0.600	0.600		0.210
Temperatura gradiente +	0.450		0.450		0.450		0.600	
Temperatura gradiente -		0.450		0.450		0.450		0.600
Sovraccarico su rilevato X-	1.000	1.000					1.000	1.000
Sovraccarico su rilevato Y+	1.000	1.000					1.000	1.000
Sovraccarico su rilevato Y-	1.000	1.000					1.000	1.000
Riempimento acqua max			1.000	1.000	1.000	1.000		
Manutenzione							1.000	1.000
Inerzia longitudinale								
Inerzia trasversale								
Inerzia verticale								
Incremento spinte longitudinale -								
Incremento spinte trasversale +								
Incremento spinte trasversale -								

Carichi elementari	SLE_QP_01	SLE_QP_02	SLE_QP_03	SLE_QP_04
Peso proprio strutturale	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno X-	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y+	1.000	1.000	1.000	1.000
Spinta statica terreno Y-	1.000	1.000	1.000	1.000
Ricoprimento Z-	1.000	1.000	1.000	1.000
Temperatura uniforme +	0.500		0.175	
Temperatura uniforme -		0.500		0.175
Temperatura gradiente +	0.375		0.500	
Temperatura gradiente -		0.375		0.500
Sovraccarico su rilevato X-				
Sovraccarico su rilevato Y+				
Sovraccarico su rilevato Y-				
Riempimento acqua max				
Manutenzione				
Inerzia longitudinale				
Inerzia trasversale				
Inerzia verticale				
Incremento spinte longitudinale -				
Incremento spinte trasversale +				
Incremento spinte trasversale -				

APPALTATORE: Mandatario:    	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>33 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	33 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	33 di 86								

## 8 MODELLO DI CALCOLO

Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il MidasGen 2018, v. 2.1, sviluppato dalla società MIDAS Information Technology Co., Ltd. (Seongnam, Gyeonggi-do, 463-824, Korea).

### 8.1 Descrizione modello

La struttura è stata modellata da un modello 3D tramite elementi bidimensionali tipo *plate*. Essi presentano caratteristiche meccaniche e geometriche in accordo con le proprietà dei materiali e delle sezioni che li rappresentano.

Spessore soletta di fondazione                      0.60 m

Spessore pareti    0.30 m

Spessore soletta di copertura                      0.30 m

Gli elementi strutturali sono geometrizzati rispetto ad allineamenti baricentrici

Il sistema di riferimento è centrato in corrispondenza del baricentro in pianta della fondazione ed allineato al suo intradosso e definito con la seguente convenzione:

- asse X                      = asse orizzontale longitudinale
- asse Y                      = asse orizzontale trasversale
- asse Z                      = asse verticale

In generale le azioni di progetto sono modellate mediante carichi distribuiti (pressioni) o carichi termici applicati lungo gli elementi.

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

		Fondazione	Descrizione
B	[m]	3.00	Lato minore
R	[m]	-	Raggio arco
L	[m]	4.00	Lato maggiore
L/B	[m]	1.33	Rapporto lati
$\nu$	[-]	0.30	Coefficiente di Poisson
ct	[-]	1.01	Coefficiente di forma
E	[kN/m <sup>2</sup> ]	53000	Modulo elastico terreno
$k_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19286	Molle di Winkler

In particolare:

- supporto elastico in direzione Z (verticale) applicato a tutta la soletta di fondazione. La costante di sottofondo è pari a  $k_s = 19286 \text{ kN/m}^3$ , calcolata mediante la formulazione di Bowles mostrata. Si è verificato che tali molle lavorino sempre in compressione.
- supporto elastico in direzione X e Y (orizzontale) applicato a tutta la soletta di fondazione, con rigidezza pari a  $k_s/3$ .

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <b>salini impregilo</b> </div> <div style="text-align: center;">   <b>ASTALDI</b> </div> <div style="text-align: center;">           Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.       </div> <div style="text-align: center;">   <b>S.I.F.E.L.</b> </div> </div>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <b>TECH PROJECT</b>  <small>Ingegneria Integrata</small> </div> <div style="text-align: center;">   <b>Lombardi</b>  <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> </div> <div style="text-align: center;">   <b>FETECO</b>  <small>Ingegneria S.r.l.</small> </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>34 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	34 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	34 di 86								

Si riportano alcune immagini che illustrano il modello a elementi finiti adottato:

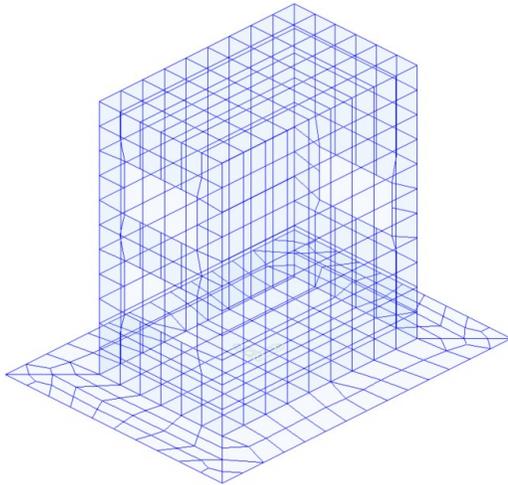


Figura 9 - Modello F.E.M struttura - Unifilare

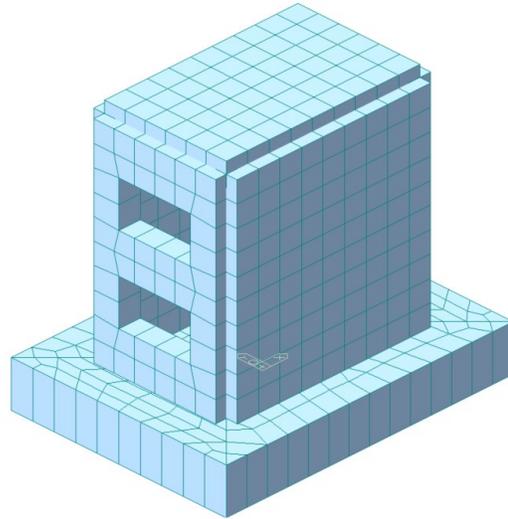


Figura 10 - Modello F.E.M struttura - Solid

## 8.2 Carichi applicati

Nel seguito si mostrano le visualizzazioni dei carichi applicati nel modello di calcolo.

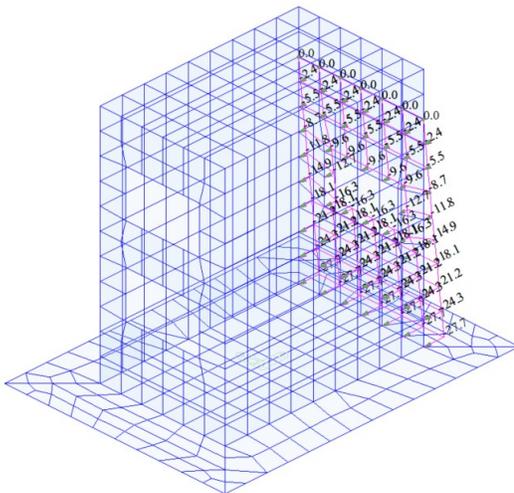


Figura 11 – Spinta statica terreno lato canale X-

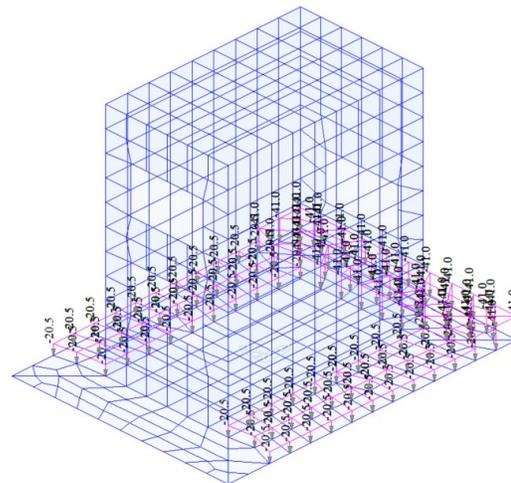


Figura 12 – Ricoprimento

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>Ingegneria S.r.l.</b>
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>

<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>					
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	35 di 86

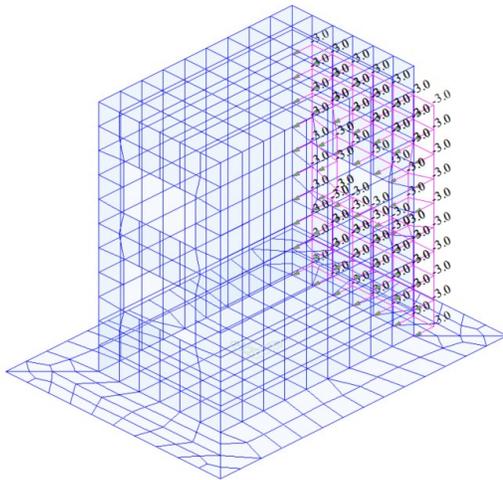


Figura 13 – Sovraccarico su rilevato lato canale X-

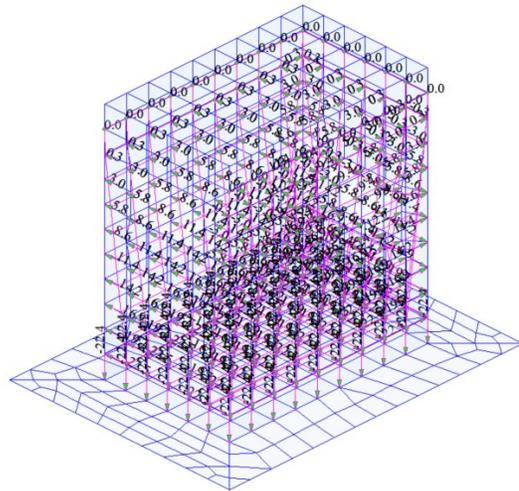


Figura 14 – Azione massimo riempimento acqua

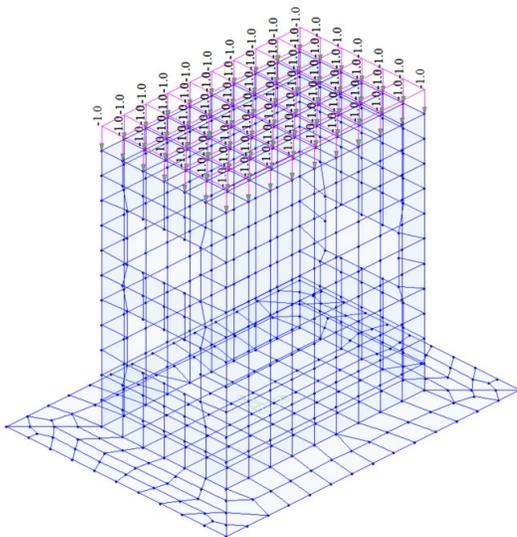


Figura 15 – Carico manutenzione su copertura

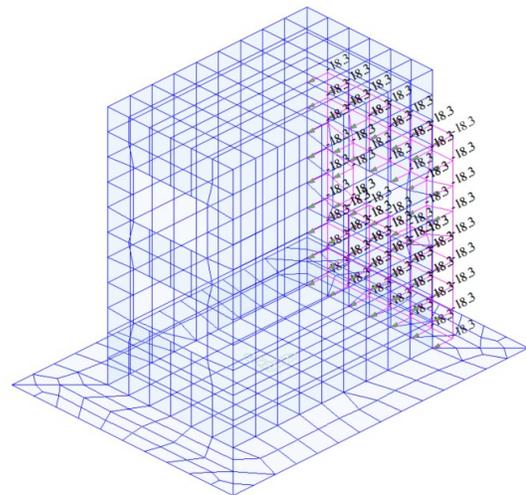


Figura 16 – Sovraspinta sismica lato canale X-

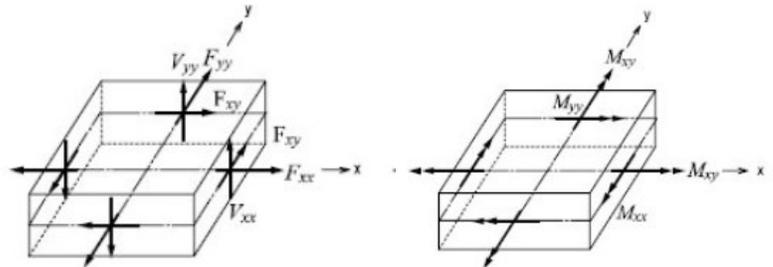
APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>36 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	36 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	36 di 86								

## 9 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

### 9.1 Premessa

Le azioni sono definite in accordo alla convenzione mostrata in figura e si riferiscono ad un sistema locale (UCS) dell'elemento così orientato:

- asse X = asse orizzontale diretto longitudinalmente
- asse Y = asse orizzontale diretto trasversalmente
- asse Z = asse verticale



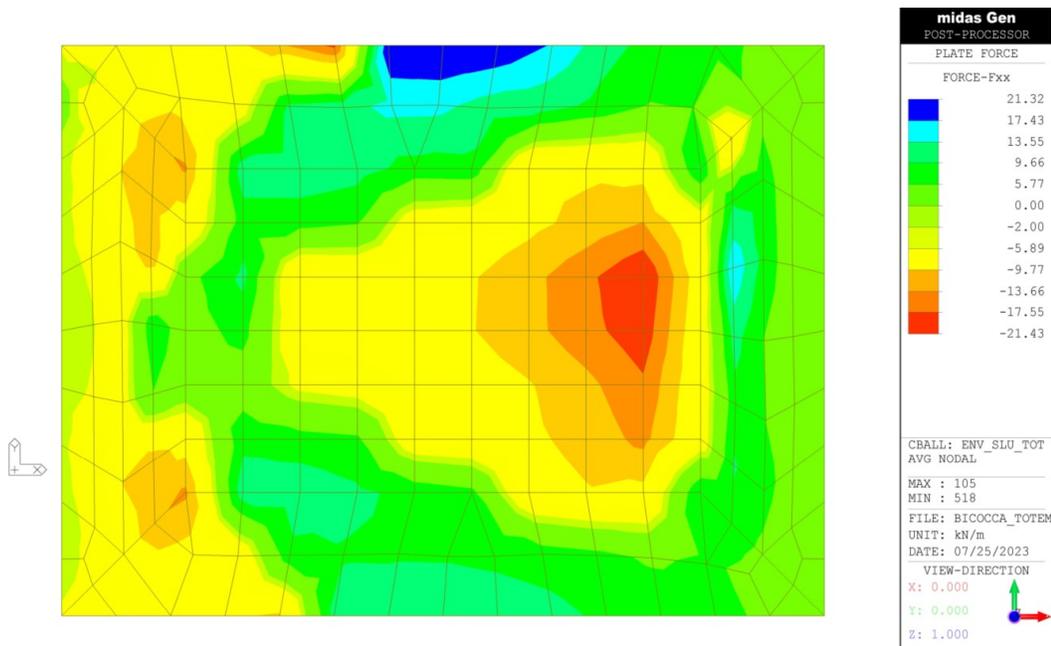
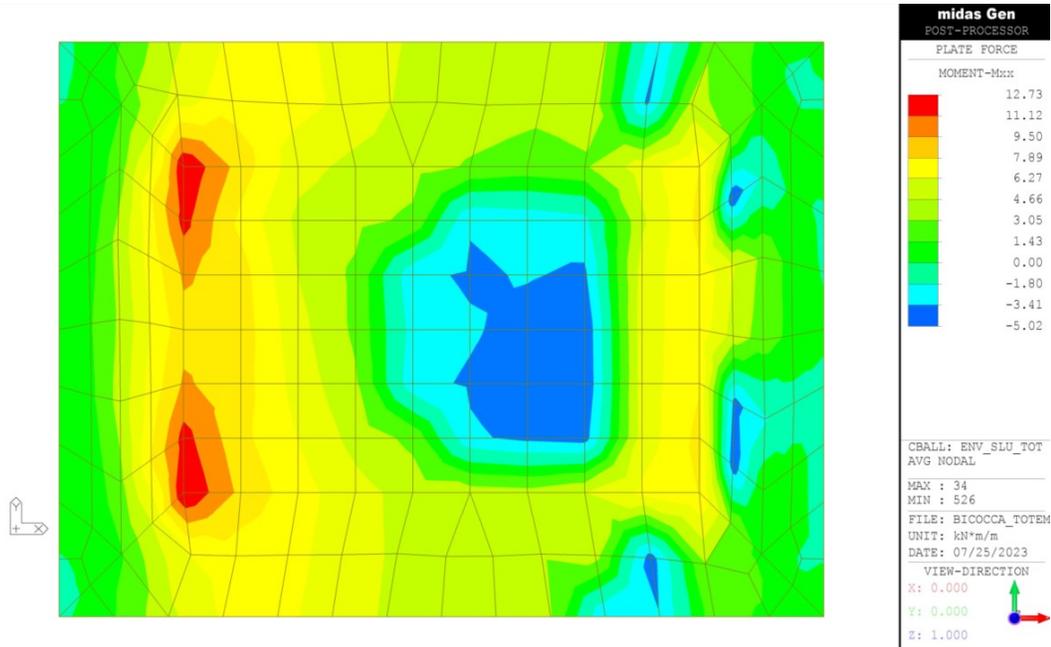
*Convenzione di segno*

Di seguito si riportano i diagrammi di sintesi delle azioni interne “significative” per l'elemento in esame, riferiti agli involucri delle combinazioni di progetto (SLU, SLV e SLE).

