

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2



L'Appaltatore
Ing. Gianguido Babini

A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.
Il Direttore Tecnico
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)
Ing. Massimo Facchini

Data 18/12/2022

firma

Data 18/12/2022

firma

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA / DISCIPLINA | PROGR | REV | SCALA |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|-------|-----|-------|
| L I O B | 0 2 | E | Z Z | C L | L C 0 0 0 0 | 0 0 2 | A | --- |

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | AutORIZZATO/Data |
|------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------|
| A | Prima emissione | G. BOZZETTO | 18/12/2022 | L. ALLOCCA | 18/12/2022 | P. COPPOLA | 18/12/2022 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|--------------------|
| MANDATARIA   | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A | FOGLIO 1 |

SOMMARIO

| | | |
|-------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.. | PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO | 3 |
| 2.. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3.. | DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE | 6 |
| 4.. | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 13 |
| A. | STRUTTURE METALLICHE | 13 |
| i. | Profili e piastre | 13 |
| ii. | Tirafondi | 13 |
| iii. | Saldature | 14 |
| B. | OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO | 15 |
| i. | Strutture in fondazione | 15 |
| ii. | Acciaio per calcestruzzo armato | 16 |
| 5.. | CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE | 17 |
| 6.. | MODELLO DI CALCOLO | 19 |
| A. | CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI | 19 |
| B. | MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA | 19 |
| 7.. | ANALISI DEI CARICHI | 22 |
| A. | PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI | 22 |
| B. | SOVRACCARICHI PERMANENTI VERTICALI | 22 |
| i. | Peso dei conduttori e della relativa pendenza | 22 |
| ii. | Azione delle apparecchiature di sospensione | 23 |
| iii. | Azione del tirante a terra | 23 |
| C. | SOVRACCARICHI PERMANENTI ORIZZONTALI | 23 |
| i. | Azioni trasversali dovute ai tiri | 23 |
| ii. | Azioni parallele dovute ai tiri | 25 |
| D. | SOVRACCARICHI VARIABILI | 25 |
| i. | Variazione termica | 26 |
| ii. | Azione del ghiaccio | 26 |
| iii. | Azione del vento | 26 |
| E. | PRESSIONE AERODINAMICA | 31 |
| F. | AZIONI ECCEZIONALI | 31 |
| G. | AZIONE SISMICA | 31 |
| i. | Zonazione sismica | 32 |
| ii. | Vita Nominale | 33 |
| iii. | Classe d'uso | 33 |
| iv. | Periodo di riferimento per l'azione sismica | 33 |

| <p>MANDATARIA</p>  <p>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</p> <p>MANDANTI</p>  | <p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|------------|----------|----------|--------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| <p>LINEA DI CONTATTO</p> <p>GALLERIA CAMPOMARINO</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="2">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI0B</td> <td>02</td> <td>E</td> <td>ZZ</td> <td>CL</td> <td>LC</td> <td>00</td> <td>00</td> <td>002</td> <td>A</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 2 |
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 2 | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| v. | Azioni di progetto..... | 33 |
| vi. | Spettro di progetto SLV..... | 35 |
| H. | COMBINAZIONI DEI CARICHI..... | 36 |
| i. | Approccio agli Stati Limite..... | 38 |
| ii. | Condizioni di carico..... | 39 |
| iii. | Combinazioni di carico di progetto..... | 39 |
| 8.. | RISULTATI DEL CALCOLO..... | 42 |
| 9.. | CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE..... | 47 |
| A. | VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO..... | 47 |
| i. | Strutture di fondazione in calcestruzzo armato..... | 47 |
| ii. | Strutture in elevazione in acciaio..... | 49 |
| B. | VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO..... | 55 |
| 10. | CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA GEOTECNICA..... | 57 |
| A. | VERIFICA A RIBALTAMENTO..... | 57 |
| B. | VERIFICA A SCORRIMENTO..... | 58 |
| C. | VERIFICA A CARICO LIMITE..... | 58 |
| 11. | VERIFICA STRUTTURA METALLICA..... | 61 |
| A. | PALI LSU-24..... | 63 |
| i. | UPN-240..... | 64 |
| ii. | Tondo fi 24..... | 65 |
| B. | TRAVE RETICOLARE..... | 67 |
| i. | L100x100x12..... | 71 |
| ii. | L50x50x5..... | 72 |
| iii. | L45x45x4,5..... | 74 |
| iv. | L60x60x5..... | 76 |
| 12. | VERIFICA FONDAZIONE..... | 78 |
| A. | VERIFICA A RIBALTAMENTO..... | 80 |
| B. | VERIFICA A SCORRIMENTO..... | 81 |
| C. | VERIFICA A CARICO LIMITE..... | 83 |
| 13. | VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEGLI SPOSTAMENTI..... | 84 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|--------------------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A | FOGLIO 3 |

1. PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo della presente monografia è il dimensionamento, il calcolo e la verifica dei sostegni TE nell'ambito della Progettazione Definitiva del Raddoppio della Linea Ferroviaria Termoli – Lesina, nel tratto Termoli – Ripalta.

Nello specifico, lungo la tratta d'interesse, che va dalla stazione di Termoli alla pk 2+750 della linea oggetto di raddoppio, sono state identificate ventitré situazioni tipologiche rappresentative di tutte le possibili condizioni riscontrabili.

| tipo conf. | sost. | tipo di struttura | DR (m) | IC o EC | RC (m) | tipo condutture | tipo ormeggi | precedente e l'ormeggio | attraversamento aereo in Cu | Tipo Blocco |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------|---------|--------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|
| 1 | 91-92 | PO LV 18 m | 2.25 | | 800 | 1x440 / 1x440 / 1x440 | 440 + 440 + 440 + cdt su pilone 92 | | | |
| 2 | 93/95-94/96 | Trave TN 17 su LSU24-TN | 2.25 | | 800 | 2x440 / 2x440 / 2x440 | | | | |
| 3 | 115, 199 , 200, 229, 230 | LSU + att.P/D | 2.25 | | | 1x440 | | | 2Cu x 11 m; 0°; -- | B |
| 4 | 116 | LSU + att.P/D + orm. | 2.25 | | | 2x440 | CPTE | | 2Cu x 11 m; 0°; -- | P |
| 5 | 117, 119, 121, 123, 125, 127, 167, 169, 171, 197, 198, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207 , 208, 218, 220, 221, 223, 232/1, 131, 211, 212 | LSU + PF | 2.25 | | | 1x440 | | | | B |
| 6 | 118 | LSU | 2.25 | | | 2x440 | | SI | | P |
| 7 | 120 , 228/1, 229/1, 231/1, 231 | LSU + orm | 2.25 | | | 1x440 | 440 | | | B |
| 8 | 132 | LSU + PF | 2.25 | | | 1x440 + 1x220 | | | | B |
| 9 | 133, 209 , 210, 213, 214 | LSU + orm | 2.25 | | | 1x440 | PF | | | B |
| 10 | 134, 224 | LSU + orm | 2.25 | | | 1x440 + 1x220 | 440 | cond. dev. | | P |
| 11 | 135, 137, 217, 219 , 222, | LSU | 2.25 | | | 1x440 + 1x220 | | cond. dev. | | P |
| 12 | 149, 151, 153 | LSU | 2.25 | IC | 1000 | 1x440 | | | | B |
| 13 | 155, 182, 192 | LSU + orm | 2.25 | IC | 950 | 1x440 | 440 | | | B |
| 14 | 156 , 181, 191 | LSU + orm | 2.25 | EC | 950 | 1x440 | 440 | | | B |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

| tipo conf. | sost. | tipo di struttura | DR (m) | IC o EC | RC (m) | tipo condutture | tipo ormeggi | precedent e l'ormeggio | attraversament o aereo in Cu | Tipo Blocco |
|------------|--------------------------------------|-------------------|--------|---------|--------|-----------------|--------------|------------------------|------------------------------|-------------|
| 15 | 157 | LSU | 2.25 | IC | 1000 | 1x440 | | SI | | B |
| 16 | 159, 161, 163 | LSU | 2.25 | IC | 1000 | 1x440 | | | 2Cu x 11 m; 0; -- | B |
| 17 | 173, 175, 177, 179 , 193, 195 | LSU | 2.25 | EC | 900 | 1x440 | | | | B |
| 18 | 180, 194, 196 | LSU | 2.25 | IC | 900 | 1x440 | | | | B |
| 19 | 185, 187 , 183, 189 | LSU | 2.25 | EC | 950 | 1x440 | | | | B |
| 20 | 184 , 190 | LSU | 2.25 | IC | 950 | 1x440 | | SI | | B |
| 21 | 186 , 188 | LSU | 2.25 | IC | 950 | 1x440 | | | | B |
| 22 | 233/1 , 235/1 | LSU | 2.25 | IC | 210 | 1x440 | | | | B |
| 23 | 14/1A | LSU + Lin. Alim. | | | | | | | | |

Tabella 1 - Quadro sinottico delle situazioni tipologiche

In Tabella 1 riportato il quadro sinottico nel quale si è avuto cura di identificare, per ogni situazione tipologica, il sostegno oggetto di analisi.

Nella presente monografia è stato analizzato il caso **Tipologico 2**, rappresentato da una trave TN-17 con una luce complessiva di 17,65 m, scavalcante 3 binari, e relativa fondazione

Il calcolo del portale è stato eseguito mediante l'utilizzo del programma di calcolo SAP2000.

Il calcolo dei blocchi di fondazione è stato eseguito tramite l'impiego di fogli di calcolo creati ad hoc.