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>37 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	37 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	37 di 86								

## 9.2 Soletta di fondazione

### 9.2.1 *Inviluppo SLU-SLV*



APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

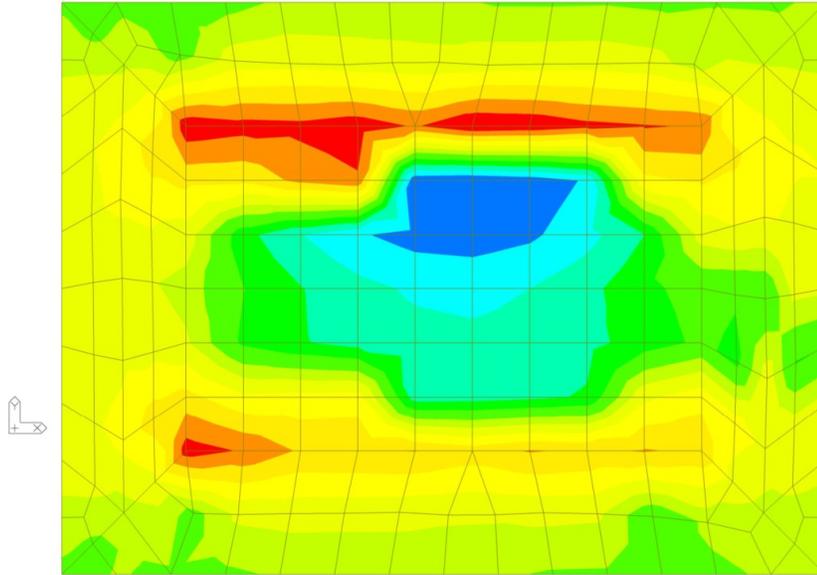
**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	38 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

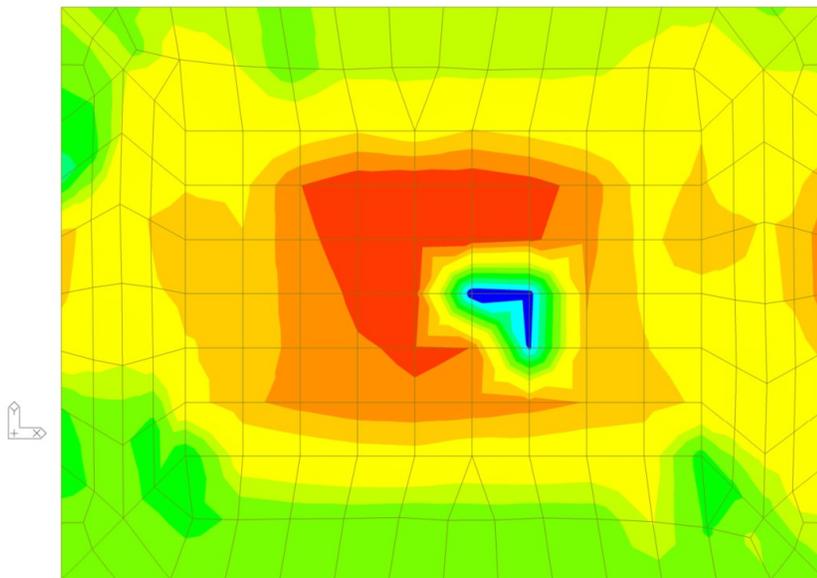
12.51
10.38
8.25
6.12
3.98
1.85
0.00
-2.41
-4.54
-6.67
-8.81
-10.94

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 104  
MIN : 535

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: 0.000  
Z: 1.000



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

23.51
18.97
14.43
9.89
5.35
0.00
-3.73
-8.27
-12.81
-17.35
-21.89
-26.43

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 537  
MIN : 541

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: 0.000  
Z: 1.000

APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

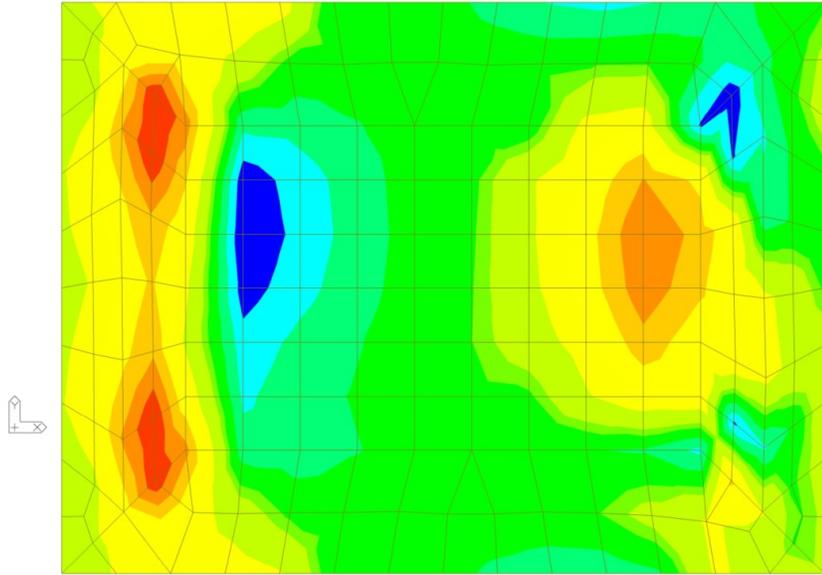
APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	39 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vxx

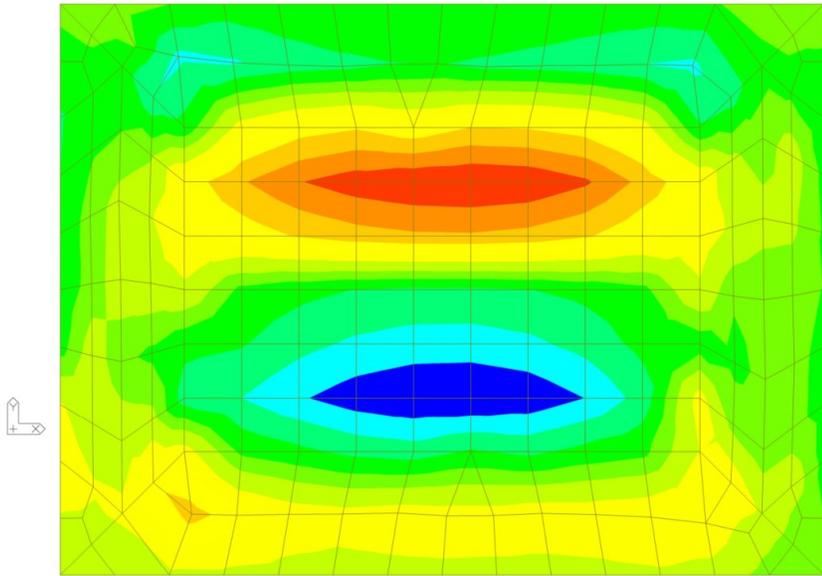
22.23
17.29
12.36
7.42
2.49
0.00
-7.38
-12.32
-17.26
-22.19
-27.13
-32.06

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 560  
MIN : 23

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: 0.000  
Z: 1.000



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vyy

31.23
24.82
18.41
12.00
5.59
0.00
-7.23
-13.64
-20.06
-26.47
-32.88
-39.29

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

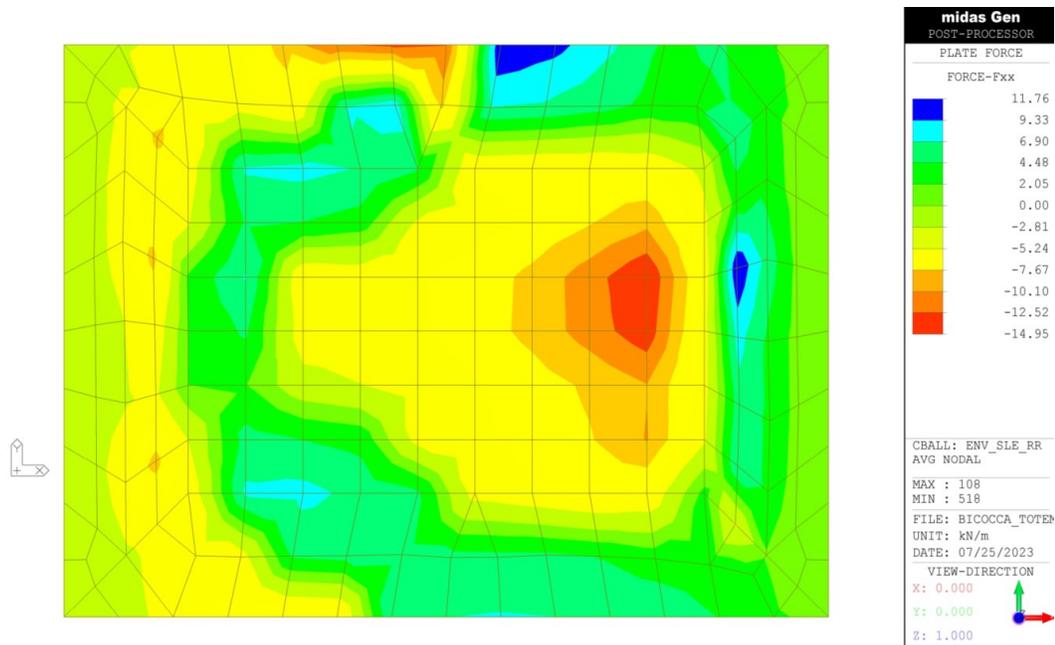
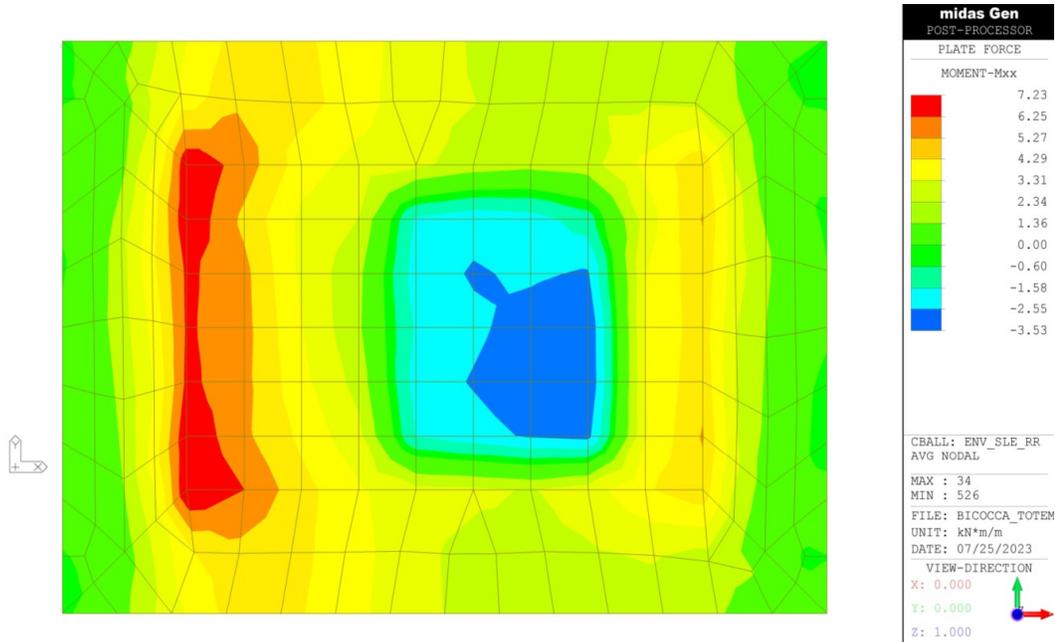
MAX : 539  
MIN : 535

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: 0.000  
Z: 1.000

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>40 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	40 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	40 di 86								

9.2.2 *Inviluppo SLE*



APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

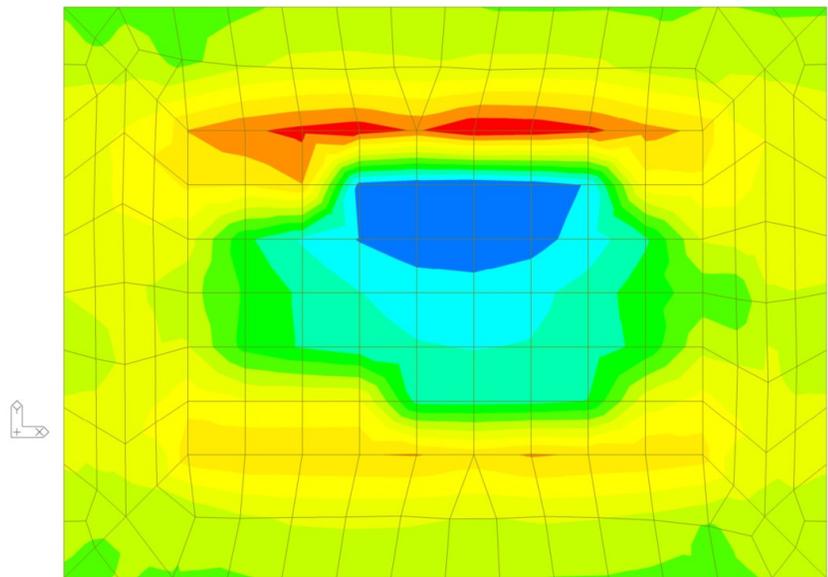
**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	41 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

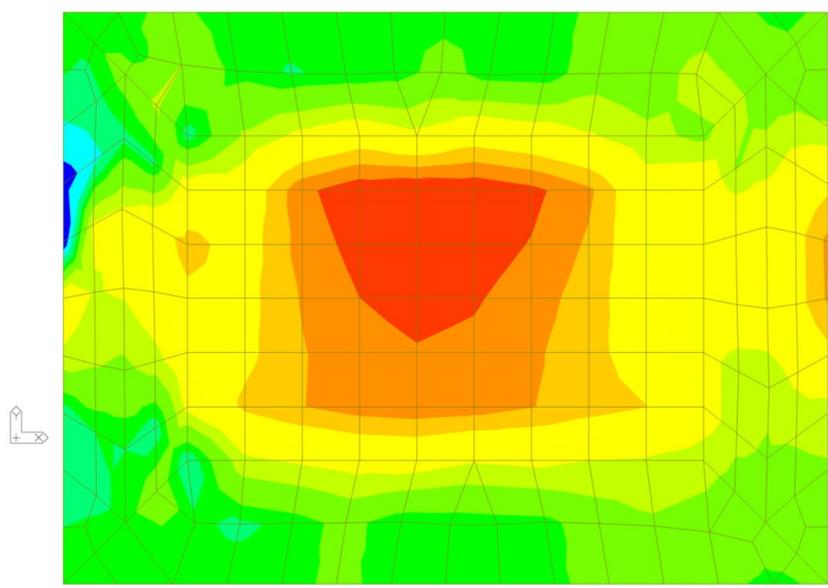
8.73
7.27
5.81
4.35
2.89
1.43
0.00
-1.49
-2.95
-4.41
-5.87
-7.33

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 104  
MIN : 535

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: 0.000  
Z: 1.000



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

9.30
6.78
4.26
1.74
0.00
-3.30
-5.82
-8.34
-10.86
-13.38
-15.90
-18.42

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 27  
MIN : 541

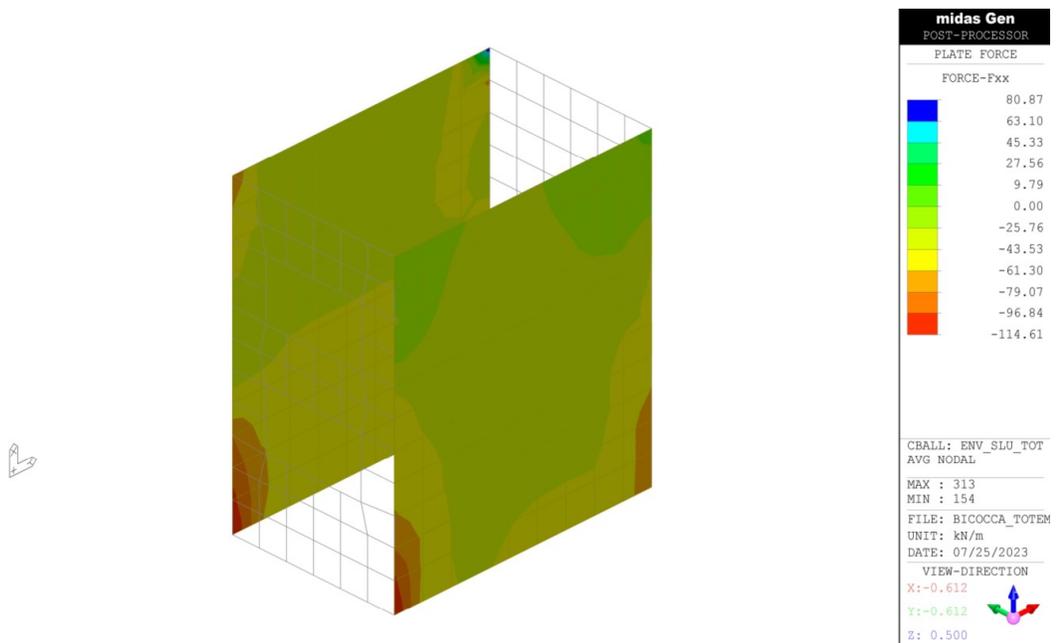
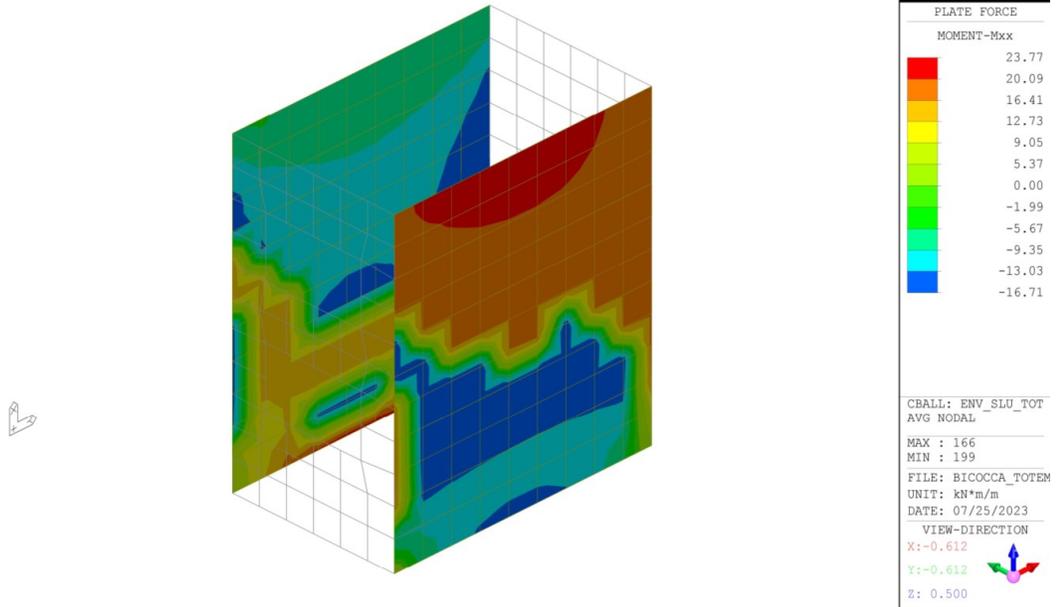
FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: 0.000  
Z: 1.000

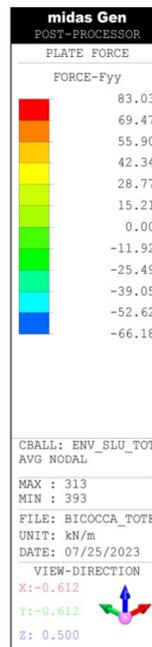
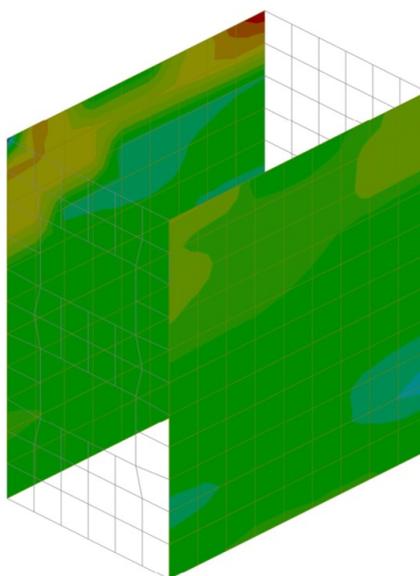
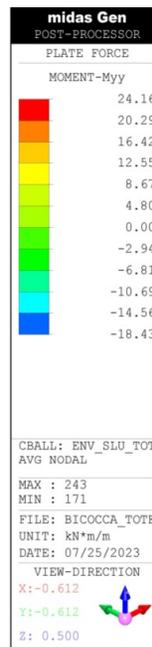
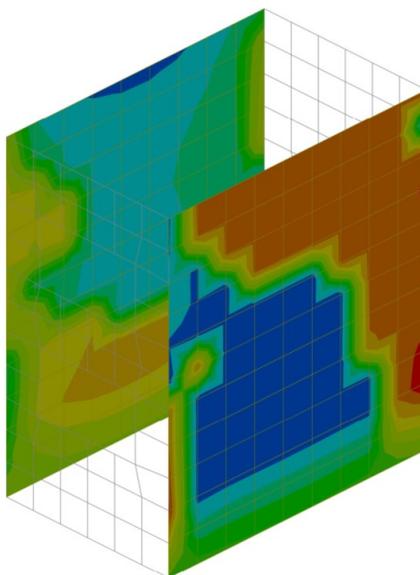
APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>42 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	42 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	42 di 86								

### 9.3 Muri XZ

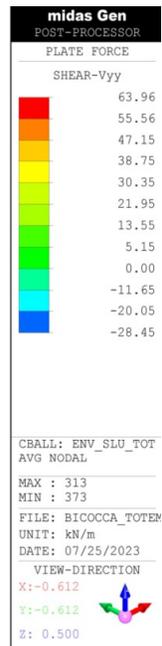
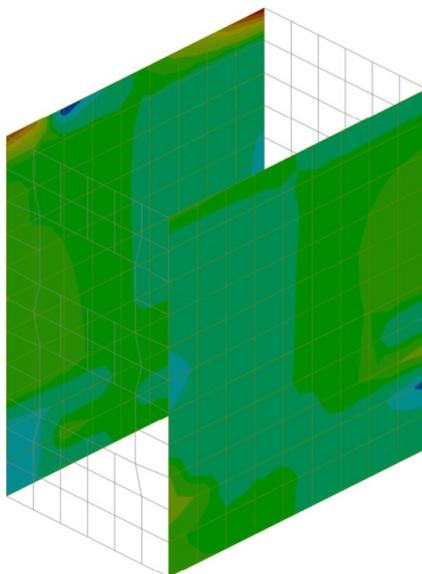
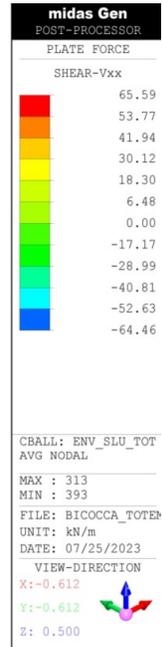
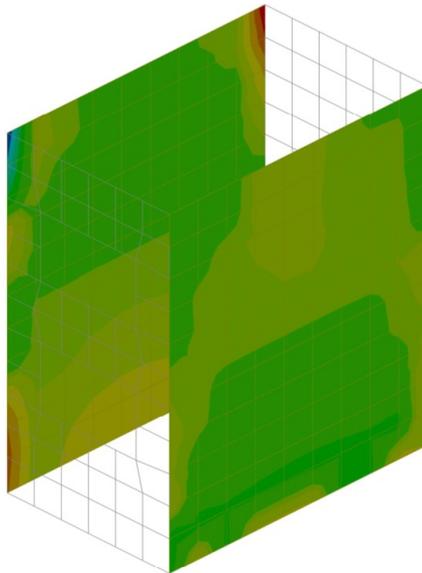
#### 9.3.1 *Inviluppo SLU-SLV*



APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>43 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	43 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	43 di 86								

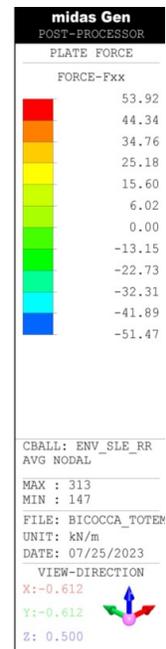
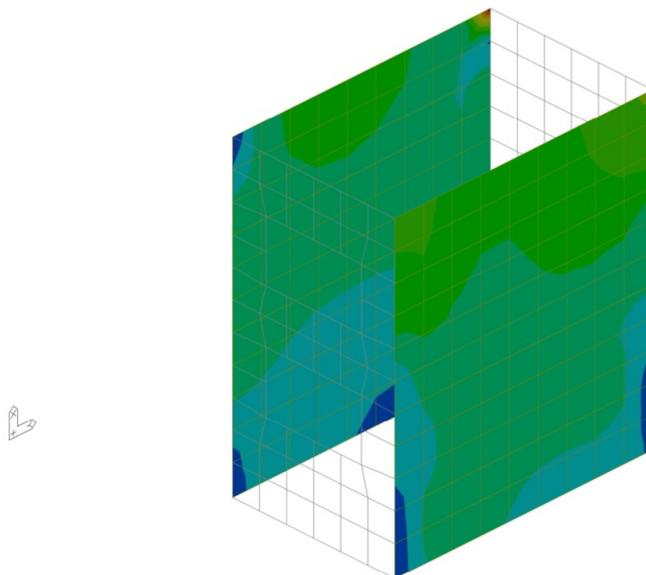
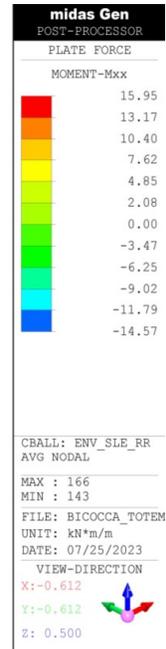
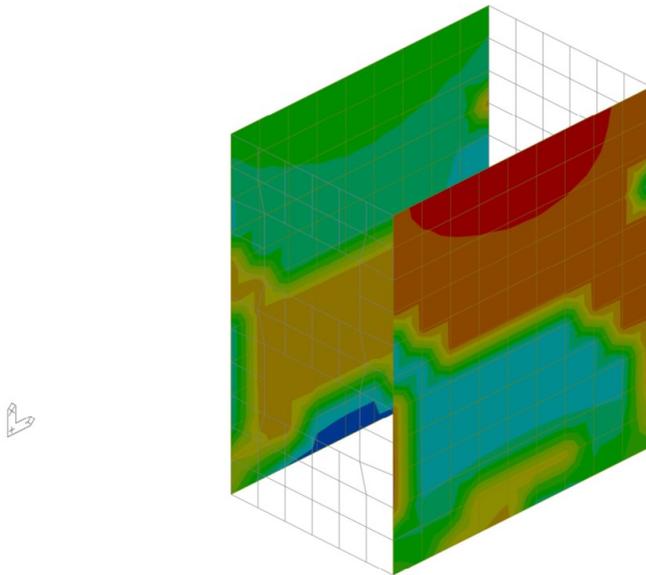


APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>44 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	44 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	44 di 86								



APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>45 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	45 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	45 di 86								

9.3.2 *Inviluppo SLE*



APPALTATORE:  
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

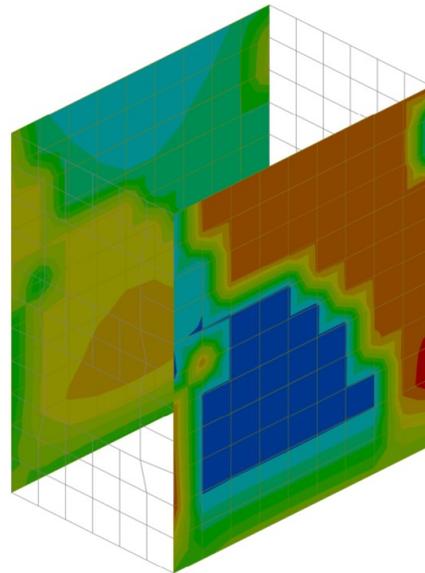
**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:  
Mandataria: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	46 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

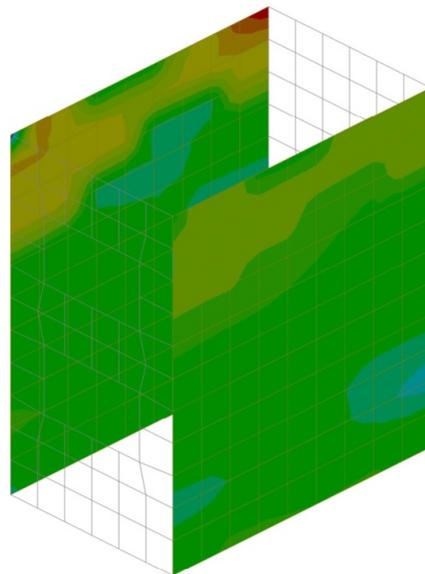
16.24
13.58
10.93
8.27
5.61
2.96
0.00
-2.35
-5.01
-7.66
-10.32
-12.98

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 243  
MIN : 180

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

55.46
46.40
37.35
28.30
19.24
10.19
0.00
-7.91
-16.97
-26.02
-35.07
-44.13

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 313  
MIN : 393

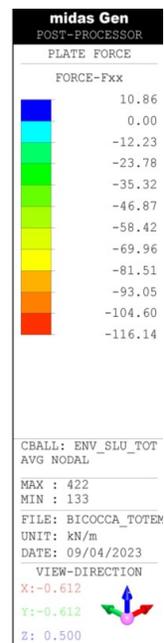
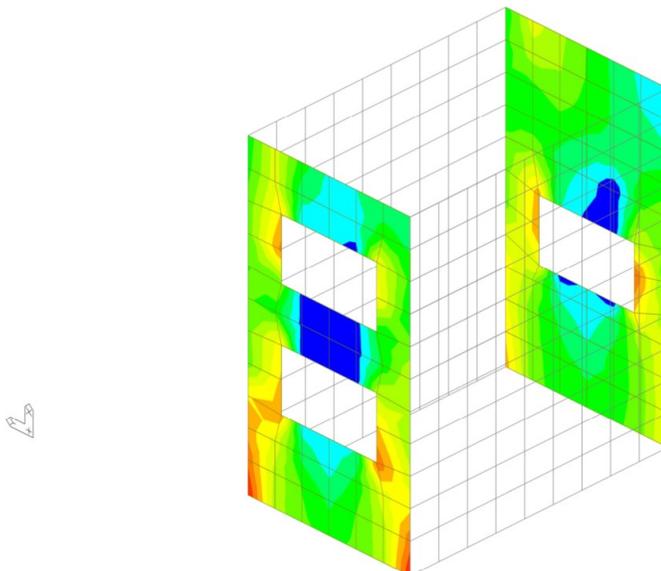
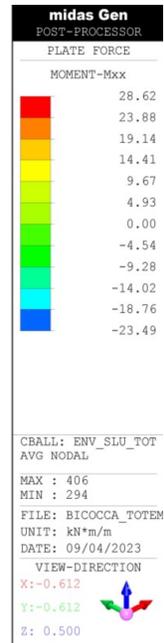
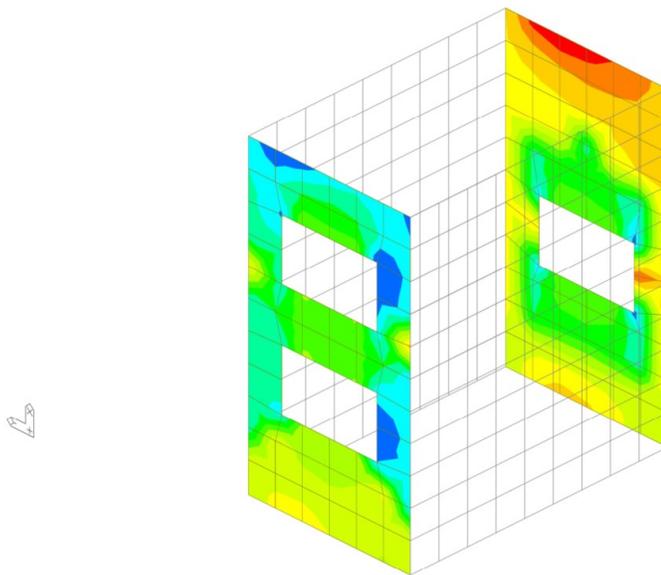
FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>47 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	47 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	47 di 86								

## 9.4 Muri YZ

### 9.4.1 Inviluppo SLU-SLV



APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

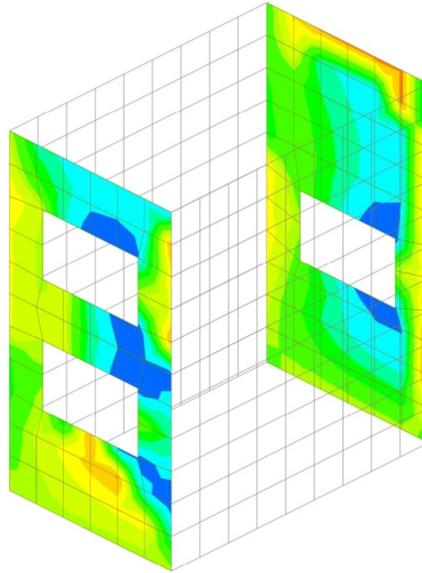
APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	48 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

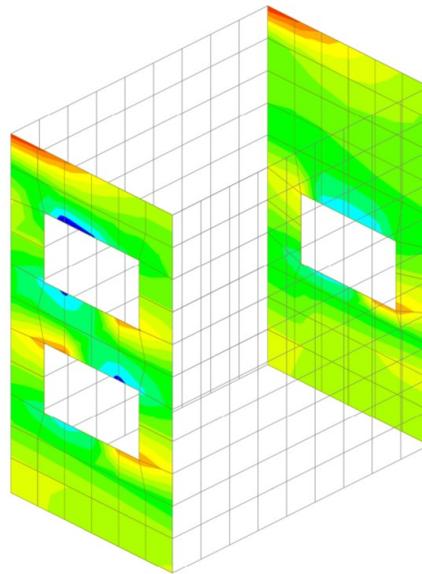
25.40
20.92
16.44
11.95
7.47
2.99
0.00
-5.98
-10.46
-14.94
-19.42
-23.91

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 451  
MIN : 262

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 09/04/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

99.60
79.62
59.65
39.68
19.71
0.00
-20.24
-40.21
-60.19
-80.16
-100.13
-120.11

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 260  
MIN : 408

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 09/04/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500

APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

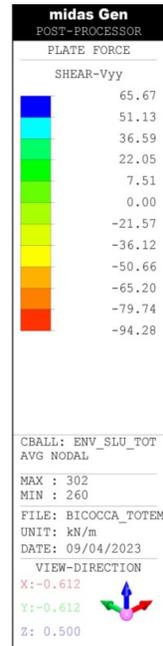
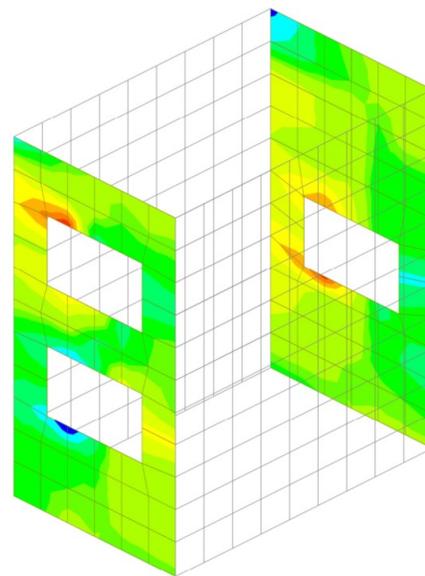
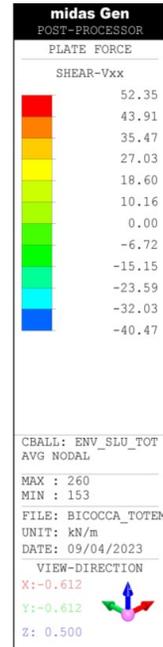
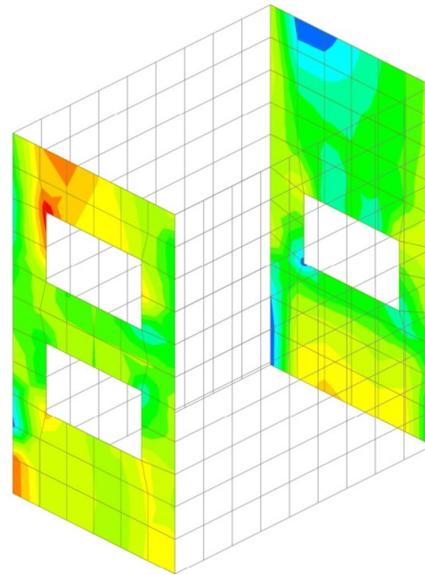
APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