Effettuato il calcolo, sono state riportate nella presente relazione le verifiche allo stato limite ultimo e allo stato limite d'esercizio, con i criteri di verifica dettagliati nei paragrafi relativi.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 5 |

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La determinazione dei carichi, il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di resistenza vengono effettuati con i criteri della Scienza delle Costruzioni e con riferimento alle seguenti prescrizioni e norme:

- **Norma CEI - EN50119 Ed. 05/2010:** “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Impianti fissi – Linee aeree di contatto per la trazione elettrica”;
- **D.M. del 17.01.2018:** “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”;
- **C.M. del 21.01.2019, n.7:** “Istruzioni per l’esecuzione dell’«Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2018»”;
- **Norma UNI ENV 1993-1-1 (Eurocodice 3):** “Progettazione delle strutture di acciaio”;
- **Nuovo Capitolato Tecnico RFI ed. 2014** per l’esecuzione di lavori di rinnovo e adeguamento TE;
- **Istruzione Tecnica RFI DMAIMTE SP-IFS-006 A:** “Procedimento di calcolo di verifica dei pali della linea di contatto in stazione e di piena linea”;
- **Norma Tecnica RFI DTCSTS ENE SP-IFS-040 A:** “Fornitura di filo tondo e sagomato per le linee aeree di contatto”;
- **Norma Tecnica RFI TE 025:** “Fornitura di corde di rame e lega di rame per le linee aeree di contatto”;
- **Norma Tecnica RFI TE 118:** “Costruzione delle condutture di contatto e di alimentazione a corrente continua a 3 Kv”;
- **Dis. RFI E65018f:** “Portali di ormeggio ad 1 e 2 binari”;
- **Dis. RFI E65109:** “Travi di ormeggio a luce variabile per luci nette comprese tra 10.80m e 27.60m”;
- **Standard costruttivi RFI** per le linee di trazione elettrica;
- **Dis. RFI E65026:** “Studio impiego portali tipo H=8382 e H=9586 in funzione dei dislivelli della fondazione ed in funzione delle quote della linea di contatto”;
- **Dis. RFI E65020c:** “Fondazioni superficiali e profonde per portali di ormeggio ad 1 e 2 binari”;
- **RFI DTC SI MA-IFS-001 A:** “Manuale di Progettazione delle Opere Civili”;
- **RFI DTC SI SP-IFS-001 B:** “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili”.

3. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Come descritto in premessa, l'opera è costituita da una trave di sospensione di tipo TN-17 scavalcante tre binari, di luce pari a 17,65 m (disegni in **Figura 1**, **Figura 2**, **Figura 3**, **Figura 4**, **Figura 5**, **Figura 6**), fondato su una fondazione di tipo P9M di dimensioni in pianta di 3.50x2.50 m per un'altezza di 2.20 m (RFI E64865f).

Nello specifico, tale portale è formato da 2 pali "LSU24-TN" di altezza pari a 9.6 m circa, ognuno dei quali risulta formato da due profili UPN-240, uniti da una struttura tubolare di diametro pari a 24 cm (RFI E64923d).

La travatura reticolare, formata interamente da profilati a L, è composta da tre parti. Le due parti laterali (L3), comprendenti il collegamento con i piloni, sono identiche, mentre la parte centrale (C2) ha una struttura differente, per quanto costituita dai medesimi profili. Questi elementi dovranno essere congiunti tra loro tramite collegamenti atti a garantire il trasferimento delle sollecitazioni in modo tale da assicurare la schematizzazione dell'intero sistema strutturale come un'unica trave reticolare, poggiante sui pali LSU descritti in precedenza. (RFI E64923d).

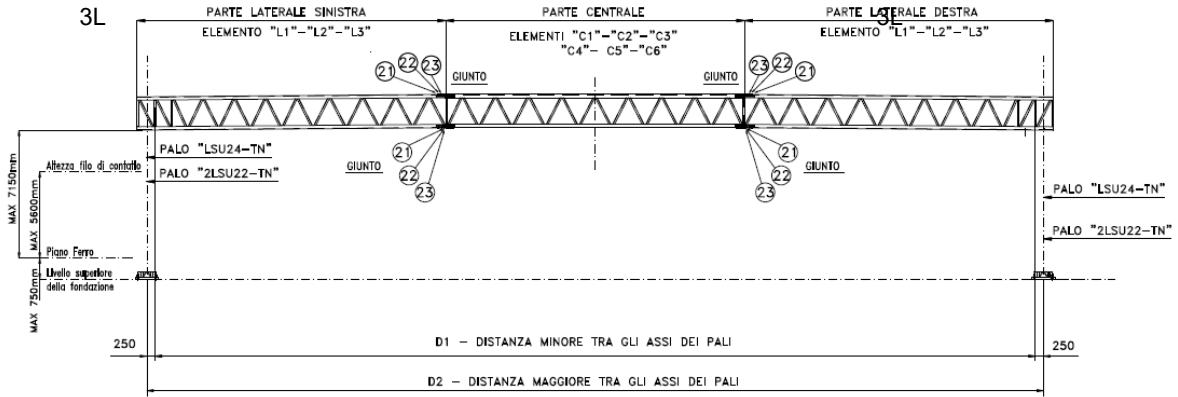
Di seguito si riportano le viste tipologiche rappresentative del portale.



Figura 1 - Rappresentazione del portale in questione

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 7 |



| COMPOSIZIONE DELLE TRAVI | | | | | | | | | | | | | | PESO TOTALE DI UNA TRAVE (kg) | CAT.-PROG. | |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------|---------|-----------|----------------|-----------|---------|-----------|-----------------------|-----------|---------|-------------------------------|------------|-----------|
| TIPO TRAVE | LUCI EFFETTIVE DELLA TRAVE (m) | | PARTE LATERALE SINISTRA | | | | PARTE CENTRALE | | | | PARTE LATERALE DESTRA | | | | | |
| | D1 ⁽¹⁾ | D2 ⁽²⁾ | ELEMENTO | FOGLIO N° | Lg. (m) | PESO (kg) | ELEMENTO | FOGLIO N° | Lg. (m) | PESO (kg) | ELEMENTO | FOGLIO N° | Lg. (m) | | | PESO (kg) |
| TN-26 | 26,250 | 26,750 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | C1 | 8 - 9 | 8,990 | 1059,787 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | 3131,627 | 776-297 |
| TN-25 | 25,250 | 25,750 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | C2 | 11 - 12 | 7,990 | 958,839 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | 3030,679 | 776-296 |
| TN-24 | 24,250 | 24,750 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | C3 | 14 - 15 | 6,990 | 857,896 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | 2929,736 | 776-295 |
| TN-23 | 23,250 | 23,750 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | C4 | 17 - 18 | 5,990 | 756,947 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | 2828,787 | 776-294 |
| TN-22 | 22,250 | 22,750 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | C5 | 20 - 21 | 4,990 | 656,001 | L1 | 5 - 6 | 9,290 | 1035,92 | 2727,841 | 776-293 |
| TN-21 | 21,250 | 21,750 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | C2 | 11 - 12 | 7,990 | 958,839 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | 2628,755 | 776-292 |
| TN-20 | 20,250 | 20,750 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | C3 | 14 - 15 | 6,990 | 857,896 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | 2527,812 | 776-291 |
| TN-19 | 19,250 | 19,750 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | C4 | 17 - 18 | 5,990 | 756,947 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | 2426,863 | 776-290 |
| TN-18 | 18,250 | 18,750 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | C5 | 20 - 21 | 4,990 | 656,001 | L2 | 23 - 24 | 7,290 | 834,958 | 2325,917 | 776-289 |
| TN-17 | 17,250 | 17,750 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | C2 | 11 - 12 | 7,990 | 958,839 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | 2225,013 | 776-288 |
| TN-16 | 16,250 | 16,750 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | C3 | 14 - 15 | 6,990 | 857,896 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | 2124,07 | 776-287 |
| TN-15 | 15,250 | 15,750 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | C4 | 17 - 18 | 5,990 | 756,947 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | 2023,121 | 776-286 |
| TN-14 | 14,250 | 14,750 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | C5 | 20 - 21 | 4,990 | 656,001 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | 1922,175 | 776-285 |
| TN-13 | 13,250 | 13,750 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | C6 | 29 - 30 | 3,990 | 555,501 | L3 | 26 - 27 | 5,290 | 633,087 | 1821,675 | 776-284 |

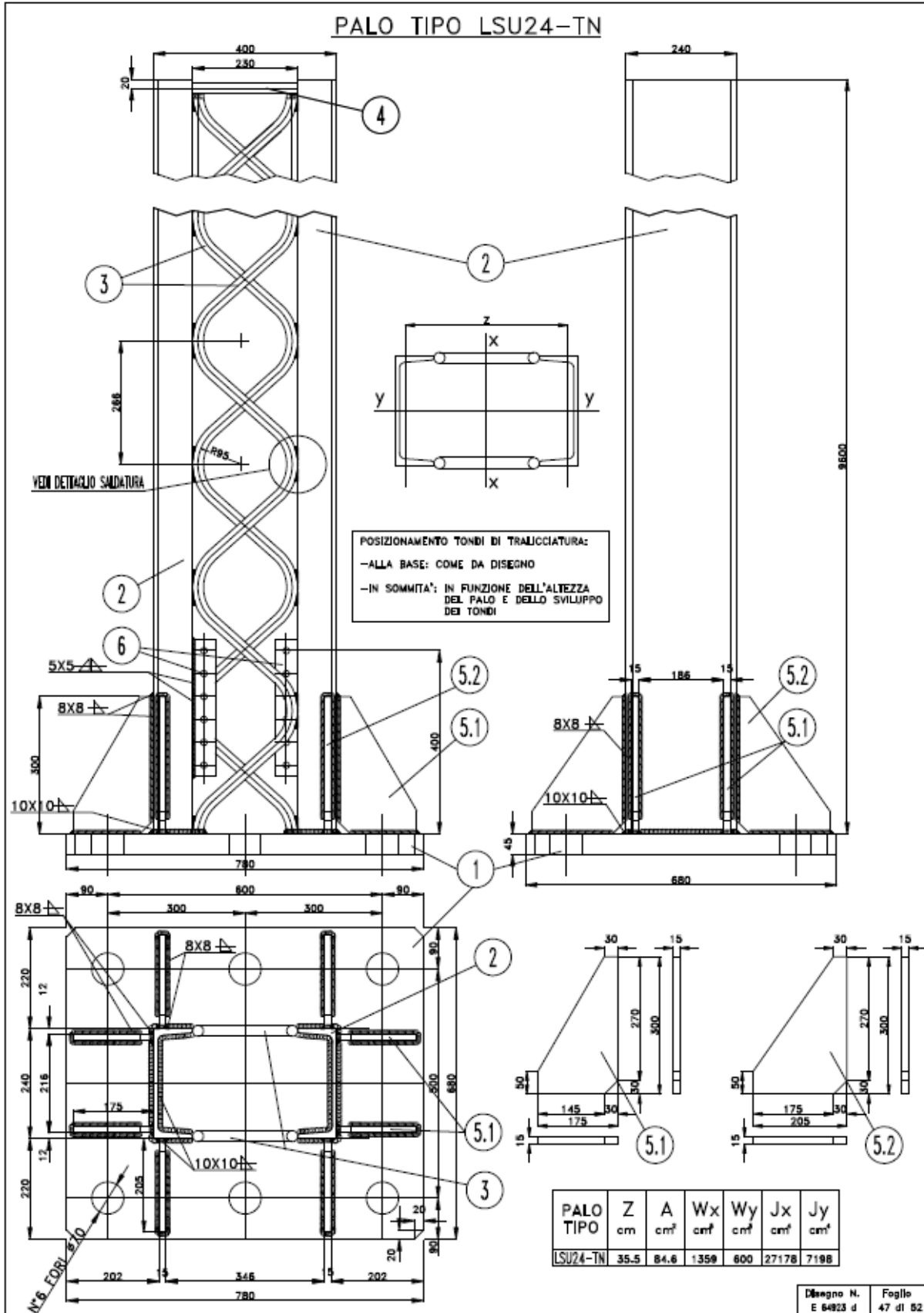
Figura 2 – Vista schematica della struttura E DESCRIZIONE