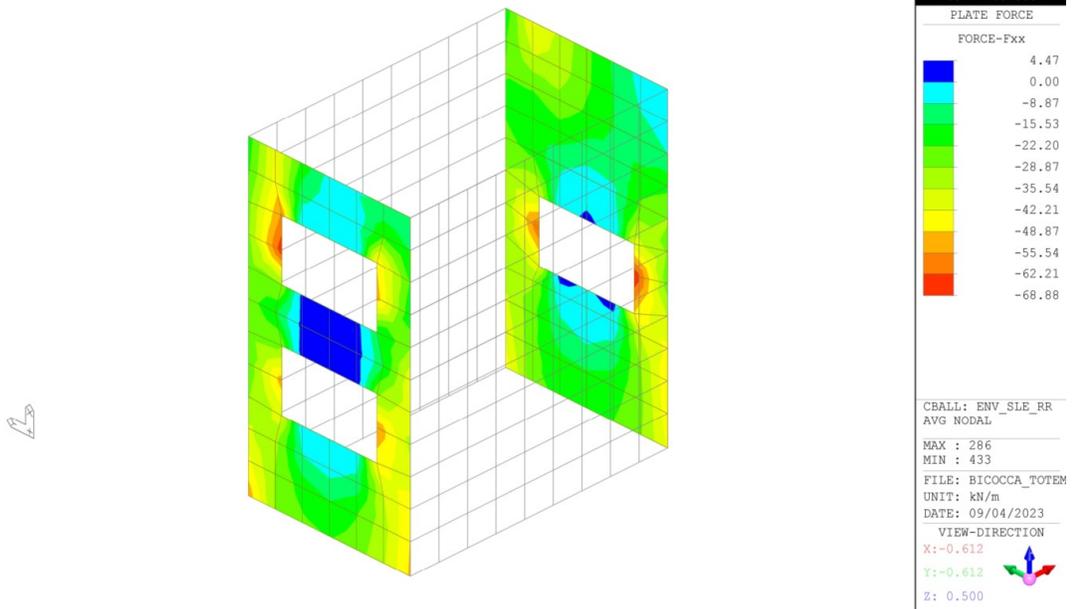
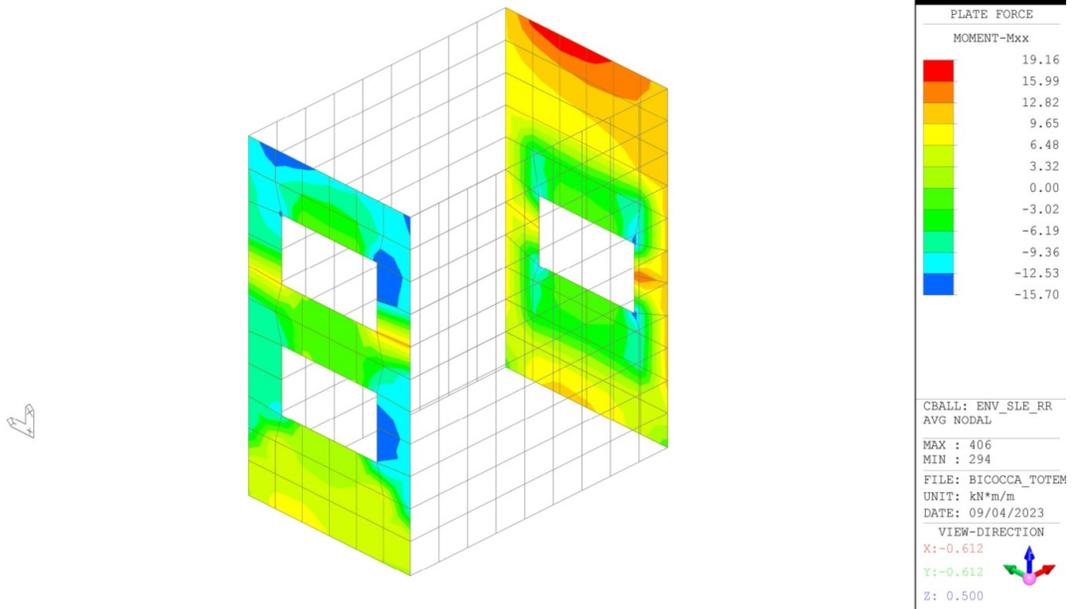
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	49 di 86



APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>50 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	50 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	50 di 86								

9.4.2 *Inviluppo SLE*



APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

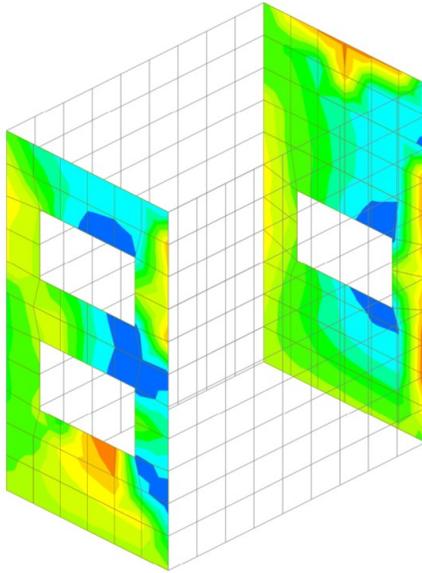
APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
**IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	51 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

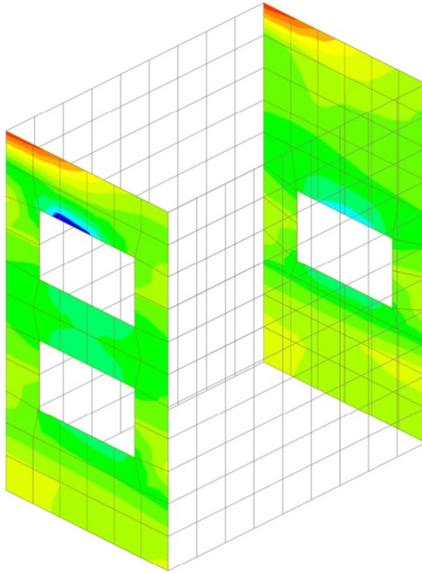
17.08
14.08
11.08
8.07
5.07
2.07
0.00
-3.94
-6.94
-9.94
-12.95
-15.95

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 451  
MIN : 262

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 09/04/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

67.31
53.89
40.48
27.06
13.64
0.00
-13.19
-26.61
-40.02
-53.44
-66.86
-80.27

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 260  
MIN : 408

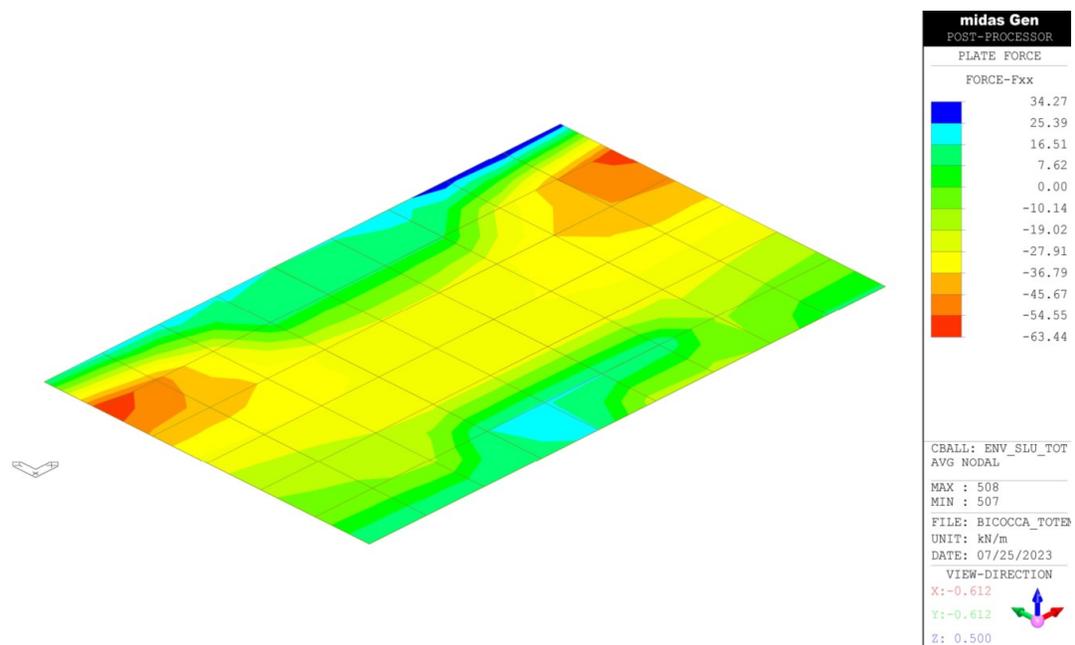
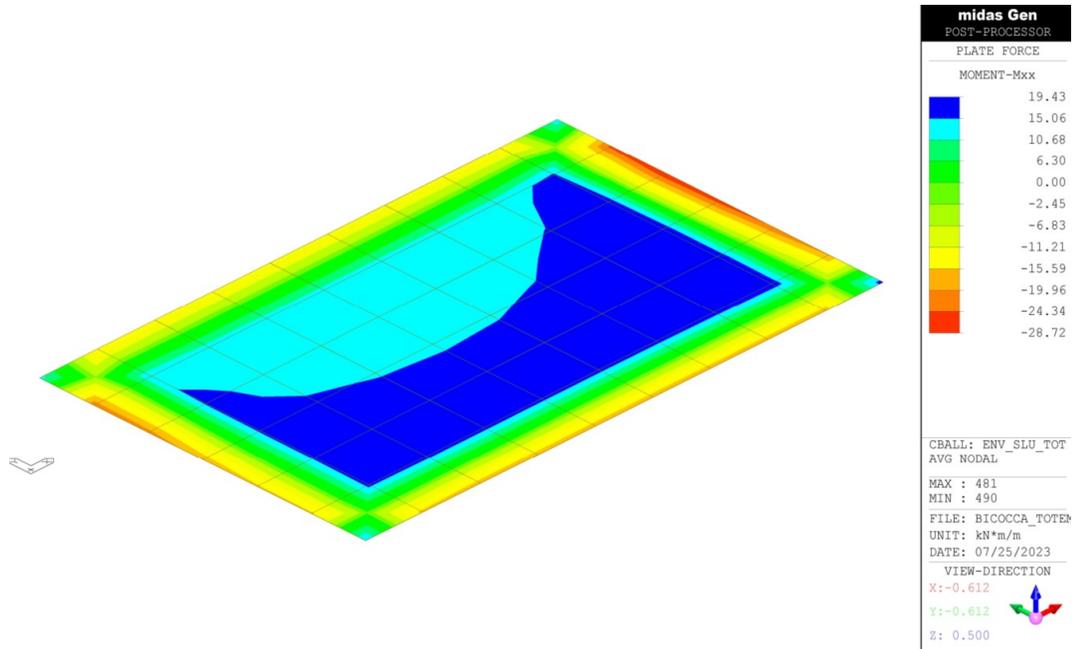
FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 09/04/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandatara: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatara: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegnieri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>52 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	52 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	52 di 86								

## 9.5 Soletta di copertura

### 9.5.1 Inviluppo SLU-SLV



APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

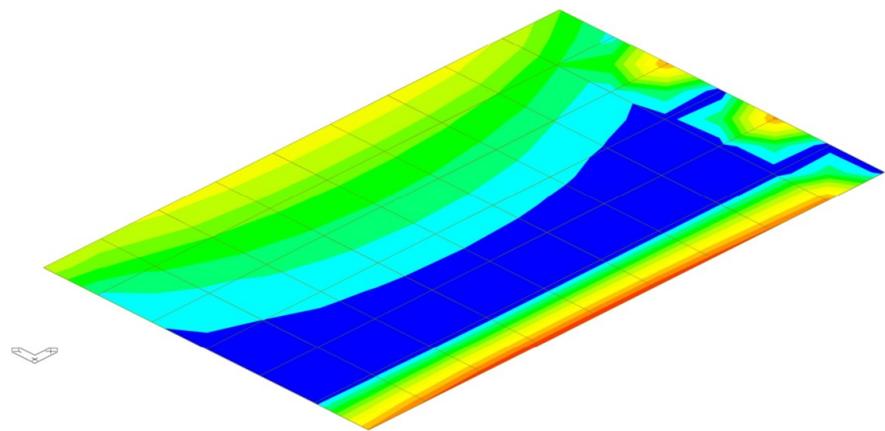
APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	53 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR  
PLATE FORCE

MOMENT-Myy

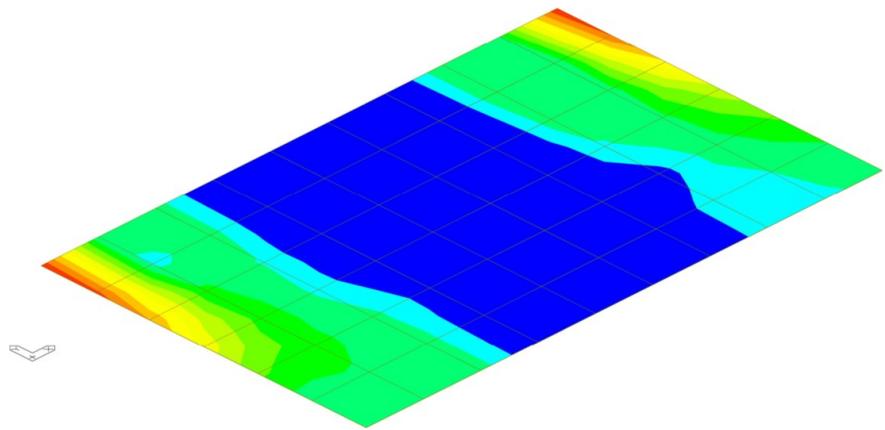
19.26
15.31
11.36
7.40
3.45
0.00
-4.45
-8.40
-12.35
-16.30
-20.25
-24.20

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 467  
MIN : 467

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR  
PLATE FORCE

FORCE-Fyy

16.71
0.00
-7.38
-19.43
-31.47
-43.52
-55.57
-67.61
-79.66
-91.70
-103.75
-115.80

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 493  
MIN : 508

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: 0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500

APPALTATORE:  
Mandatara: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

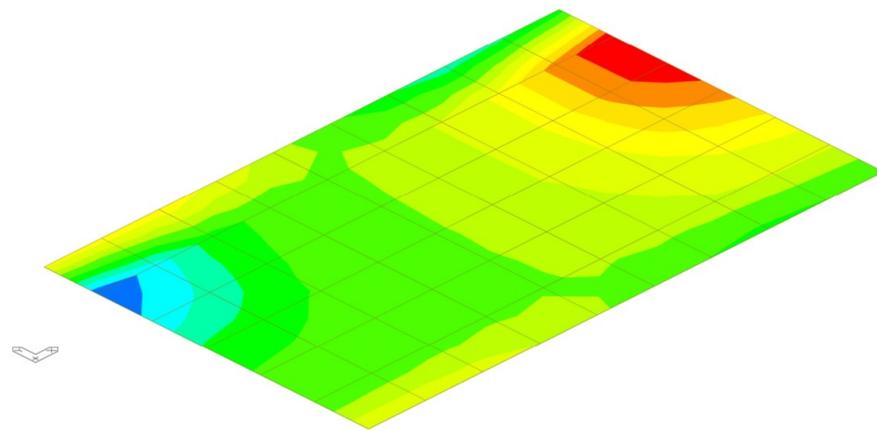
APPALTATORE:  
Mandatara: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	54 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vxx

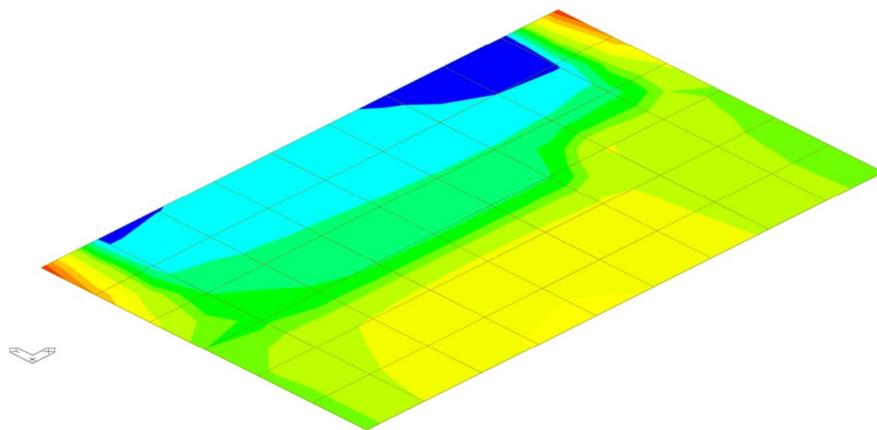
36.96
30.66
24.37
18.07
11.78
5.49
0.00
-7.10
-13.40
-19.69
-25.99
-32.28

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

MAX : 499  
MIN : 507

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

SHEAR-Vyy

40.09
31.43
22.76
14.09
5.42
0.00
-11.91
-20.58
-29.25
-37.92
-46.59
-55.26

CBALL: ENV\_SLU\_TOT  
AVG NODAL

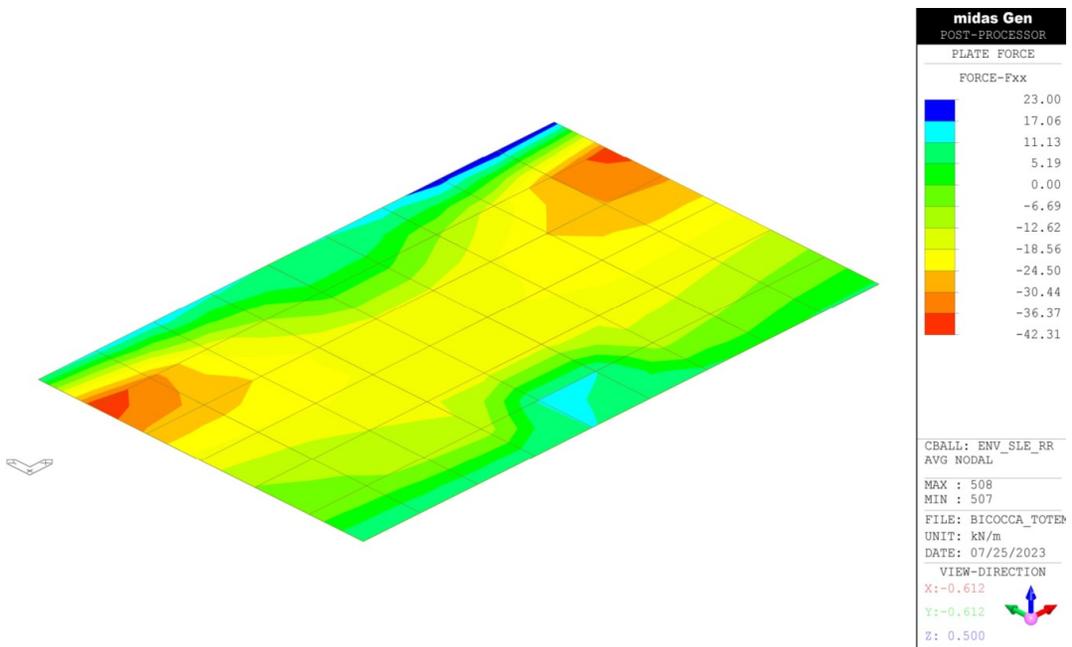
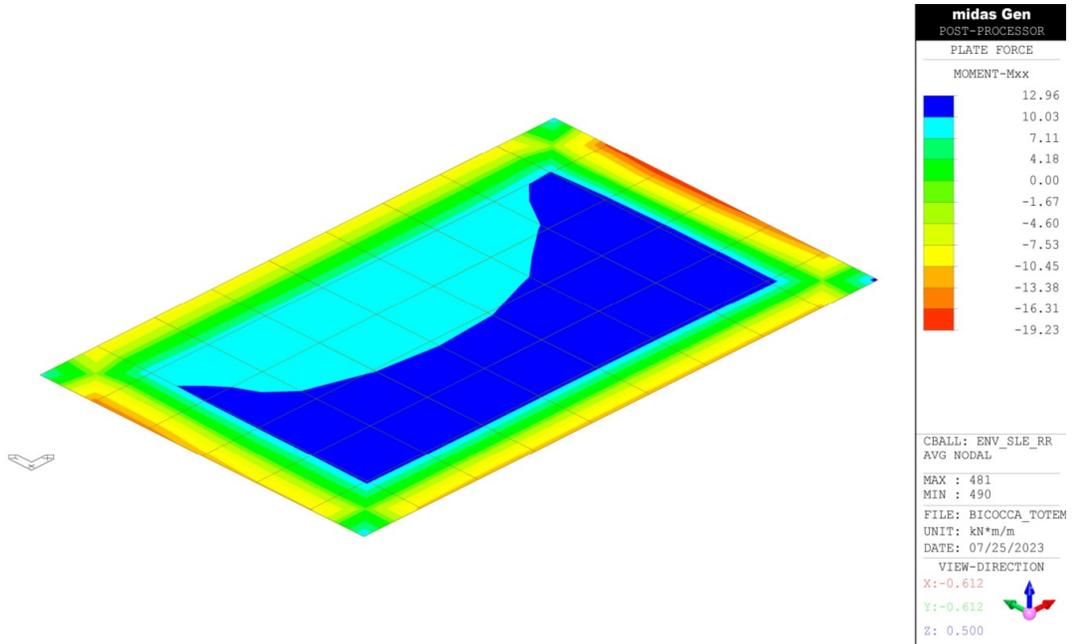
MAX : 508  
MIN : 508

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>ingegneria Integrata</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b> <b>ETECO</b> <b>ingegneria s.r.l.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>55 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	55 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	55 di 86								

9.5.2 *Inviluppo SLE*



APPALTATORE:  
Mandataria: **salini impregilo**

Mandante: **ASTALDI** **Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.** **S.I.F.E.L.**

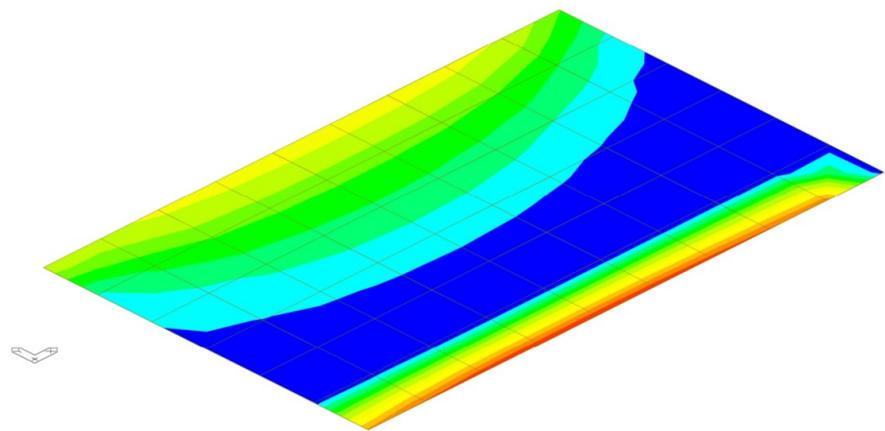
**DIRETTRICE FERROVIARIA  
MESSINA - CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO  
PALERMO – CATANIA  
RADDOPPIO DELLA TRATTA  
BICOCCA – CATENANUOVA**

APPALTATORE:  
Mandataria: **TECH PROJECT** **ingegneria Integrata**

Mandante: **Lombardi** **Lombardi Ingegneria S.r.l.** **Lombardi SA Ingegneri Consulenti** **ETECO** **ingegneria s.r.l.**

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE  
IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	56 di 86



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

MOMENT-Myy

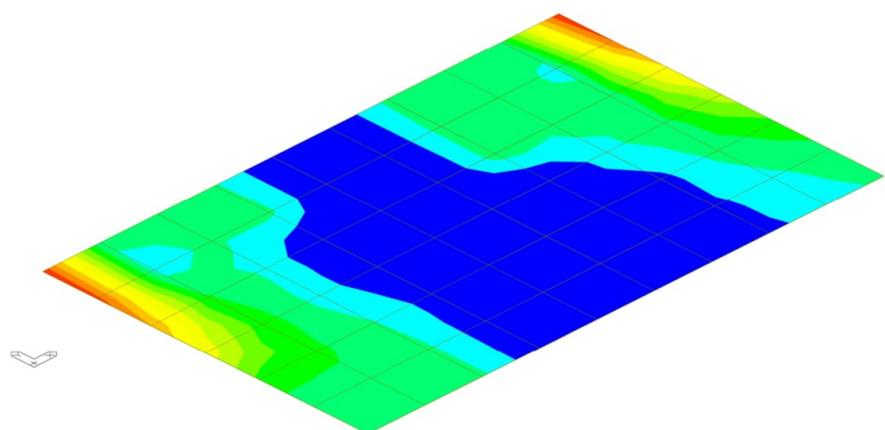
12.87
10.22
7.58
4.93
2.29
0.00
-3.01
-5.65
-8.30
-10.95
-13.59
-16.24

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 467  
MIN : 467

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN\*m/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500



**midas Gen**  
POST-PROCESSOR

PLATE FORCE

FORCE-Fyy

9.44
0.00
-6.35
-14.24
-22.13
-30.02
-37.91
-45.80
-53.69
-61.58
-69.48
-77.37

CBALL: ENV\_SLE\_RR  
AVG NODAL

MAX : 493  
MIN : 508

FILE: BICOCCA\_TOTEM  
UNIT: kN/m  
DATE: 07/25/2023

VIEW-DIRECTION  
X: -0.612  
Y: -0.612  
Z: 0.500

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>  	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b>   Mandante: <b>Lombardi</b> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>57 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	57 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	57 di 86								

## 10 VERIFICHE SLU

### 10.1 Premessa

Sulla base dei digrammi delle azioni interne riportati nei paragrafi precedenti, si effettua la verifica flessionale e a taglio allo stato limite ultimo.

Si osserva che, avendo analizzato l'effettivo comportamento bidimensionale degli elementi, le sollecitazioni flettenti sono combinate con quelle torcenti mediante il “*metodo del momento normale*” e pertanto

$$M_{ii,TOT} = M_{ii} + |M_{ij}|$$

Dove  $M_{ii}$  rappresenta il momento flettente “attorno” all'asse  $ii$  mentre  $M_{ij}$  rappresenta il contributo torcente.

I domini resistenti (pressoflessione semplice e/o deviata) sono calcolati mediante il software freeware VCASLU, sviluppato da P.Gelfi. Convenzionalmente e solo per le verifiche in esame, l'azione di compressione è assunta positiva se di compressione.

La resistenza a taglio degli elementi in c.a. è valutata mediante le formulazioni previste dalle NTC 2018.

### 10.2 Soletta di fondazione

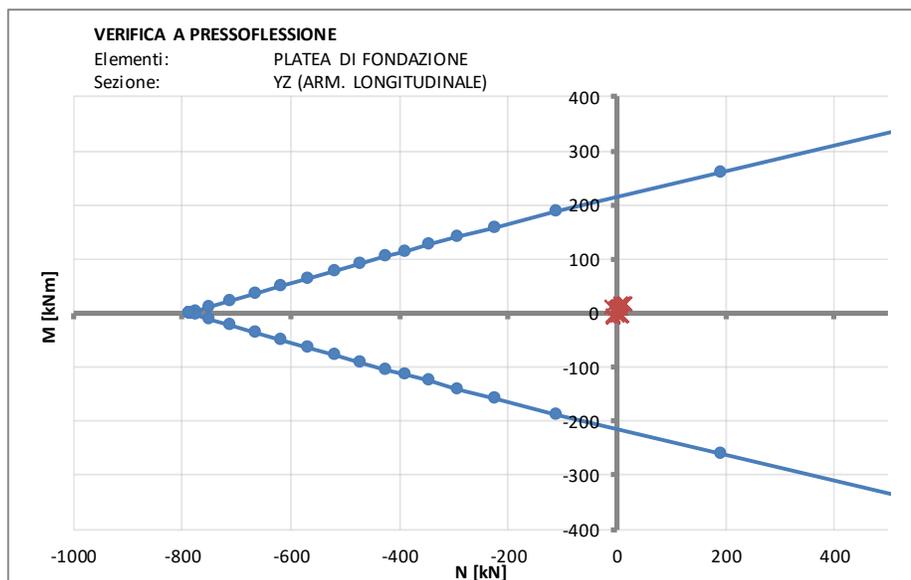
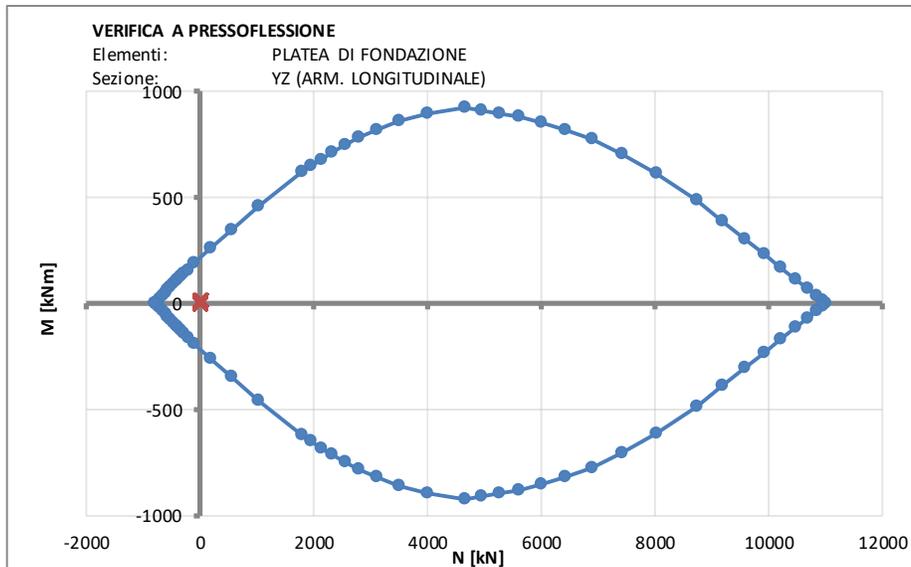
#### 10.2.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Soletta fondazione	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø16/20	d = 72 mm
			2	1Ø16/20	d = 528 mm
Soletta fondazione	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø16/20	d = 56 mm
			2	1Ø16/20	d = 544 mm

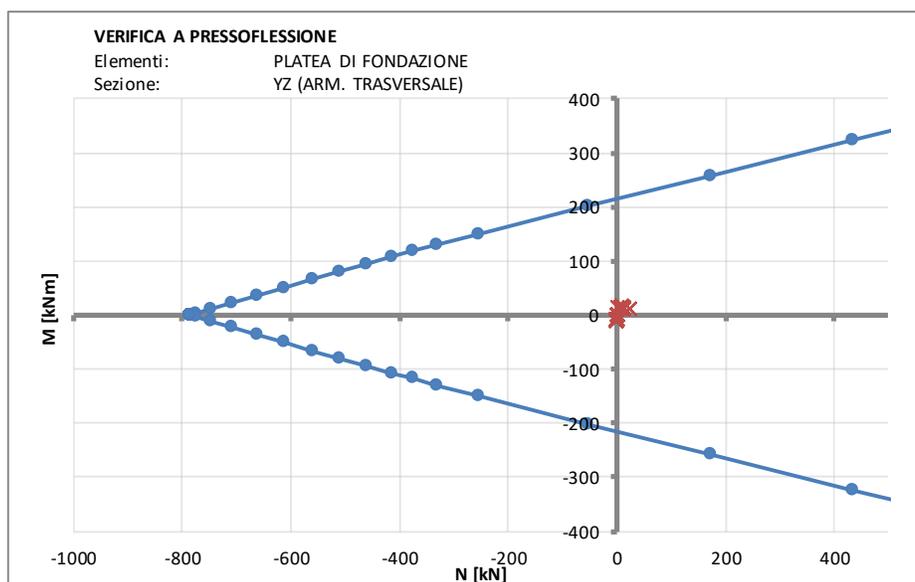
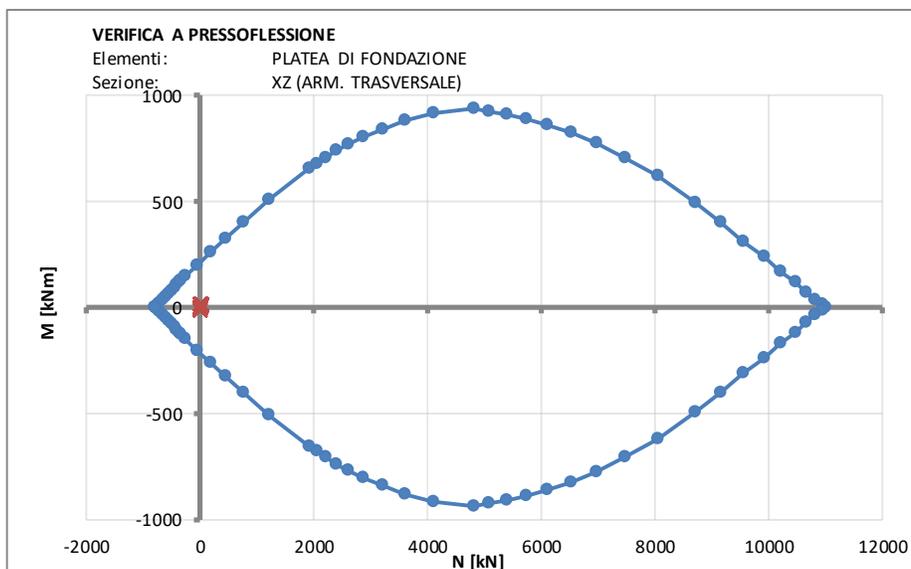
APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandataria: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandataria: <b>PROJECT</b> <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>58 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	58 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	58 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
5.89	15.05	<b>15.75</b>	1854.66	14.36
-12.07	10.49	15.94	<b>62.25</b>	20.19
12.78	15.58	17.15	854.48	<b>13.98</b>



APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>59 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	59 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	59 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
0.19	14.32	<b>15.03</b>	57495.31	14.98
-3.29	-11.33	17.65	<b>227.21</b>	18.86
8.69	15.25	16.43	1256.76	<b>14.21</b>



APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b			<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>60 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	60 di 86									