| POS. | N. PEZZI | DENOMINAZIONE | MATERIALE | CAT.-PROG. |
|------|----------|----------------------------|---------------------|------------|
| 1 | 1 | Plastra base UNI EU 58 | S355J2 UNI EN 10025 | 776-179 |
| 2 | 2 | UPN 240 UNI 5680 (*) | | |
| 3 | 2 | Tondo ø24 UNI EU 60 | | |
| 4 | 2 | Tondo ø24 UNI EU 60 | | |
| 5.1 | 4 | Costola rinforzo UNI EU 58 | | |
| 5.2 | 4 | Costola rinforzo UNI EU 58 | | |
| 6 | 2 | Piastra sp.8 UNI EU 58 | S355JR UNI EN 10025 | |

Figura 3 – Materiali per palo LSU

LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2

| | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|-------|-----|--------|---|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 8 |



| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A |

Figura 4 - Particolari palo

ELEMENTO C2

| POS. | N. PEZZI | DENOMINAZIONE | Lg. (mm) | Massa (kg) | MATERIALE | |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------|-----------------|------------|----------------------------------|------------------------------|
| MATERIALE OCCORRENTE PER UNA TRAVE PARTE CENTRALE (ELEMENTO C2) | | | | | | |
| 30 | 30 | 1 ANGOLARE L 100x100x12 | UNI EN 10056-1 | 7990 | ~959 S355 J2 UNI EN 10025 | |
| | 30X | 1 ANGOLARE L 100x100x12 | UNI EN 10056-1 | 7990 | | |
| | 1a | 2 ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 799 | | |
| | 1e-S | 1 ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 909 | | |
| | 1e-D | 1 ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 909 | | |
| | 1d-S | 7 ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 925 | | |
| | 1d-D | 7 ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 925 | | |
| 6 | 14 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 8 | 13 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1232 | | |
| 16 | 4 | ANGOLARE L 60x60x5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 17 | 2 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1128 | | |
| 18 | 2 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 783 | | |
| 19 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 20 | 2 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1091 | | |
| 21 | 8 | ANGOLARE L80x80x10 * | UNI EN 10056-1 | 580 | | |
| 22 | 8 | PIATTO 80x10 | UNI EU 58 | 580 | | |
| 23 | 8 | PIATTO 80x10 | UNI EU 58 | 490 | | |
| | 4 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 50 | | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 |
| | 30 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 60 | | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 |
| | 36 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 70 | | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 |
| | 12 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 75 | | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 |
| | 82 | Dadi Alto M 16 "TIPO 2" | UNI EN ISO 4033 | - | | Acc cl. 8 - UNI EN 20898-2 |
| | 82 | Rosetta B16 "Grower" | UNI 1751 | - | | Acciaio C50 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 10 |

ELEMENTO L3

| POS. | N. PEZZI | DENOMINAZIONE | | Lg. (mm) | Massa (kg) | MATERIALE |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------|----------------------------------|
| MATERIALE OCCORRENTE PER UNA TRAVE PARTE LATERALE (ELEMENTO L3) | | | | | | |
| 55S | 1 | 1 | ANGOLARE L 100x100x12 | UNI EN 10056-1 | 5290 | ~634 S355 J2 UNI EN 10025 |
| | | 1 | ANGOLARE L 100x100x12 | UNI EN 10056-1 | 5290 | |
| | | 3 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 799 | |
| | | 1 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 895 | |
| | | 4 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 913 | |
| | | 6 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 913 | |
| 55D | 1 | 1 | ANGOLARE L 100x100x12 | UNI EN 10056-1 | 5290 | |
| | | 1 | ANGOLARE L 100x100x12 | UNI EN 10056-1 | 5290 | |
| | | 3 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 799 | |
| | | 1 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 895 | |
| | | 6 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 913 | |
| | | 4 | ANGOLARE L 50x50x5 * | UNI EN 10056-1 | 913 | |
| 2 | 2 | ANGOLARE L 60x60x5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 3 | 8 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 728 | | |
| 4 | 8 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 5 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 836 | | |
| 6 | 7 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 7 | 6 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1186 | | |
| 10 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1183,5 | | |
| 13 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 680 | | |
| 56 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1157 | | |
| 57 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 812,5 | | |
| 58 | 1 | ANGOLARE L 45x45x4,5 * | UNI EN 10056-1 | 1110 | | |
| 59 | 16 | PIATTO 58-66x12 * | UNI EU 58 | 150 | | |
| 60 | 4 | PIATTO 60-72x12 * | UNI EU 58 | 990 | | |
| | 2 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 50 | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 | |
| | 2 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 55 | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 | |
| | 74 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 60 | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 | |
| | 22 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 70 | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 | |
| | 2 | Viti M 16 | UNI EN ISO 4014 | 75 | Acc. cl. 8.8- UNI EN 20898-1 | |
| | 102 | Dadi Alto M 16 "TIPO 2" | UNI EN ISO 4033 | - | Acc. cl. 8 - UNI EN 20898-2 | |
| | 102 | Rosetta B16 "Grower" | UNI 1751 | - | Acciaio C50 | |

Figura 5 – Materiali per travatura reticolare

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere in progetto è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali strutturali per i quali, di seguito, si riportano le caratteristiche meccaniche:

a. STRUTTURE METALLICHE

i. Profili e piastre

Si fa riferimento alle normative UNI EN 10025-2.

Profilati laminati a caldo

UNI EN 10025 S 355 J2:

Modulo Elastico

$E = 210000 \text{ MPa}$

Tensione di snervamento

$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

Tensione di rottura

$f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

Peso Specifico

$\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$

Piastrame

UNI EN 10025 S 355 J2:

Modulo Elastico

$E = 210000 \text{ MPa}$

Tensione di snervamento

$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

Tensione di rottura

$f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

Peso Specifico

$\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$

Coefficiente di sicurezza

$\gamma_{M0} = 1,05 \text{ (Res. Sezione)}$

Coefficiente di sicurezza

$\gamma_{M0} = 1,05 \text{ (Instabilità)}$

Coefficiente di sicurezza

$\gamma_{M2} = 1,25 \text{ (Res. Sezione Forata)}$

ii. Tirafondi

Tondi in acciaio

UNI EN 10025 S 355 J2:

Modulo Elastico

$E = 210000 \text{ MPa}$

Tensione di snervamento

$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

Tensione di rottura

$f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

Peso Specifico

$\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

iii.Saldature

La saldatura è un procedimento che permette il collegamento di parti solide tra loro e che realizza la continuità del materiale ove essa venga applicata. La caratteristica principale è quella di creare strutture monolitiche cioè strutture che non presentano discontinuità.

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto devono essere conformi ai requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005. Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per l'omologazione degli elettrodi da impiegare nella saldatura ad arco può farsi utile riferimento alla norme UNI 5132:1974.

Per gli altri procedimenti di saldatura devono essere impiegati i fili, flussi o gas di cui alle prove di qualifica del procedimento.

Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) devono, salvo casi particolari precisati dal progettista, essere equivalenti o migliori delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Le unioni saldate possono essere a piena penetrazione, a parziale penetrazione, ed unioni realizzate con cordoni d'angolo.