### 10.2.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.1.

El.	[-]	Soletta fondazione	Soletta fondazione	
Sez.	[-]	Longitudinale X	Trasversale Y	
$\gamma_c$	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
$R_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	30.7	30.7	Resistenza caratteristica cilindrica CLS
$f_{cd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	1005.3	1005.3	Armatura longitudinale tesa
$d$	[mm]	528	544	Altezza utile sezionale
$b_w$	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
$\rho_L$	[-]	0.0019	0.0018	Rapporto geometrico di armatura
$k$	[-]	1.615	1.606	Vedi NTC2018
$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0	0	Sforzo medio di compressione
$V_{Rd,min}$	[kN]	210	215	Resistenza minima
$V_{Rd,eff}$	[kN]	184	187	Resistenza effettiva
$V_{Rd}$	[kN]	210	215	Resistenza di calcolo
$V_{sd}$	[kN]	32	39	Taglio sollecitante di progetto
$F_s$	[-]	6.57	5.51	Coefficiente di sicurezza

### 10.3 Muri XZ

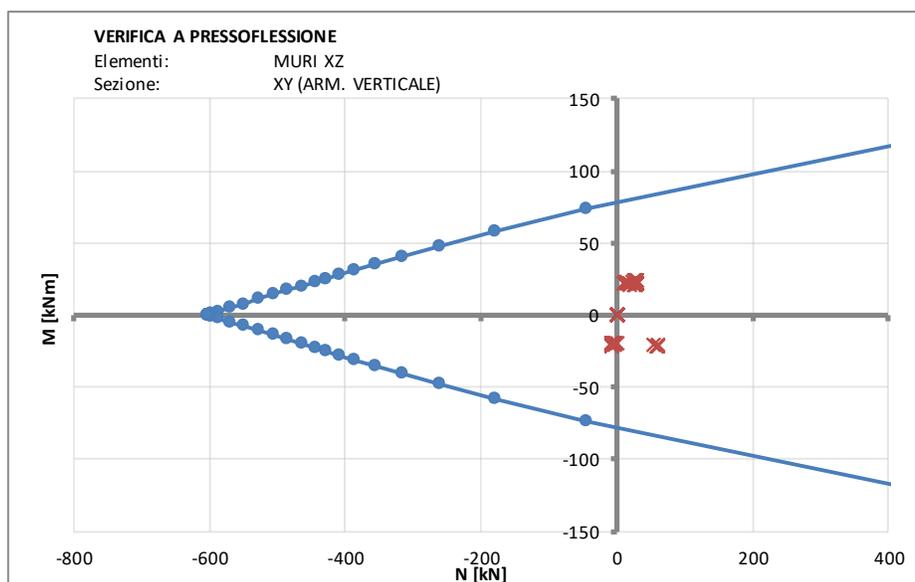
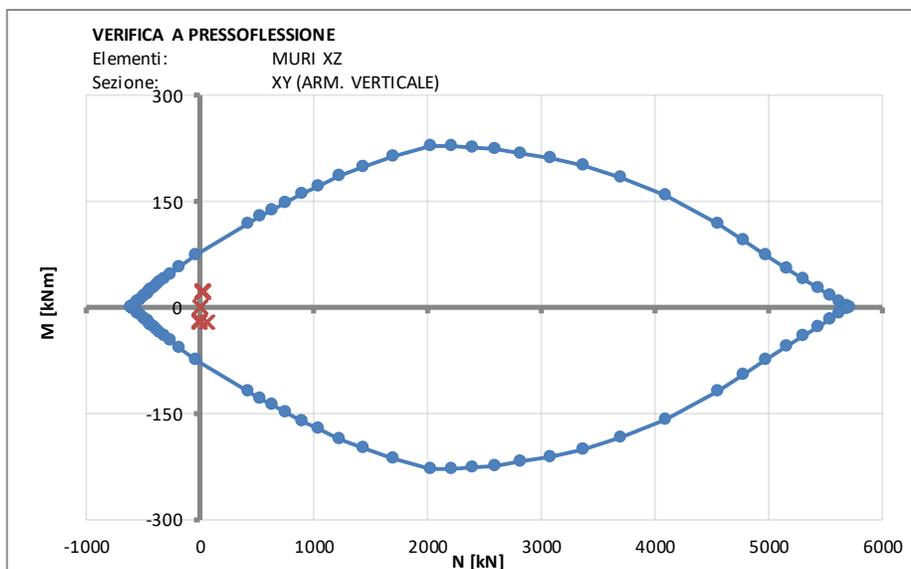
#### 10.3.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Muri XZ	Verticale Z	Tutte	1	1Ø14/20	d = 69 mm
			2	1Ø14/20	d = 231 mm
Muri XZ	Orizzontale X	Tutte	1	1Ø14/20	d = 55 mm
			2	1Ø14/20	d = 245 mm

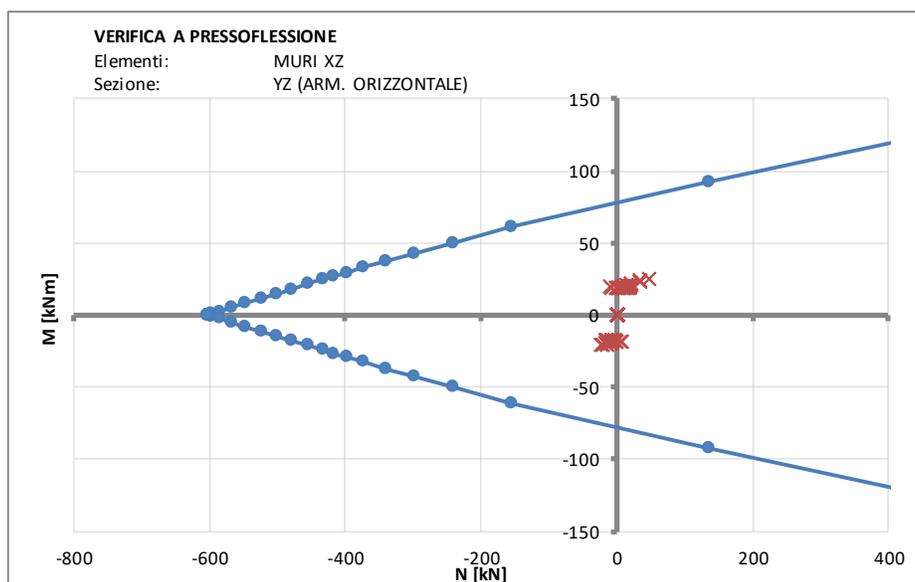
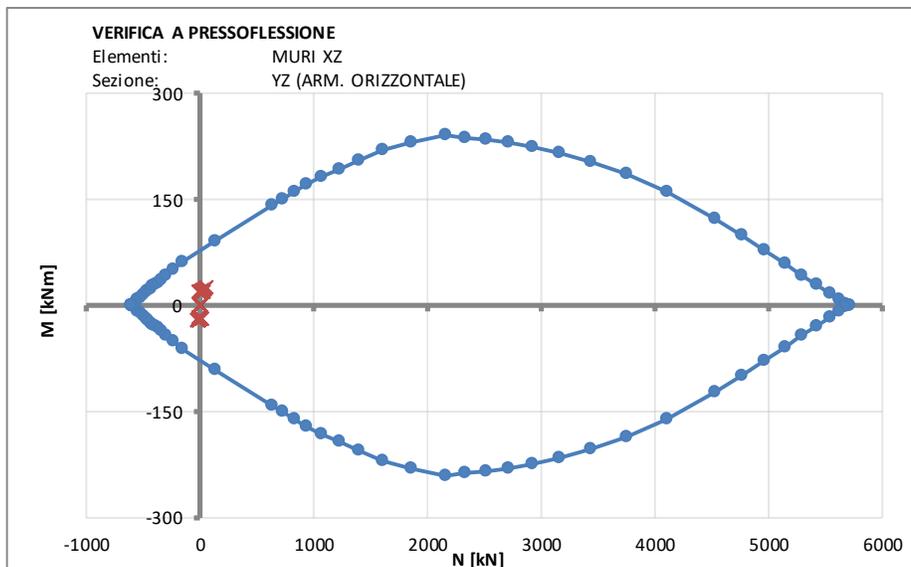
APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>Ingegneria Integrata</small> <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> <small>ETECO Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>61 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	61 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	61 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-9.07	-21.49	<b>3.51</b>	50.21	3.61
-9.11	-21.30	3.54	<b>50.10</b>	3.64
27.47	24.16	3.65	198.78	<b>3.36</b>



APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>62 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	62 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	62 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-24.03	-20.56	<b>2.87</b>	19.22	3.65
-24.03	-20.56	2.87	<b>19.22</b>	3.65
46.07	25.13	3.83	118.50	<b>3.28</b>



APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>					
APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b		PROGETTO RS39	LOTTO 1.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.005	REV. C	PAGINA 63 di 86

### 10.3.2 Verifiche a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.1.

El.	[-]	Muri XZ	Muri XZ	
Sez.	[-]	Verticale Z	Orizzontale X	
$\gamma_c$	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
$R_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	30.7	30.7	Resistenza caratteristica cilindrica CLS
$f_{cd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	769.7	769.7	Armatura longitudinale tesa
$d$	[mm]	228	244	Altezza utile sezionale
$b_w$	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
$\rho_L$	[-]	0.0034	0.0032	Rapporto geometrico di armatura
$k$	[-]	1.937	1.905	Vedi NTC2018
$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0	0	Sforzo medio di compressione
$V_{Rd,min}$	[kN]	119	124	Resistenza minima
$V_{Rd,eff}$	[kN]	116	119	Resistenza effettiva
$V_{Rd}$	[kN]	119	124	Resistenza di calcolo
$V_{sd}$	[kN]	56	24	Taglio sollecitante di progetto
$F_s$	[-]	2.13	5.19	Coefficiente di sicurezza

## 10.4 Muri YZ

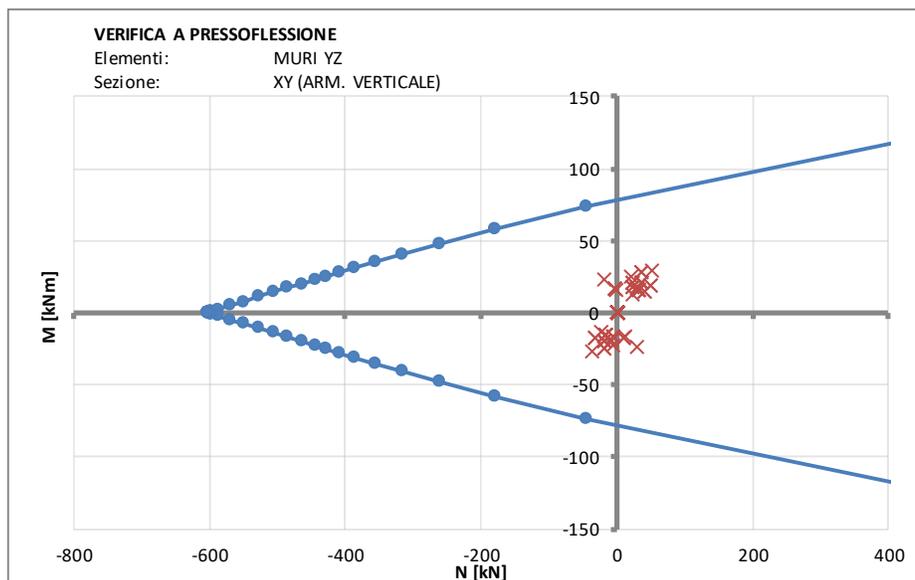
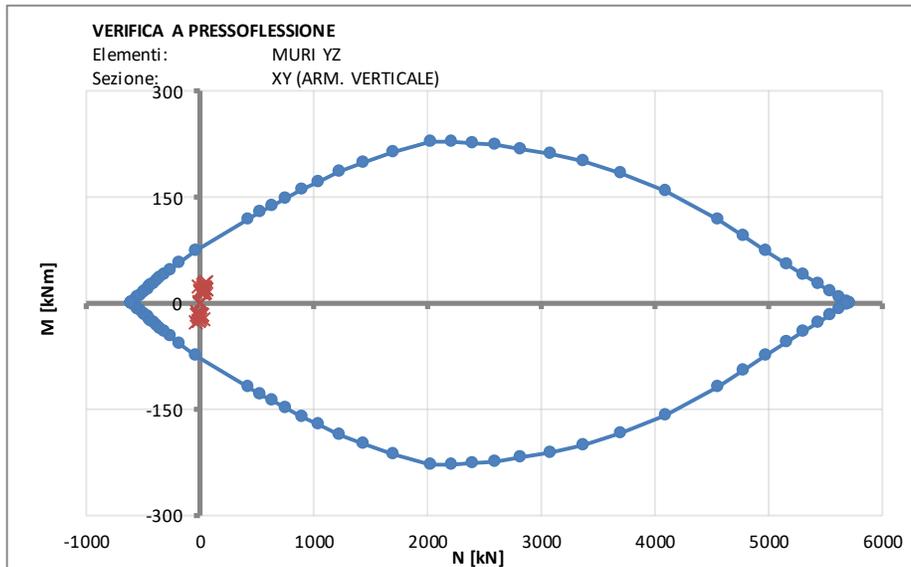
### 10.4.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Muri YZ	Verticale Z	Tutte	1	1Ø14/20	d = 69 mm
			2	1Ø14/20	d = 231 mm
Muri YZ	Orizzontale Y	Tutte	1	1Ø14/20	d = 55 mm
			2	1Ø14/20	d = 245 mm

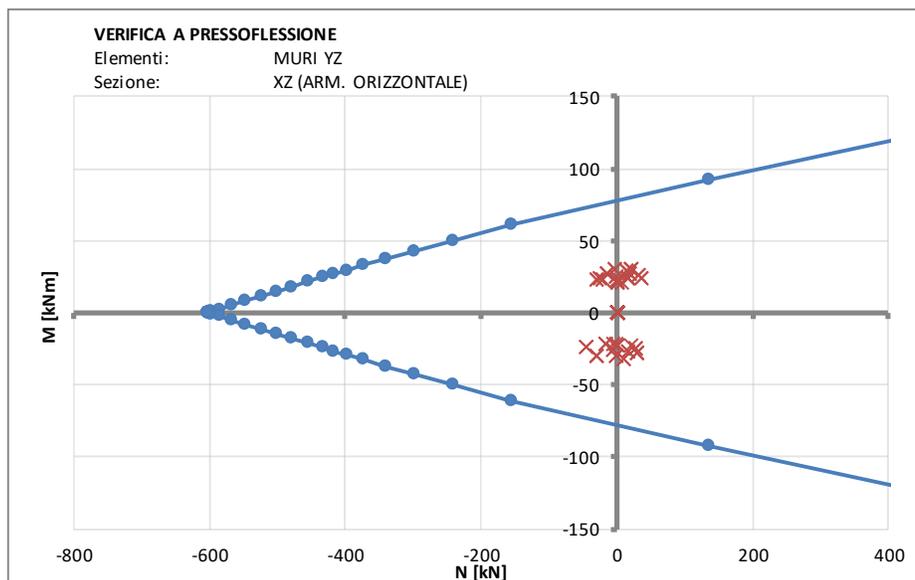
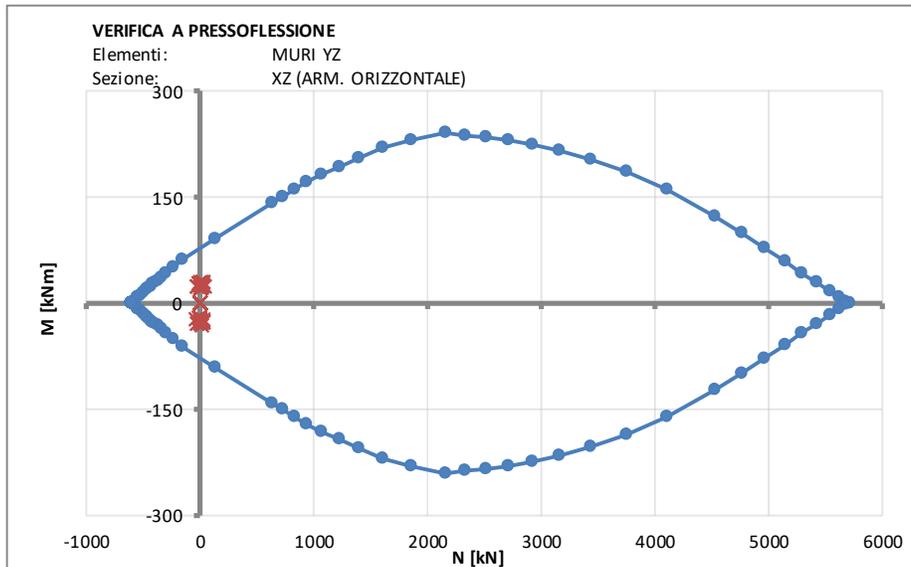
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <b>salini impregilo</b> </div> <div style="text-align: center;">   <b>ASTALDI</b> </div> <div style="text-align: center;">             Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.         </div> <div style="text-align: center;">   <b>S.I.F.E.L.</b> </div> </div>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <b>TECH PROJECT</b>  <small>Ingegneria Integrata</small> </div> <div style="text-align: center;">   <b>Lombardi</b>  <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> </div> <div style="text-align: center;">   <b>E.TE.CO</b>  <small>Ingegneria s.r.l.</small> </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 10%;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>64 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	64 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	64 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-36.67	-26.76	<b>1.86</b>	11.40	2.80
-36.67	-26.76	1.86	<b>11.40</b>	2.80
-36.67	-26.76	1.86	11.40	<b>2.80</b>



APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>Ingegneria Integrata</small> <small>Lombardi Ingegneria S.r.l.          Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> <small>ETECO Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>65 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	65 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	65 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-45.26	-23.75	<b>1.42</b>	9.71	3.06
-45.26	-23.75	1.42	<b>9.71</b>	3.06
9.97	-31.72	2.53	541.47	<b>2.48</b>



APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>66 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	66 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	66 di 86								

### 10.4.2 Verifica a taglio

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.1.

El.	[-]	Muri YZ	Muri YZ	
Sez.	[-]	Verticale Z	Orizzontale Y	
$\gamma_c$	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
$R_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	30.7	30.7	Resistenza caratteristica cilindrica CLS
$f_{cd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	769.7	769.7	Armatura longitudinale tesa
d	[mm]	228	244	Altezza utile sezionale
$b_w$	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
$\rho_L$	[-]	0.0034	0.0032	Rapporto geometrico di armatura
k	[-]	1.937	1.905	Vedi NTC2018
$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0	0	Sforzo medio di compressione
$V_{Rd,min}$	[kN]	119	124	Resistenza minima
$V_{Rd,eff}$	[kN]	116	119	Resistenza effettiva
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>[kN]</b>	<b>119</b>	<b>124</b>	Resistenza di calcolo
<b><math>V_{Sd}</math></b>	<b>[kN]</b>	<b>52</b>	<b>72</b>	Taglio sollecitante di progetto
$F_s$	[-]	2.29	1.73	Coefficiente di sicurezza

## 10.5 Soletta di copertura

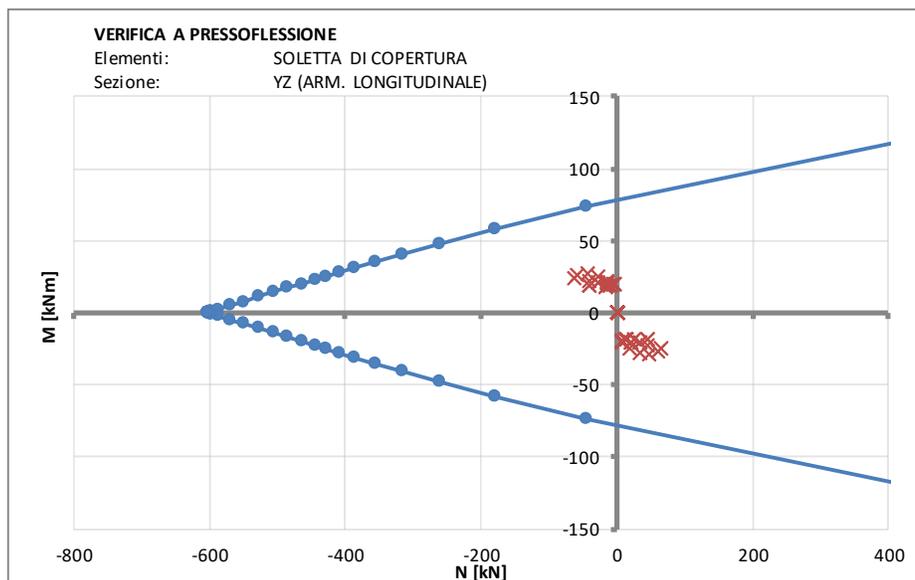
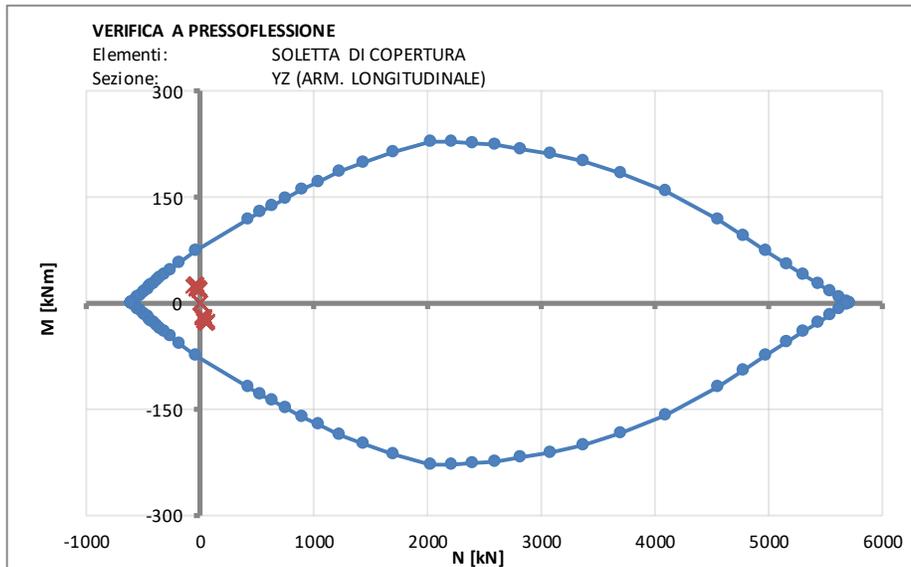
### 10.5.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche sono svolte con riferimento all'effettiva armatura di progetto riassunta in tabella.

Elemento	Direzione	Sezione	Strato	Armatura	Altezza utile
Soletta di copertura	Longitudinale X	Tutte	1	1Ø14/20	d = 69 mm
			2	1Ø14/20	d = 231 mm
Soletta di copertura	Trasversale Y	Tutte	1	1Ø14/20	d = 55 mm
			2	1Ø14/20	d = 245 mm

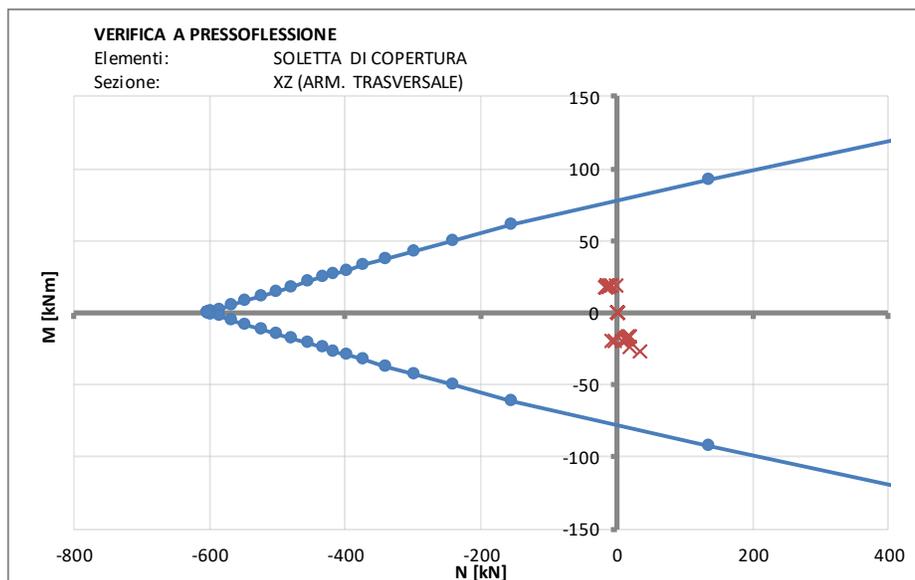
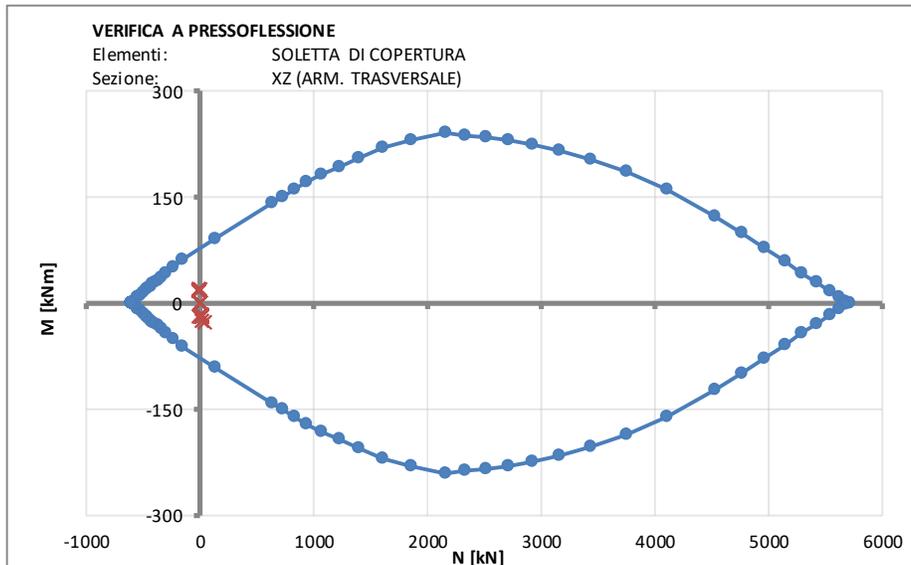
APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>67 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	67 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	67 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
-58.86	25.60	<b>2.44</b>	7.24	2.84
-62.89	23.73	2.54	<b>6.99</b>	3.04
-43.63	26.82	2.48	9.57	<b>2.77</b>



APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>Ingegneria Integrata</small> <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> <small>ETECO Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE <b>IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b</b>	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>68 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	68 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	68 di 86								

N	M	Fs (e=cost)	Fs (M=cost)	Fs (N=cost)
[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]
32.28	-27.32	<b>3.25</b>	168.45	2.97
-17.52	17.09	4.09	<b>27.74</b>	4.43
32.28	-27.32	3.25	168.45	<b>2.97</b>



APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>  	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b>   Mandante: <b>Lombardi</b> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>69 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	69 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	69 di 86								

### 10.5.2 *Verifiche a taglio*

Si mostra la verifica a taglio eseguita in accordo con le NTC 2018 al par. 4.1.2.3.5.1.

El.	[-]	Soletta di copertura	Soletta di copertura	
Sez.	[-]	Longitudinale YZ	Trasversale XZ	
$\gamma_c$	[-]	1.50	1.50	Coefficiente parziale per il calcestruzzo
$R_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Resistenza caratteristica cubica CLS
$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	30.7	30.7	Resistenza caratteristica cilindrica CLS
$f_{cd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	17.4	17.4	Resistenza a compressione di progetto
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	769.7	769.7	Armatura longitudinale tesa
$d$	[mm]	231	245	Altezza utile sezionale
$b_w$	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
$\rho_L$	[-]	0.0033	0.0031	Rapporto geometrico di armatura
$k$	[-]	1.930	1.904	Vedi NTC2018
$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0	0	Sforzo medio di compressione
$V_{Rd,min}$	[kN]	120	125	Resistenza minima
$V_{Rd,eff}$	[kN]	116	119	Resistenza effettiva
$V_{Rd}$	[kN]	120	125	Resistenza di calcolo
$V_{sd}$	[kN]	37	55	Taglio sollecitante di progetto
$F_s$	[-]	3.25	2.27	Coefficiente di sicurezza

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> Mandante: <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> <small>PROJECT Ingegneria Integrata s.p.a.</small> <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneri Consulenti</small> <small>ETECO Ingegneria S.r.l.</small>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>70 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	70 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	70 di 86								

## 11 VERIFICHE SLE

### 11.1 Premessa

Si effettuano le verifiche allo stato limite di esercizio in accordo con il paragrafo 4.1.2.2.5 delle NTC 2018 e al manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 E, in cui sono specificati i seguenti limiti tensionali:

- per combinazione di carico caratteristica (rara)  $\sigma_{c,max} \leq 0.55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente  $\sigma_{c,max} \leq 0.40 f_{ck}$ ;
- per le armature ordinarie e per la combinazione di carico caratteristica (rara)  $\sigma_{s,max} \leq 0.75 f_{yk}$ .

Si osserva che nei calcoli seguenti si farà riferimento alle sezioni più sollecitate.

### 11.2 Soletta di fondazione

#### 11.2.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	X	Tutte	7	12
Rara	Y	Tutte	9	16
Quasi permanente	X	Tutte	6	8
Quasi permanente	Y	Tutte	7	12

#### Soletta di fondazione – Direzione X

##### Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$
- combinazione rara:	0.24	<	16.89 N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	0.21	<	12.84 N/mm <sup>2</sup>

##### Tensione massima dell'acciaio

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$
- combinazione rara:	8.50	<	337.50 N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	

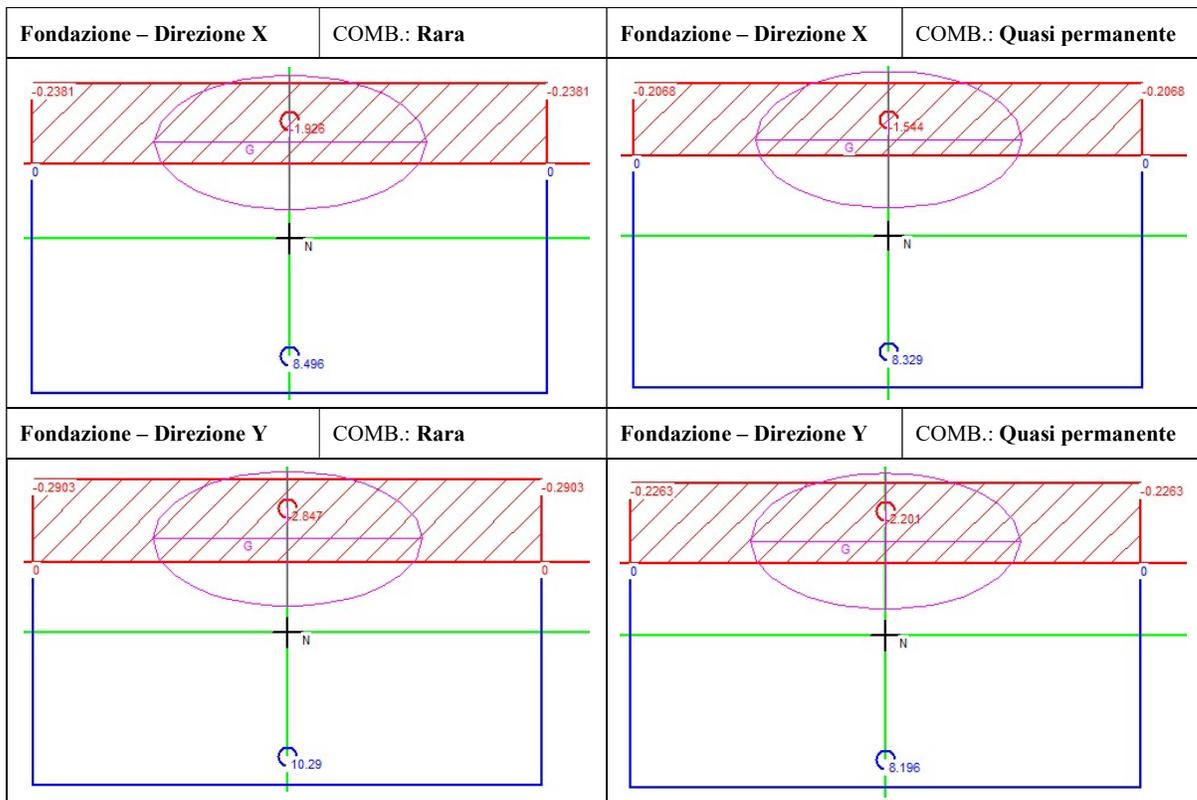
### Soletta di fondazione – Direzione Y

#### Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

- combinazione rara:	$\sigma_c$	<	$\sigma_{c,lim}$	
	0.29	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	0.23	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

#### Tensione massima dell'acciaio

- combinazione rara:	$\sigma_s$	<	$\sigma_{s,lim}$	
	10.29	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>



### 11.2.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti

APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>I.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>72 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	72 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	I.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	72 di 86								

riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	X	Tutte	7	12
Rara	Y	Tutte	9	16

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w <sub>d</sub> [mm]
Rara	X	Tutte	/	≤	w <sub>2</sub> = 0.200
Rara	Y	Tutte	/	≤	w <sub>2</sub> = 0.200

#### STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Totem	Totem	
Elemento	[-]	Fondazione	Fondazione	
Direzione	[-]	X	Y	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	600	600	Altezza sezione
A	[mm <sup>2</sup> ]	6.000E+05	6.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm <sup>3</sup> ]	6.000E+07	6.000E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f <sub>ctm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ <sub>ct,amm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	12	16	Azione assiale concomitante
M <sub>max</sub>	[kNm]	7	9	Momento massimo sollecitante
M <sub>ff</sub>	[kNm]	181	181	Momento di formazione fessure
<b>Check</b>		<b>NO</b>	<b>NO</b>	

\* =  $f_{ctm}/1.20$  per trazione, =  $1.20 \times f_{ctm}/1.20$  per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandatario:    	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>73 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	73 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	73 di 86								

### 11.3 Muri XZ

#### 11.3.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	16	20
Rara	Orizzontale X	Tutte	16	-15
Quasi permanente	Verticale Z	Tutte	11	16
Quasi permanente	Orizzontale X	Tutte	11	-8

#### Muri XZ – Direzione verticale Z

##### Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.42	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	1.66	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

##### Tensione massima dell'acciaio

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	84.25	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>

#### Muri XZ – Direzione orizzontale X

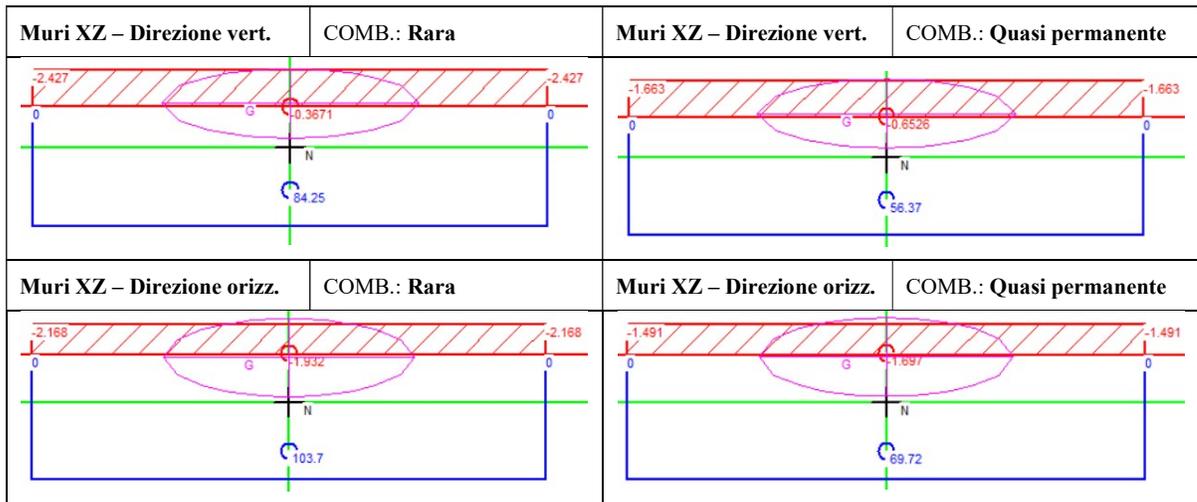
##### Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.17	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	1.49	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