➤ *Unioni con saldature a piena penetrazione*

I collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto, la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi. Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 15 |

➤ *Unioni con saldature a parziale penetrazione*

I collegamenti testa a testa, a T e a croce a parziale penetrazione vengono verificati con gli stessi criteri dei cordoni d'angolo. L'altezza di gola dei cordoni d'angolo da utilizzare nelle verifiche è quella teorica, corrispondente alla preparazione adottata e specificata nei disegni di progetto, senza tenere conto della penetrazione e del sovrametallo di saldatura, in conformità con la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

NB: Le saldature vanno intese ad arco con elettrodi rivestiti. Gli elettrodi impiegati dovranno essere del tipo omologato secondo le norme UNI 5132. Essendo il tipo di acciaio peggiore utilizzato S355 e lo spessore della lamiera minore di 30 mm si adotteranno elettrodi di tipo E44 di classi di qualità 2, 3 o 4.

b. OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO

Per i calcestruzzi si fa riferimento alle normative UNI EN 206-1 (Specificazione, prestazione, produzione e conformità) e UNI 11104 (Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1).

i. Strutture in fondazione

| | |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Classe di resistenza | C25/30 ($R_{ck}300$) |
| Classe di esposizione | XC2 |
| Classe di consistenza slump | S4 |
| Contenuto minimo di cemento | 300 kg/mc |
| Rapporto A/C | $\leq 0,60$ |
| Aggregato | Conforme a UNI EN 12620 |
| Massima dimensione aggregato | 25 mm |
| Copriferro minimo | 40 mm |
| Acqua | Conforme a UNI EN 1008 |
| Cemento | CEM II/A-LL 42.5 R (Conforme a UNI-EN-197/1) |
| Resistenza Caratteristica Cubica | $R_{ck} = 30$ MPa |
| Resistenza Caratteristica Cilindrica | $f_{ck} = 25$ MPa |
| Resistenza Caratteristica Cilindrica media | $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33$ MPa |
| Resistenza media a trazione semplice | $f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3} = 2,56$ MPa |
| Resistenza media a trazione per flessione | $f_{ctfm} = 1.2f_{ctm} = 3,08$ MPa |
| Resistenza media a trazione semplice (5%) | $f_{ctk} = 0.7f_{ctm} = 1,79$ MPa |
| Resistenza media a trazione semplice (95%) | $f_{ctk} = 1.3f_{ctm} = 3,33$ MPa |
| Modulo Elastico | $E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 31476$ MPa |
| Coefficiente di Poisson | $\nu = 0.1$ |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A |

| | |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Coefficiente di espansione termica lineare | $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ per °C ⁻¹ |
| Peso Specifico | $\gamma_{cls} = 25,0$ kN/m ³ |
| Coefficiente di sicurezza allo SLU | $\gamma_c = 1,5$ |
| Resistenza di calcolo a compressione SLU | $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14,17$ MPa |
| Resistenza di calcolo a traz. semplice SLU | $f_{ctd} = 0.7 \cdot f_{ctk} / \gamma_c = 1,20$ MPa |
| Coefficiente di sicurezza allo SLE | $\gamma_c = 1,0$ |
| Combinazione RARA | $\sigma_{c,adm} = 0.60 \cdot f_{ck} = 15,00$ MPa |
| Combinazione QP | $\sigma_{c,adm} = 0.45 \cdot f_{ck} = 11,25$ MPa |

ii. Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo DM 17.01.2018 avente le seguenti caratteristiche:

| | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} \geq 450$ MPa |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} \geq 540$ MPa |
| Modulo Elastico | $E_s = 206000$ MPa |
| Rapporto | $1,15 \leq (f_t / f_y)_k < 1,35$ (frattile 10%) |
| Rapporto | $(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1,25$ (frattile 10%) |
| Allungamento | $(A_{gt})_k \geq 7,5\%$ (frattile 10%) |
| Coefficiente di sicurezza allo SLU | $\gamma_s = 1,15$ |
| Resistenza di calcolo SLU | $f_{yd} = f_{y,k} / \gamma_s = 391,3$ MPa |
| Tensione di calcolo SLE | $\sigma_{s,adm} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360$ MPa |

La rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A |

5. CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE

La definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione è stata condotta a partire dagli elaborati di seguito elencati:

- LI0202D78RBGE0005001C
- LI0202D78F6GE0005001C
- LI0202D78F6GE0005002C

dai quali è stato possibile individuare e caratterizzare il profilo stratigrafico presente nella zona più prossima al sito di ubicazione della struttura.

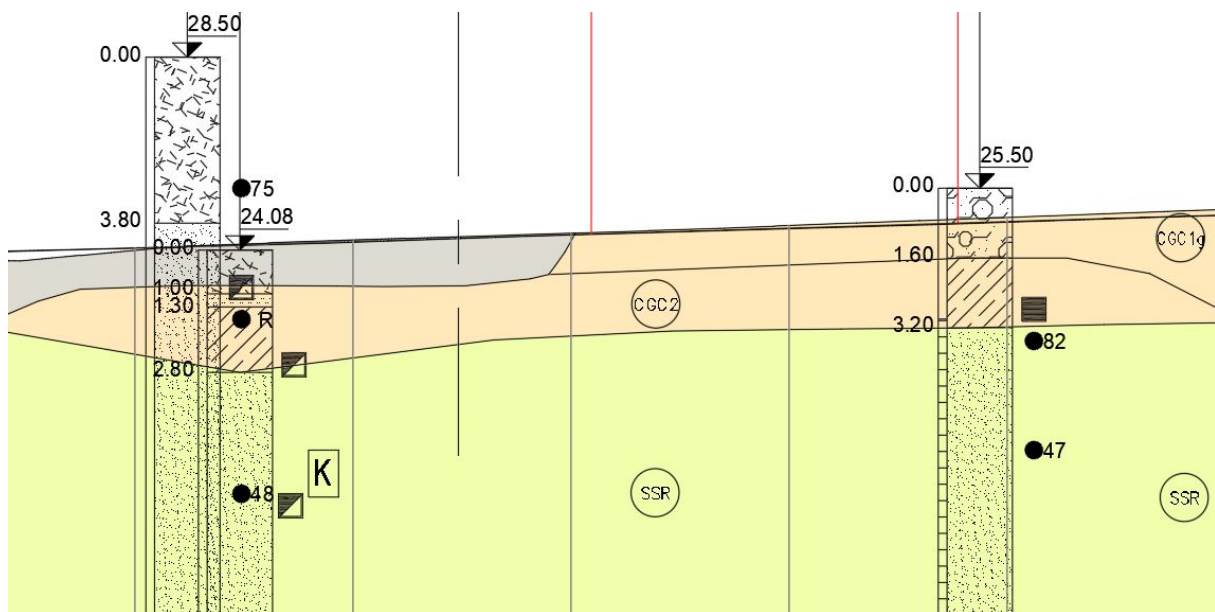


Figura 7 - Profilo stratigrafico area di interesse

Nello specifico, dato che non è stato possibile valutare il terreno di fondazione per il sostegno in esame, si sono considerate le proprietà meccaniche del terreno presente nella zona investigata più vicina, e in particolare tale terreno risulta appartenere all'unità "CGC1g – Conglomerati di Campomarino ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi" caratterizzabile attraverso i seguenti parametri meccanici:

- ϕ_k' (angolo di attrito interno) = 30°
- C_k (coesione) = 0 kPa
- γ (peso di volume) = 19,5 kN/m³

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, per la tratta in esame, le indagini condotte hanno identificato un suolo di **categoria C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 18 |

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 $V_{eq,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s” in accordo con il D.M.17/01/2018.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 19 |

6. MODELLO DI CALCOLO

a. CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

Per il calcolo delle sollecitazioni gravanti sugli elementi strutturali si è fatto ricorso al codice di calcolo FEM SAP2000 V23.2.0 (di seguito SAP2000) della Csi Berkeley, distribuito in Italia dalla Csi Italia Srl.

Per quanto riguarda le fondazioni, si è fatto ricorso ad un foglio di calcolo realizzato ad hoc, rispondente alle verifiche richieste dal nuovo testo unico NTC18.

b. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Per la modellazione della struttura sono stati considerati due modelli distinti:

- il primo, considera la struttura in elevazione incastrata alla base;
- il secondo, modella la fondazione considerando i carichi derivanti dal primo modello (si rimanda ai paragrafi dedicati alle verifiche della fondazione per ulteriori chiarimenti).

Con riferimento al primo modello di calcolo, al fine della determinazione delle sollecitazioni si è fatto ricorso al codice di calcolo SAP2000 v23. Tale modello è stato ipotizzato incastrato alla base e il collegamento tra la trave reticolare e i piloni è stato modellato con dei collegamenti rigidi, che nel complesso garantiscono un incastro tra gli elementi in questione, simulando in modo aderente il suo effettivo comportamento.

La modellazione di tutte le strutture metalliche è stata effettuata mediante degli elementi “frame”, inseriti nella loro esatta posizione.

Il calcolo delle sollecitazioni indotte dalle azioni verticali e orizzontali è stato impostato in ottemperanza delle nuove norme sulle costruzioni di cui al DM del 17-01-18, tenendo comunque a riferimento le Normative CEI-EN50119, CEI-EN50341 e CEI-EN50423 nonché della Istruzione Tecnica RFI_DMA_IM_TE_SP_IFS_006_A.

Le caratteristiche della sollecitazione prodotte nel sostegno dai carichi verticali e orizzontali sono state determinate con le tradizionali formule della Scienza delle Costruzioni che rispondono ad un’analisi elastica lineare.

Il calcolo è stato quindi sviluppato sia allo SLE che allo SLU, elaborando le combinazioni dettate dalla normativa sia per i carichi verticali che orizzontali.

Sulla base delle sollecitazioni indotte e di cui alle combinazioni si sono effettuate le verifiche delle varie sezioni del sostegno.

Di seguito si riporta l’unifilare e l’estrusione in elementi solidi del modello di calcolo realizzato.

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|--------------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 00 | 002 | A | 20 |

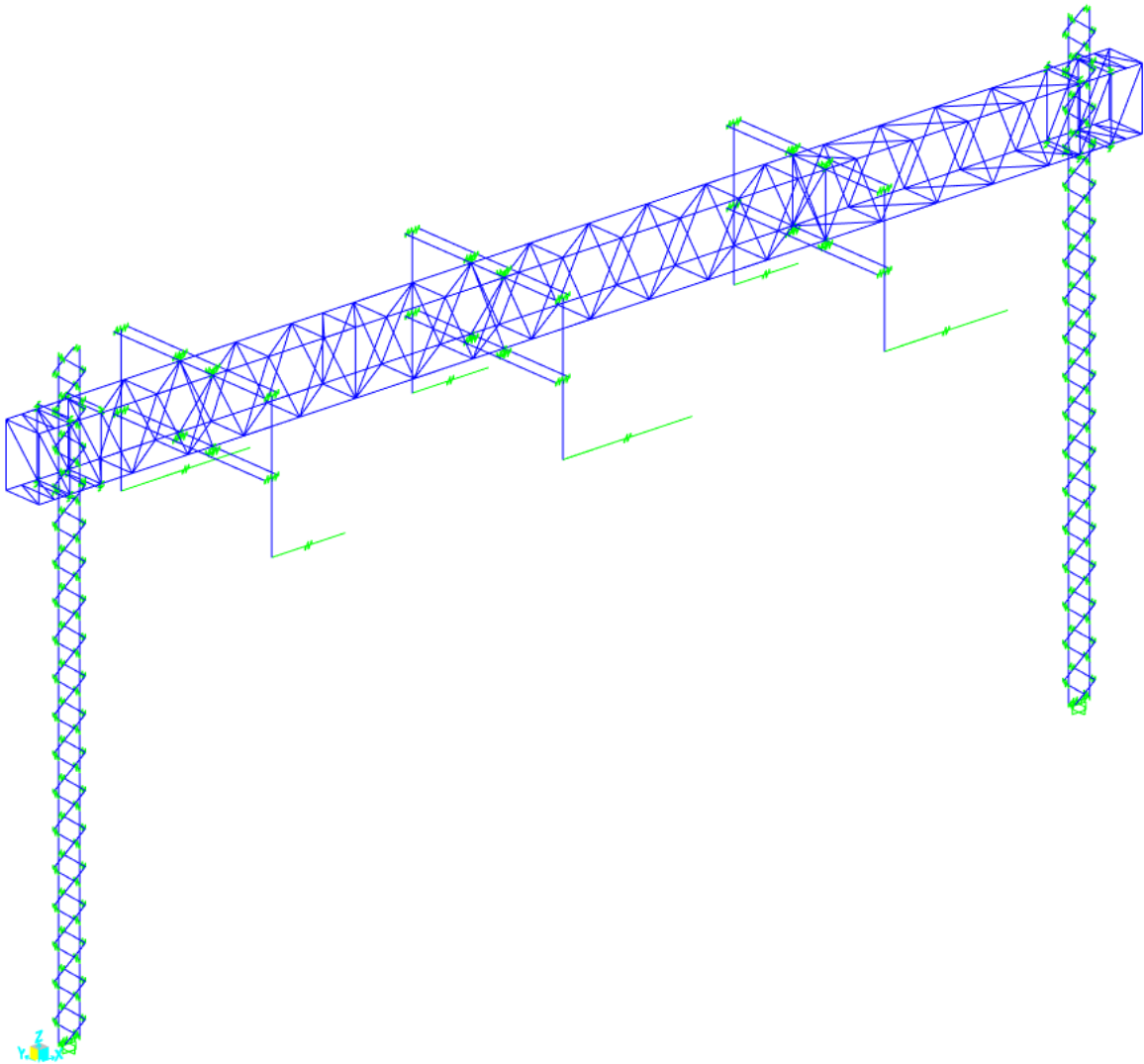


Figura 8 – Modello unifilare

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 21 |

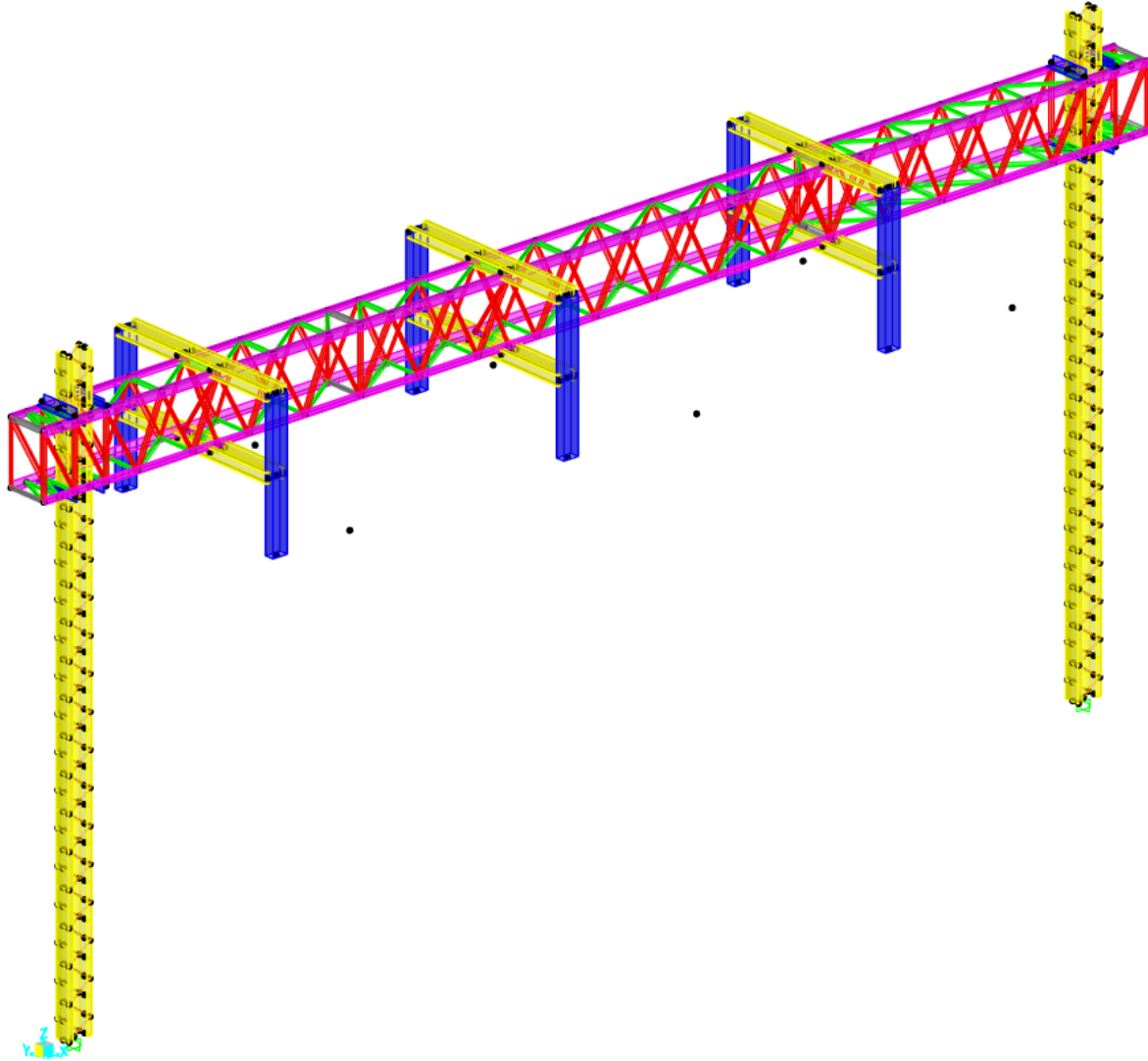


Figura 9 – Modello estruso

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 22 |

7. ANALISI DEI CARICHI

In quanto segue si riporta l'analisi dei carichi agenti sulle strutture in oggetto, tale analisi è svolta per determinare i valori da inserire sullo schema di calcolo del modello. Alcuni carichi sono determinati in maniera automatica dal programma di analisi, altri sono inseriti manualmente.

Si fa presente quanto segue:

Condizioni di carico (CEI EN 50119)

- A: Temperatura ambiente minima $T = -20^{\circ}\text{C}$ in assenza di altre azioni climatiche;
- B: Temperatura ambiente minima $T = -5^{\circ}\text{C}$ con azione combinata di vento e ghiaccio;
- C: Temperatura ambiente minima $T = +5^{\circ}\text{C}$ con azione del solo vento.

a. PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI

I pesi dei materiali utilizzati per le strutture portanti sono conformi alle NTC 2018.

Si sono pertanto considerati i seguenti pesi specifici:

- membrane in acciaio (G1) 7850 daN/m³
- calcestruzzo armato è stato assunto (G1) 2500 daN/m³

Il peso delle membrane è determinato dal programma in modo automatico

b. SOVRACCARICHI PERMANENTI VERTICALI

i. Peso dei conduttori e della relativa pendinatura

Tali carichi sono costituiti dalle forze dovute al peso dei conduttori in sospensione con relativa pendinatura, al peso del cavo in fibra ottica, al peso dei conduttori del circuito di terra ed al peso di collegamenti aerei dello stesso se presenti.

Considerando la campata media tra quella immediatamente precedente ed immediatamente successiva al sostegno in oggetto i carichi a metro lineare, in accordo con le normative sopracitate e con gli standard RFI, i carichi a metro lineare risultano:

- Peso 1 corda portante (NLC): 1,070 daN/m
- Peso 1 filo di contatto (NLC): 0,916 daN/m
- Peso 1 conduttore TACSR (NCT1,2): 0,468 daN/m
- Peso corde attraversamento CdT (NATTR): 1,070 daN/m
- Peso 1 filo di ormeggio di alimentazione 2,096 daN/m
- Peso pendinatura (NLC): 0,200 daN/m

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

- Peso cavo fibra ottica (NFO): 0,220 daN/m

ii. Azione delle apparecchiature di sospensione

Il peso della mensola di sospensione e del relativo tirante, variabili in funzione della posizione della sospensione, è ricavato in automatico dal foglio di calcolo sulla base dei pesi unitari degli stessi elementi, in particolare:

- Peso mensola in acciaio (NMENS): 9,000 daN/m
- Peso tirante in acciaio (NTIR): 1,600 daN/m
- Peso sospensione tradizionale (NSOSP): 22,00 daN

Per la puntuale definizione del caso di specie si rimanda all'elaborato LI0202D18P8LC0100005A in cui si dettaglia il piano di elettrificazione.

iii. Azione del tirante a terra

Per i pali di ormeggio deve essere considerata anche la componente verticale che agisce in asse al sostegno, dovuta al tiro dei conduttori (o stralli) ormeggiati generata dalla presenza del tirante a terra.