##### Tensione massima dell'acciaio

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	103.7	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>	
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 1.0.V.ZZ CL IN.20.00.005 C 74 di 86



### 11.3.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	16	20
Rara	Orizzontale X	Tutte	16	-15

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]	$w_d$ [mm]
Rara	Verticale Z	Tutte	/	$w_2 = 0.200$
Rara	Orizzontale X	Tutte	/	$w_2 = 0.200$

APPALDATORE: Mandataria:    	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>75 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	75 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	75 di 86								

## STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Totem	Totem	
Elemento	[-]	Muri XZ	Muri XZ	
Direzione	[-]	Verticale	Orizzontale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	300	300	Altezza sezione
A	[mm <sup>2</sup> ]	3.000E+05	3.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm <sup>3</sup> ]	1.500E+07	1.500E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f <sub>ctm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ <sub>ct,amm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	20	-15	Azione assiale concomitante
M <sub>max</sub>	[kNm]	16	16	Momento massimo sollecitante
M <sub>ff</sub>	[kNm]	46	44	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

\* =f<sub>ctm</sub>/1.20 per trazione, =1.20f<sub>ctm</sub>/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

## 11.4 Muri YZ

### 11.4.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	19	34
Rara	Orizzontale Y	Tutte	17	21
Quasi permanente	Verticale Z	Tutte	12	24
Quasi permanente	Orizzontale Y	Tutte	12	16

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>EFTECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>76 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	76 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	76 di 86								

**Muri YZ – Direzione verticale Z**

**Massima tensione di compressione nel calcestruzzo**

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.85	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	1.79	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

**Tensione massima dell'acciaio**

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	92.99	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>

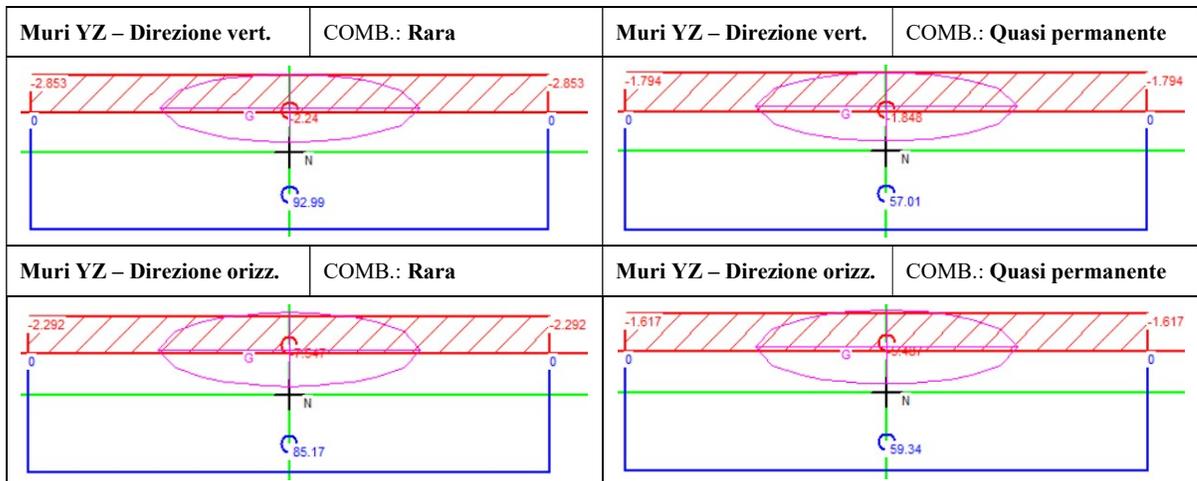
**Muri YZ – Direzione orizzontale Y**

**Massima tensione di compressione nel calcestruzzo**

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.29	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	1.62	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

**Tensione massima dell'acciaio**

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	85.17	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>



APPALTATORE: Mandatario:    	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>77 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	77 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	77 di 86								

#### 11.4.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Verticale Z	Tutte	19	34
Rara	Orizzontale Y	Tutte	17	21

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]		w <sub>d</sub> [mm]
Rara	Verticale Z	Tutte	/	≤	w <sub>2</sub> = 0.200
Rara	Orizzontale Y	Tutte	/	≤	w <sub>2</sub> = 0.200

#### STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Totem	Totem	
Elemento	[-]	Muri YZ	Muri YZ	
Direzione	[-]	Verticale	Orizzontale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	300	300	Altezza sezione
A	[mm <sup>2</sup> ]	3.000E+05	3.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm <sup>3</sup> ]	1.500E+07	1.500E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f <sub>ctm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ <sub>ct,amm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	34	21	Azione assiale concomitante
M <sub>max</sub>	[kNm]	19	17	Momento massimo sollecitante
M <sub>ff</sub>	[kNm]	47	46	Momento di formazione fessure
<b>Check</b>		<b>NO</b>	<b>NO</b>	

\* =f<sub>ctm</sub>/1.20 per trazione, =1.20xf<sub>ctm</sub>/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b			<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>78 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	78 di 86									

## 11.5 Soletta di copertura

### 11.5.1 Stato limite tensionale

In accordo alle prescrizioni di normativa, si procede con la verifica delle tensioni massime/minime in condizioni di esercizio, per le combinazioni di carico rara e quasi-permanente.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	19	32
Rara	Trasversale Y	Tutte	16	3
Quasi permanente	Longitudinale X	Tutte	13	22
Quasi permanente	Trasversale Y	Tutte	11	2

### Soletta di copertura – Direzione longitudinale X

#### Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	2.86	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	1.96	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

#### Tensione massima dell'acciaio

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	94.36	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>

### Soletta di copertura – Direzione trasversale Y

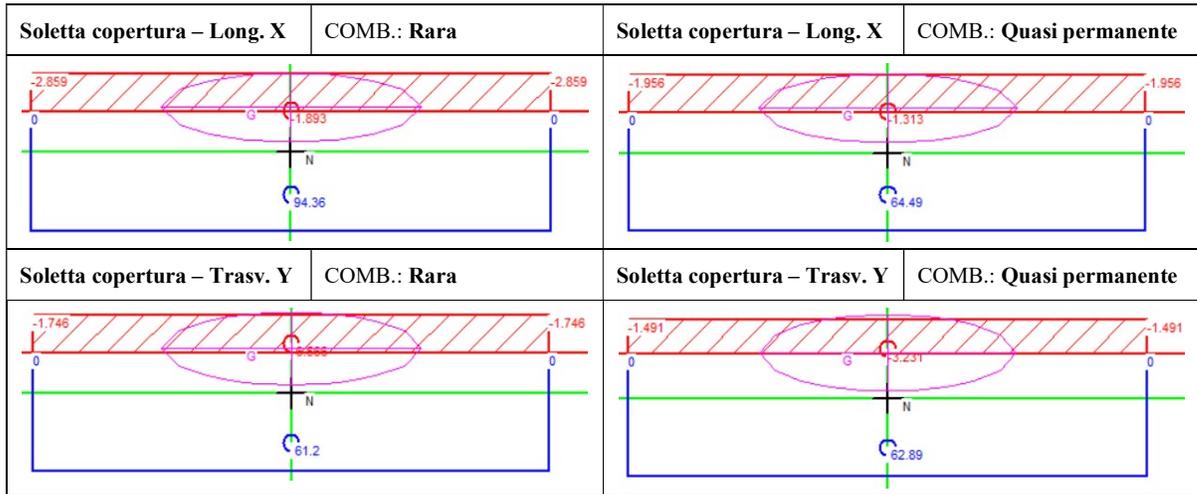
#### Massima tensione di compressione nel calcestruzzo

	$\sigma_c$		$\sigma_{c,lim}$	
- combinazione rara:	1.75	<	16.89	N/mm <sup>2</sup>
- combinazione quasi permanente:	1.49	<	12.84	N/mm <sup>2</sup>

#### Tensione massima dell'acciaio

	$\sigma_s$		$\sigma_{s,lim}$	
- combinazione rara:	61.2	<	337.50	N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: Mandataria: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegnieri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>79 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	79 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	79 di 86								



### 11.5.2 Stato limite di fessurazione

In accordo alle prescrizioni di normativa si procede con la verifica a fessurazione per la condizione di carico Rara.

Con riferimento ai diagrammi di sintesi delle azioni sollecitanti, si considerano le azioni sollecitanti riportate in tabella. Per quanto riguarda le armature, si rimanda al capitolo delle verifiche SLU.

Combinazione	Direzione	Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]
Rara	Longitudinale X	Tutte	19	32
Rara	Trasversale Y	Tutte	16	3

Combinazione	Direzione	Sezione	w [mm]	$w_d$ [mm]
Rara	Longitudinale X	Tutte	/	$w_2 = 0.200$
Rara	Trasversale Y	Tutte	/	$w_2 = 0.200$

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>  	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b>  <b>Lombardi</b> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>80 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	80 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	80 di 86								

### **STEP 1 - FORMAZIONE DELLE FESSURE**

Combinazione	[-]	SLE_Rara	SLE_Rara	
Opera	[-]	Totem	Totem	
Elemento	[-]	Soletta copertura	Soletta copertura	
Direzione	[-]	Longitudinale	Trasversale	
Tipo di sollecitazione	[-]	Flessione	Flessione	
B	[mm]	1000	1000	Larghezza sezione
H	[mm]	300	300	Altezza sezione
A	[mm <sup>2</sup> ]	3.000E+05	3.000E+05	Sezione resistente (solo CLS)
W	[mm <sup>3</sup> ]	1.500E+07	1.500E+07	Modulo resistente (solo CLS)
R <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	37	37	Classe di resistenza a compressione CLS
f <sub>ctm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza media a trazione
σ <sub>ct,amm</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.00	3.00	Resistenza ammissibile a trazione (*)
N	[kN]	32	3	Azione assiale concomitante
M <sub>max</sub>	[kNm]	19	16	Momento massimo sollecitante
M <sub>ff</sub>	[kNm]	47	45	Momento di formazione fessure
Check		NO	NO	

\* =f<sub>ctm</sub>/1.20 per trazione, =1.20xf<sub>ctm</sub>/1.20 per flessione

Le verifiche allo stato limite di fessurazione sono soddisfatte poiché i momenti sollecitanti sono inferiori rispetto ai momenti di formazione delle fessure.

APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>					
APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:  						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	PROGETTO RS39	LOTTO I.0.V.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.20.00.005	REV. C	PAGINA 81 di 86	

## 12 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 12.1 Verifica a capacità portante del terreno

Il terreno di fondazione di qualsiasi struttura deve essere in grado di sopportare il carico che gli viene trasmesso dalle strutture sovrastanti senza che si verifichi rottura e senza che i cedimenti della struttura siano eccessivi. Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen (1974). Il fattore di sicurezza fissato dalla normativa non deve essere inferiore a 2.3.

Si mostra la verifica della capacità portante del terreno, considerando le sollecitazioni sulla fondazione relative alla combinazione che comporta il minimo fattore di sicurezza.

#### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = Ml/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

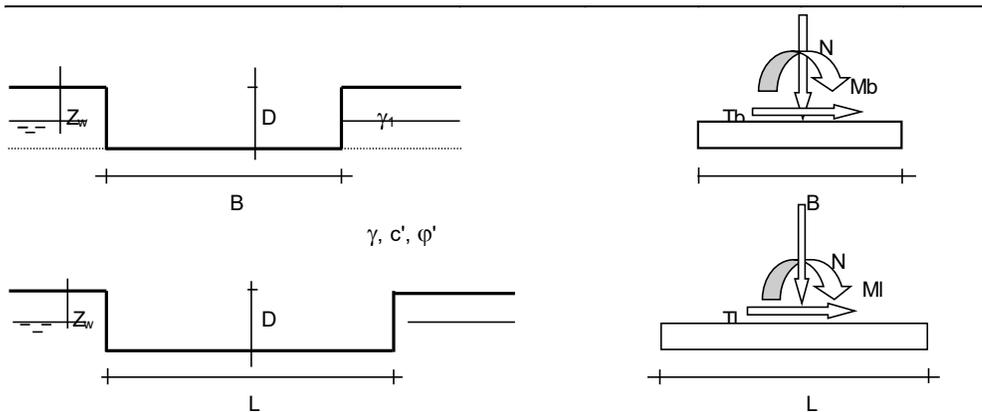
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo			coefficienti parziali					
			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b> <b>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</b> <b>S.I.F.E.L.</b>	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH PROJECT</b> <b>Lombardi</b> <b>ETECO</b> Mandante: <b>Lombardi Ingegneria S.r.l.</b> <b>Lombardi SA Ingegneri Consulenti</b>													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>82 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	82 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	82 di 86								



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 3.00 (m)  
L = 4.00 (m)  
D = 0.60 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	532.01	0.00	532.01
Mb [kNm]	75.55	0.00	75.55
MI [kNm]	204.22	0.00	204.22
Tb [kN]	60.65	0.00	60.65
Tl [kN]	271.20	0.00	271.20
H [kN]	277.89	0.00	277.89

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1$  = 19.00 (kN/mc)  
 $\gamma$  = 19.00 (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c'$  = 10.00 (kN/mq)  
 $\phi'$  = 24.00 (°)

*Valori di progetto*

$c^*$  = 10.00 (kN/mq)  
 $\phi^*$  = 24.00 (°)

*Profondità della falda*

$Z_w$  = 4.00 (m)

$e_B$  = 0.14 (m)  
 $e_L$  = 0.38 (m)

$B^*$  = 2.72 (m)  
 $L^*$  = 3.23 (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 11.40 (kN/mq)

APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>     	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <span style="margin-left: 100px;">Mandante:</span>    													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>83 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	83 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	83 di 86								

$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

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

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi' \cdot \gamma)}$$

$$N_q = 9.60$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$$

$$N_c = 19.32$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

$$N_\gamma = 9.44$$

$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.42$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \phi' / L$$

$$s_q = 1.37$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.66$$

$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.54 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 12.61 \quad (^\circ)$$

$$m = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.46 \quad m = 1.46 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_c \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \phi'))^m$$

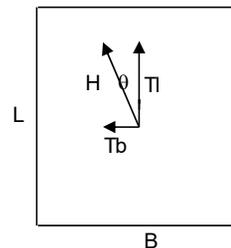
$$i_q = 0.50$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.44$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \phi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.31$$



APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b	<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>84 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	84 di 86
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	84 di 86								

**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$   
 per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.07$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$d_c = 1.08$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 258.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

APPALTATORE: Mandatario: <b>salini impregilo</b> Mandante: <b>ASTALDI</b>  	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandatario: <b>TECH</b>  <b>Lombardi</b>  <b>ETECO</b> 													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b		<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>85 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	85 di 86								

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 60.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 112.43 \geq q = 60.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**12.2 Verifica a scorrimento**

La verifica allo scorrimento consiste nell'assicurare la stabilità dell'opera nei confronti di un meccanismo di collasso tale per cui l'intera opera va a scorrere sul piano di contatto con il terreno di fondazione. Pertanto, essa risulta soddisfatta se la componente delle forze agenti nella direzione parallela al piano di scorrimento ( $F_s$ ) risulta inferiore alla forza di attrito ( $F_r$ ) che si genera al contatto tra opera e terreno di fondazione. Tale forza risulta proporzionale al peso del muro ed è espressa dalla relazione:

$$F_r = N \cdot \text{tg} \delta_f + c' \cdot B^* \cdot L^*$$

dove  $N$  rappresenta la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e  $\delta_f$  l'angolo di attrito terreno-fondazione.

Il rapporto  $F_r/F_s$  fissato dalla normativa non deve essere inferiore a 1.10.

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 277.89 \quad (\text{kN})$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 324.65 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 295.14 \geq H_d = 277.89 \quad (\text{kN})$$

APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:   	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA          MESSINA - CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO          PALERMO – CATANIA          RADDOPPIO DELLA TRATTA          BICOCCA – CATENANUOVA</b>												
APPALTATORE: Mandataria: 	Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE IN20 – Interferenza pk 19+732.15 – Relazione di calcolo Totem IN20b			<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>RS39</td> <td>1.0.V.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.20.00.005</td> <td>C</td> <td>86 di 86</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
RS39	1.0.V.ZZ	CL	IN.20.00.005	C	86 di 86									

### 13 VERIFICA RIBALTAMENTO

La verifica a ribaltamento viene effettuata rispetto allo spigolo inferiore del basamento, nella direzione più sfavorevole. I coefficienti considerati per la verifica sono:

- $\gamma_{g1}$  favorevole 0.90
- $\gamma_{g2}$  sfavorevole 1.50
- $\gamma_q$  sfavorevole 1.50

#### Calcolo momento ribaltante

Spinta statica terreno		
Pressione	31.10	kN/m <sup>2</sup>
Superficie x	5.52	m <sup>2</sup>
Azione	85.83	kN
Quota risultante	0.92	m
Momento instabilizzante	78.96	kNm

Spinta sismica terreno		
Spinta sismica terreno	89.90	kN
Quota risultante	1.38	m
Momento instabilizzante	124.07	kNm

$$M_{rib} = 1.50 \cdot (79 + 124) = 305 \text{ kNm}$$

#### Calcolo momento stabilizzante

Peso fondazione		
a	4.00	m
b	3.00	m
h	0.60	m
$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso fondazione	180.00	kN
Braccio (a/2)	2.00	m
Momento stabilizzante	360.00	kNm

Peso struttura		
Peso proprio struttura	228.48	kN
Braccio (a/2)	2.00	m
Momento stabilizzante	456.96	kNm

$$M_{stab} = 0.9 \cdot (360 + 457) = 735 \text{ kNm}$$

Poiché  $M_{stab} > M_{rib}$ , la verifica a ribaltamento è soddisfatta.