Tale azione risulta funzione della totale dei tiri applicati ai conduttori ormeggiati e dell'angolo che forma il tirante a terra α , e risulta:

$$N_{TT} = \sum T_{om} \cdot tg(\alpha)$$

c. SOVRACCARICHI PERMANENTI ORIZZONTALI

i. Azioni trasversali dovute ai tiri

I tiri a cui sono soggetti fili, corde e conduttori, per effetto della poligonazione degli stessi in rettilineo o in curva, generano azioni orizzontali sul sostegno che sono stati valutati, in accordo con le normative di riferimento, con le seguenti relazioni valide per l'i-esimo conduttore:

$$H_{CURV,i} = n_i \cdot T_i \cdot \left(\frac{C_1}{2 \cdot R} + \frac{C_2}{2 \cdot R} \right) \quad \text{Azione in curva}$$

$$H_{POL,i} = n_i \cdot T_i \cdot \left[\frac{(Dp - Dp_1)}{C_1} + \frac{(Dp - Dp_2)}{C_2} \right] \quad \text{Azione in rettilineo}$$

$$H_{VER,i} = \frac{n_i T_i a}{C_m} \quad \text{Azione di vertice}$$

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

Per i conduttori regolati il tiro risulta costante al variare delle condizioni climatiche, mentre per i conduttori fissi il tiro risulta funzione della temperatura minima di esercizio e della lunghezza di campata (con proporzionalità inversa rispetto a quest'ultima). I tiri nominali, relativi alla temperatura di +15°, risultano:

- Tiro corda portante (Hi,CP): 1125 daN
- Tiro filo di contatto (Hi,FC): 1000 daN
- Tiro conduttore TACSR (Hi,CT1,2): 350 daN
- Tiro fibra ottica (Hi,FO):
- Tiro ormeggio linea di alimentazione 150 daN

Riguardo questo ultimo valore di tiro scelto dai progettisti si è proceduto con relativa verifica della feccia, garantendo un valore di quest'ultima pari a:

$$f=1.06 \text{ m}$$

Per il caso in questione, si è ipotizzato che tutte le Linee di Contatto e corde di terra avessero la stessa curvatura. Tali risultati ovviamente valgono per ogni sospensione presente (6 come individuabile da figura precedentemente mostrata) e per ogni corda di terra (2 come individuabile da figura precedentemente mostrata). Nella tabella seguente si riportano le azioni in oggetto, valide per tutti i conduttori presenti sul portale.

| | H _{CURCP} [daN] | H _{CURFC} [daN] | H _{curct} [daN] |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| t = -20°C | 72 | 64 | 31.42 |
| t = -5°C | 72 | 64 | 24.99 |
| t = +5°C | 72 | 64 | 20.15 |

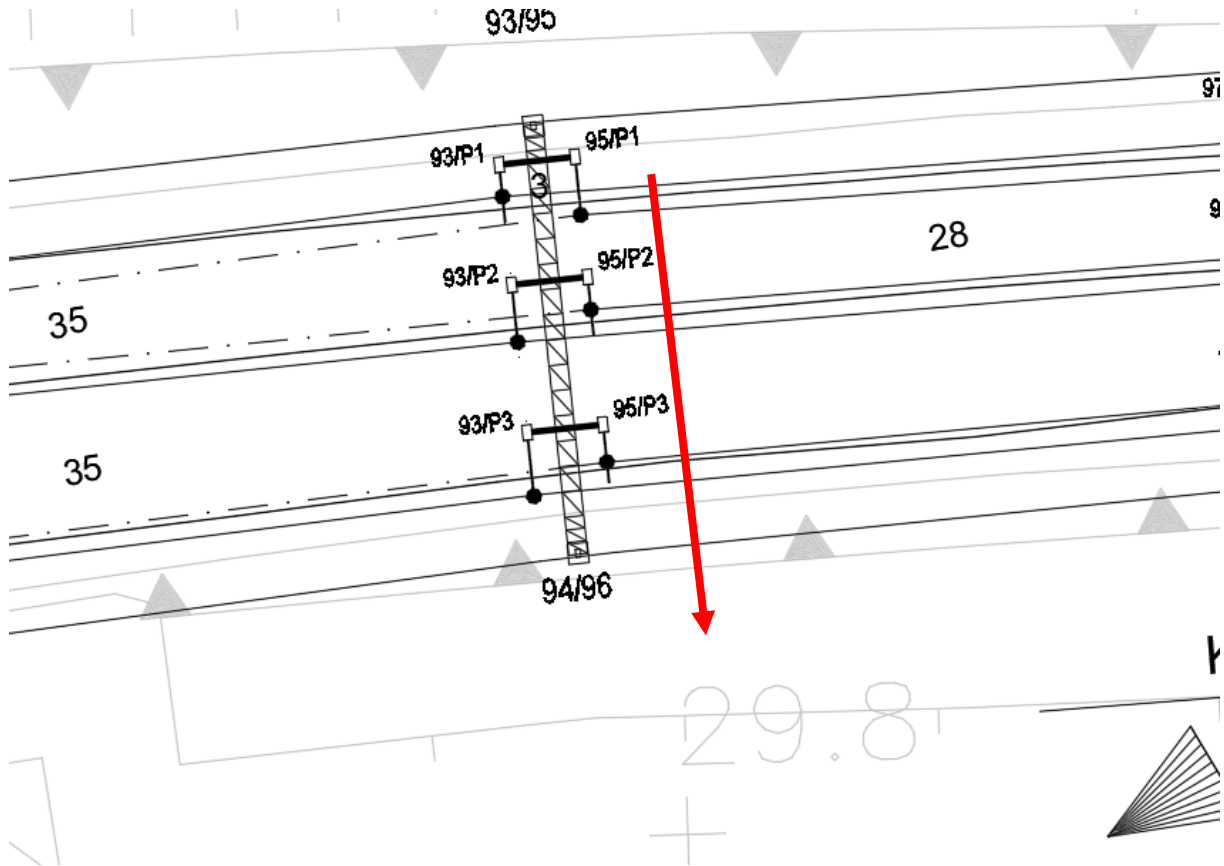
Dove:

- (H_{CURFC}) sono i valori di azione orizzontale dovuti alla curvatura della linea di contatto;
- (H_{CURCP}) sono i valori di azione orizzontale dovuti alla curvatura della corda portante;
- (H_{CURCT}) sono i valori di azione orizzontale dovuti alla curvatura della corda di terra

Tali valori sono considerati positivi nella normale concava alla curvatura in questione, nello specifico nel verso dell'interno curva:

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|-------|-----|--------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 25 |



Verso positivo azioni trasversali AI BINARI

Tale scelta è stata adottata data la massimizzazione delle sollecitazioni considerando le azioni in questa direzione e verso.

ii. Azioni parallele dovute ai tiri

Per quello che riguarda le azioni in questione, valgono le considerazioni già presentate al paragrafo precedente. Non essendo presenti ormeggi e/o tiranti a terra, tali azioni non risultano presenti o al più sono sempre auto equilibrate, essendo gli unici elementi causanti queste azioni le Linee di Contatto.

d. SOVRACCARICHI VARIABILI

Tra le azioni variabili rientrano sicuramente le azioni del ghiaccio, che viene considerato come sovraccarico verticale agente sui conduttori, e le azioni del vento, che viene considerato sia agente in direzione longitudinale (parallelo ai binari) che trasversale (ortogonale ai binari).

Di seguito si riportano i riferimenti normativi che hanno condotto al calcolo dei carichi da inserire nel modello di calcolo realizzato.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 26 |

i. Variazione termica

Dati i collegamenti presenti tra travatura reticolate e piloni (RFI E65018f), capaci di consentire la dilatazione termica degli elementi strutturali componenti il sistema, le azioni generate dalla variazione termica sono state trascurate, dato che i profilati hanno la possibilità di dilatarsi liberamente.

ii. Azione del ghiaccio

Dal paragrafo 6.2.5 della normativa CEI EN 50119 risulta:

“I carichi del ghiaccio si determinano per accumulo dovuto a brina, deposito di neve/ghiaccio e neve bagnata sui conduttori delle linee aeree di contatto. I carichi caratteristici del ghiaccio g_{IK} dipendono dal clima e dalle condizioni locali, per es. dall’altitudine, dalla vicinanza di laghi e dall’esposizione al vento. Le definizioni per i carichi del ghiaccio sono date nella EN 50125-2. I carichi dovuti al ghiaccio devono essere fissati nella specifica dell’acquirente.

Qualora richiesto nella specifica dell’acquirente, deve essere considerato l’effetto del ghiaccio sulle strutture”.

Di conseguenza, prendendo in considerazione il paragrafo della norma CEI EN 50125-2, risulta:

“Ove applicabile il carico della neve e del ghiaccio deve essere considerato fino a +5° C. I carichi del ghiaccio sui conduttori dovrebbero essere specificati come indicato nella Tabella 4.

| Classe Class | Carico del ghiaccio Iceload N/m |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| I 0 (nessun ghiaccio_ no ice) | 0 |
| I 1 (bassa_low) | 3,5 |
| I 2 (medio_medium) | 7 |
| I 3 (pesante_beavy) | 15 |

Questi valori sono validi per conduttori con diametro usuale tra 10 mm e 20 mm”.

Considerando quindi, una classe media (I2), il carico a metro lineare del ghiaccio sui conduttori sarà

- Carico su 1 corda portante (NICECP): 0,70 daN/m
- Carico su 1 filo di contatto (NICEFC): 0,70 daN/m
- Carico su 1 TACSR (NICECT1,2): 0,70 daN/m
- Cavo fibra ottica (NICEFO): 0,70 daN/m

iii. Azione del vento

Dal paragrafo 6.2.4.2 della normativa CEI EN 50119 risulta:

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

La pressione dinamica del vento q_k misurata in N/m^2 agente sugli elementi di linea aerea di contatto deve essere determinata mediante la seguente formula:

$$q_k = \frac{1}{2} G_q \times G_t \times \rho V_R^2$$

dove

- G_q è il fattore di risposta alle raffiche di vento così come definito nella ENV 1991-2-4:1995. Per le linee aeree di contatto di altezza pari a circa 10 m, G_q deve essere 2,05;
- G_t è il fattore caratteristico del terreno che tiene in considerazione la protezione delle linee, Per esempio nelle trincee, negli attraversamenti delle città e delle foreste. Negli spazi aperti G_t deve essere 1,0; per i siti protetti i fattori G_t possono essere definiti nella specifica del cliente; nel caso in esame si è assunto $G_t=1$;
- V_R è la velocità di riferimento del vento in m/s ad un'altezza di 10 m al di sopra del terreno, mediata su un intervallo di 10 minuti, con un periodo di ritorno ρ in accordo con 6.2.4.1;
- ρ è la densità dell'aria, pari a $1,316 \text{ kg/m}^3$ a -5°C e 0m di altitudine s.l.m.. La densità dell'aria per altri valori di temperatura ed altitudine può essere calcolata mediante l'equazione:

$$\rho = 1,225 \times \left(\frac{288}{T} \right) \cdot e^{-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H}$$

dove

- T è la temperatura assoluta in K;
- H è l'altitudine in m.

Di conseguenza, è stato preso come riferimento il DM 17/01/18 e la relativa Circolare Ministeriale del 21/01/19 per il calcolo della velocità di riferimento del vento.

La velocità di riferimento v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a \cdot (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m}$$

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 28 |

- $v_{b,0}$, a_0 , k_a sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame,
- a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione”.

dove $v_b = V_r$

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a

| Zona | Descrizione | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_a [1/s] |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------|
| 1 | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25 | 1000 | 0,010 |
| 2 | Emilia Romagna | 25 | 750 | 0,015 |
| 3 | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria) | 27 | 500 | 0,020 |
| 4 | Sicilia e provincia di Reggio Calabria | 28 | 500 | 0,020 |
| 5 | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 750 | 0,015 |
| 6 | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 500 | 0,020 |
| 7 | Liguria | 28 | 1000 | 0,015 |
| 8 | Provincia di Trieste | 30 | 1500 | 0,010 |
| 9 | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto | 31 | 500 | 0,020 |

Essendo l'opera localizzata nella regione Molise, appartenente alla zona 3 si ha:

$$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}; \quad a_0 = 500 \text{ m}; \quad k_s = 0,37 \text{ s}^{-1}.$$

La quota del sito risulta inferiore al valore di a_0 , essendo $a_s = 26 \text{ m s.l.m.}$, pertanto la pressione dinamica del vento risulterà:

$$q_k = 98,33 \text{ daN/m}^2$$

1. Vento trasversale (ai binari)

a. Vento in assenza di ghiaccio

La pressione del vento sui conduttori è regolamentata dalla Norma CEI EN 50119 (§6.2.4.3):

La pressione del vento sui conduttori determina forze trasversali alla direzione della linea. La forza agente su un sostegno per effetto dell'azione del vento sulle due campate adiacenti deve essere determinata mediante la formula:

$$Q_{WC} = q_K \times G_C \times d \times C_C \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi$$

dove

- q_K è la pressione dinamica caratteristica del vento (fare riferimento a 6.2.4.2);
- G_C è il fattore di risposta strutturale dei conduttori che tiene in considerazione la risposta dei conduttori mobili al carico del vento. Il fattore G_C dovrebbe essere determinato sulla base dell'esperienza nazionale. Un valore ampiamente accettato sarebbe $G_C = 0,75$ (valore assunto nei calcoli);

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 29 |

- d è il diametro del conduttore;
- C_C è il coefficiente di resistenza del conduttore. Si raccomanda il valore 1,0; altri valori possono essere forniti nella specifica del cliente; nel calcolo si è assunto $C_C=1$;
- L_1, L_2 sono le lunghezze delle due campate adiacenti;
- Φ è l'angolo d'incidenza della direzione critica del vento rispetto alla perpendicolare al conduttore. In generale si assume Φ pari a zero.

Qualora conduttori doppi siano tesati parallelamente, può essere operata una riduzione del carico del vento sul conduttore sottovento, ammontando tale carico all'80% del carico relativo al conduttore sopravvento se il distanziamento tra gli assi dei due conduttori è inferiore a cinque volte il diametro.

Di conseguenza il vento agente sui conduttori attivi può così riassumersi, ricordando il verso di tali azioni descritto nel paragrafo precedente:

| | H _{wCT} [daN] | H _{wCP} [daN] | H _{wFC} [daN] |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| t = +5°C | 37.33 | 59.48 | 50.12 |

Il vento agente sulla struttura può essere calcolato utilizzando quanto prescritto nella NTC 2018. Nella fattispecie, la pressione del vento è data dall'espressione (§3.3.4):

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

Dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento, di cui al §3.3.6;
- c_e è il coefficiente di esposizione di cui al §3.3.7;
- c_p è il coefficiente di pressione di cui al §3.3.8;
- c_d è il coefficiente dinamico di cui al §3.3.9.

Nel caso specifico, utilizzando quanto previsto al §3.3.8.7 della Circolare per strutture tralicciate, si ottiene il valore di pressione seguente.

$$p = 296 \text{ daN/m}^2$$

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 30 |

Tale pressione, per essere applicata sulla struttura in questione, modellata con elementi monodimensionali, è stata riportata a un carico lineare, moltiplicandola per la superficie maggiore su cui è applicata, pari a 0.10 m. Ottenendo, conseguentemente:

$$p_{tr} = 296 \times 0.10 = \mathbf{2.96 \text{ daN/m}}$$

b. Vento in presenza di ghiaccio

La presenza contemporanea dell'azione del vento e di quella del ghiaccio è regolamentata dalla Norma CEI 50119 (§6.2.6):

Qualora per il progetto degli impianti e delle strutture della linea aerea di contatto siano prese in considerazione le azioni combinate dei carichi del ghiaccio e del vento, si può assumere il 50% del carico del vento, conformemente a 6.2.4, come agente sulle strutture e sulle apparecchiature senza ghiaccio e sui conduttori coperti da ghiaccio in accordo con 6.2.5. Un valore alternativo può essere fissato nella specifica dell'acquirente. La forza peso unitaria p_i del ghiaccio può essere estratta da norme appropriate ed il coefficiente di resistenza aerodinamica può essere scelto pari a 1,0.

Se definito nella specifica, si deve considerare un incremento del diametro dell'accumulo di ghiaccio. Il diametro equivalente D_i in metri dell'accumulo di ghiaccio deve essere calcolato mediante la formula:

$$D_i = \sqrt{d^2 + \frac{4 \times g_{ik}}{\pi \times \rho_1}}$$

dove

- d è il diametro del conduttore senza ghiaccio misurato in metri;
- g_{ik} è il carico caratteristico del ghiaccio misurato in N/m.

Di conseguenza il vento agente sui conduttori attivi può così riassumersi:

| | H _{wct} [daN] | H _{wcp} [daN] | H _{wfc} [daN] |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| t = -5°C | 41.8 | 73.75 | 71.99 |

2. Vento longitudinale (ai binari)

Il vento agente sulla struttura in tale direzione è stato calcolato nella medesima maniera del vento agente in direzione trasversale ai binari, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

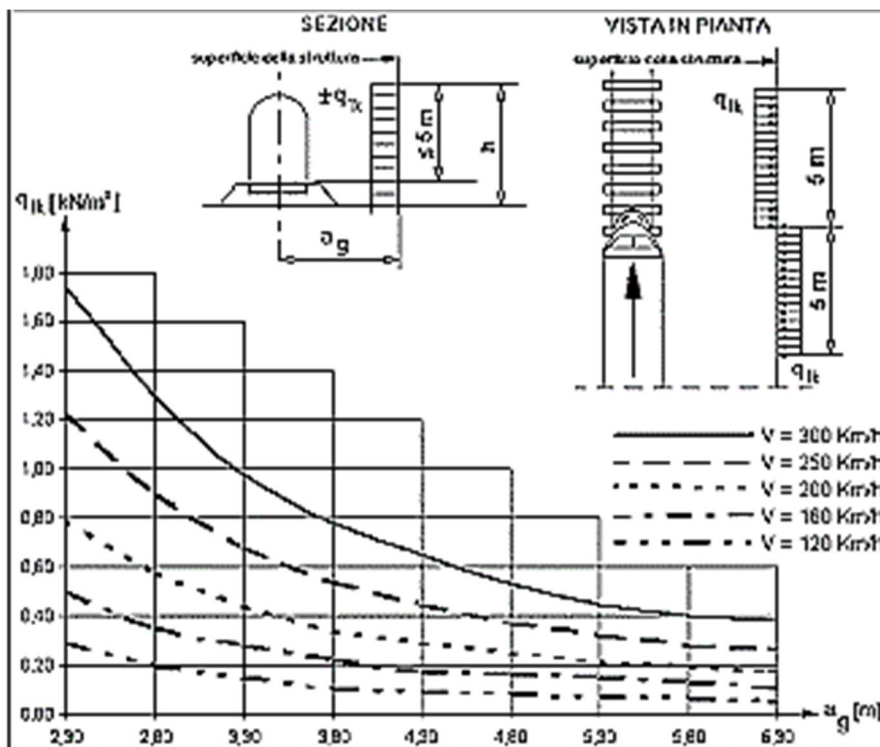
LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|-------|-----|--------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 31 |

e. PRESSIONE AERODINAMICA

Per il calcolo degli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari si fa riferimento alle NTC 2018 (§5.2.2.6).

I valori caratteristici dell'azione q_{1k} relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino.



Assumendo una velocità del treno di 250 km/h e con $a_g=2,70$ m, tenendo conto dei fattori correttivi $k_4=2,0$, si ottiene un valore di q_{1k} pari a **200,00 daN/mq**.

f. AZIONI ECCEZIONALI

In caso di sostituzione dei fili di contatto, viene considerato il carico eccezionale dovuto al peso dei vecchi fili sostenuti dalla sospensione prima di essere rimossi.

g. AZIONE SISMICA

Per il calcolo dell'azione sismica si fa riferimento agli spettri della NTC 2018.

Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV).

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|---------------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A | FOGLIO 32 |

i.Zonazione sismica

Per la caratterizzazione sismica del sito si è utilizzata la microzonazione di cui al DM 17/01/2018, introducendo le coordinate geografiche di latitudine e longitudine del sito di Termoli (CB), valutando il relativo spettro di risposta allo SLV.

Gli spettri di calcolo vengono pertanto imposti dalla nuova normativa in funzione della latitudine e longitudine del sito.

Quindi nel caso della struttura in oggetto si sono assunti i seguenti valori:

Latitudine 41.9898 Longitudine 14.9904



Figura 10 - Vista aerea luogo di interesse from Google Earth

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
|   | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

ii.Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, la vita nominale risulta $V_N = 50$ anni.

iii.Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operativa o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classe d'uso. Nel caso in oggetto, poiché trattasi di un'opera appartenente ad una rete ferroviaria di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, si fa riferimento alla Classe II: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti."

iv.Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore pari a $C_U = 1$ per la classe d'uso II.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

v.Azioni di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC 18, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC 18 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC 18 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e da vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 34 |

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine si utilizza come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante la seguente espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

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

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* , relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento, sono forniti nelle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC18, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno T_R . L'accelerazione al sito a_g è espressa in g/10, F_0 è adimensionale, T_C^* è espresso in secondi.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

| STATO LIMITE | T_R [ANNI] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 30 | 0.040 | 2.453 | 0.290 |
| SLD | 50 | 0.050 | 2.470 | 0.327 |
| SLV | 475 | 0.116 | 2.602 | 0.401 |
| SLC | 975 | 0.146 | 2.609 | 0.425 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 35 |

vi. Spettro di progetto SLV

Lo spettro di risposta allo stato limite ultimo risulta univocamente determinato (vedi Figura 11), scegliendo i parametri necessari descritti precedentemente, e cioè la località (nel caso in esame longitudine: **14.9904**; latitudine: **41.9898**), lo stato limite (nel caso in esame SLV), il periodo di riferimento V_r dell'opera (nel caso in esame 50 anni), le componenti dell'azione sismica (nel caso in esame solo le componenti orizzontali), la categoria del sottosuolo (nel caso in esame Categoria C), la categoria topografica (nel caso in esame T1).

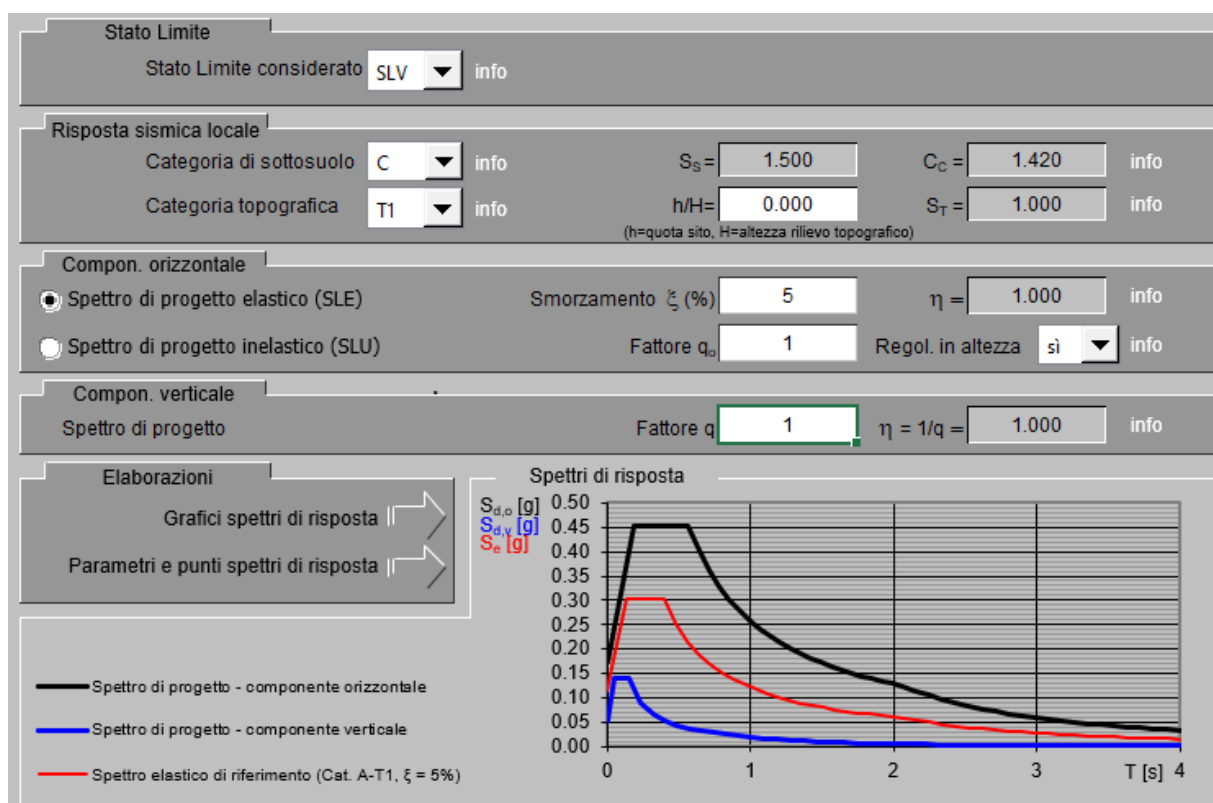


Figura 11 - Response Spectrum Function

L'analisi sismica condotta e del tipo dinamica modale con spettro di risposta assegnato.

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

h. COMBINAZIONI DEI CARICHI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (§ 2.5.3 NTC 18):

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili (verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 NTC 18):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} Q_{K2} + \psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$$

Le condizioni elementari di carico sono opportunamente combinate per determinare le condizioni più sfavorevoli per ciascun elemento strutturale.

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

In presenza di Azioni Sismiche la già menzionata normativa, per le combinazioni di carico, prevede la seguente espressione (§ 3.2.4 NTC 18):

$$G_2 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [3.2.17 \text{ NTC } 18]$$

dove:

- E Azione sismica per lo stato limite preso in esame
- G_1 e G_2 Carichi permanenti al loro valore caratteristico
- P Valore caratteristico della precompressione.
- Q_{kj} azioni variabili al loro valore caratteristico.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | | PROGR 002 | REV A |

adottando ψ_{2j} indicati nella seguente tabella:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

| Categoria/Azione variabile | Ψ_{0j} | Ψ_{1j} | Ψ_{2j} |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A Ambienti ad uso residenziale | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria B Uffici | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H Coperture | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Vento | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

Per cui per l'azione del vento e della neve si pone $\psi_{2j} = 0$.

Per i carichi dovuti al transito dei convogli si assume $\psi_0 = 0,80$ e $\psi_2 = 0,20$.

Inoltre, sempre secondo le prescrizioni di cui al Paragrafo 7.2.1, bisogna considerare solo le due componenti orizzontali dell'azione, da considerare tra di loro indipendenti. (Sisma agente in senso longitudinale, sisma agente in senso trasversale).

Poiché l'analisi viene eseguita in campo lineare, la risposta può essere calcolata separatamente, per ciascuna delle due componenti, e gli effetti possono essere combinati quindi successivamente secondo la seguente espressione:

$$1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$$

con rotazione degli indici, essendo E_i l'azione diretta secondo la direzione i .

Nel caso in esame si pone quindi $E_z=0$.

Nel caso di pali asse di punto fisso e ormeggio di punto fisso bisogna inoltre considerare l'azione eccezionale di due conduttori rotti (2 fili di contatto).

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|----------|--------------------|----|-------|-----|--------|----|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 38 |

i. Approccio agli Stati Limite

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'Approccio 2 (A1+M1+R3); in particolare con detto approccio si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e per la resistenza globale del sistema (R).

Di seguito si riportano i coefficienti parziali da adottare, secondo le NTC 18.

Tab. 2.6.I NTC 18 - Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

| CARICHI | EFFETTO | Coeff. parziale γ_F | EQU | (A1) | (A2) |
|----------------------------|-------------|----------------------------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevoli | γ_{G1} | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,3 | 1,3 | 1,0 |
| Permanenti non strutturali | Favorevoli | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Variabili | Favorevoli | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Variabili da traffico | Favorevoli | γ_Q | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 |

Tab. 6.2.II (NTC 18) - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| | | Coeff. Parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------|------|------|
| Tang. angolo resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 |

Tab. 6.4.I (NTC 18) – Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli SLU di fondazioni superficiali

| Verifica | (R1) | (R2) | (R3) |
|-------------------|------|------|------|
| Capacità portante | 1,00 | 1,80 | 2,30 |
| Scorrimento | 1,00 | 1,10 | 1,10 |
| Ribaltamento | - | 1,00 | - |

In particolare, le verifiche delle fondazioni dei pali, considerate come fondazioni dirette, sono state eseguite secondo gli approcci riportati di seguito:

| | Statica | Sismica |
|---------------|-----------|-----------|
| Carico limite | A1+M1+R3 | SIS+M1+R3 |
| Scorrimento | A1+M1+R3 | SIS+M1+R3 |
| Ribaltamento | EQU+M2+R2 | SIS+M2+R2 |

La verifica a ribaltamento è stata effettuata considerandolo come stato limite di equilibrio di corpo rigido, pertanto le azioni sono state considerate con i coefficienti EQU. Per il calcolo delle spinte sono stati

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L. | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

considerati i coefficienti parziali M2 ed è stato utilizzato il coefficiente di sicurezza globale R2, in analogia con l'approccio A2+M2+R2, posto pari a 1 così come gli altri coefficienti R2 della tabella 6.5.1 propria dei muri di sostegno.

ii. Condizioni di carico

Nel caso specifico la struttura è stata risolta per le condizioni di carico elementari di seguito definite:

| CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Condizione | Tipologia (NTC 18) |
| G ₁ : C.P.S. | Permanente strutturale |
| G ₂ : C.P.N.S. | Permanente non strutturale |
| Q ₁ : ICE | Neve (quota < 1000 m) |
| Q ₂ : WIND X (no ice) | Vento |
| Q ₃ : WIND X (ice) | Vento |
| Q ₄ : WIND Y | Vento |
| Q ₅ : AERODINAMICA | Aerodinamica |
| ECC1 | Eccezionale |
| Sisma X | Sisma |
| Sisma Y | Sisma |

Tabella 2 - Condizioni elementari di carico

iii. Combinazioni di carico di progetto

Di seguito si riportano le combinazioni dei carichi elaborate nell'ambito del foglio di calcolo sviluppato, al fine di determinare le condizioni più sfavorevoli.

Le combinazioni di carico definite tengono conto dei tre differenti valori della temperatura considerati (e di conseguenza del tiro associato con i relativi carichi), ovvero T=-20°C, T=-5°C, T=+5°C. In particolare, sono state seguite le seguenti indicazioni:

- condizione A: temperatura ambiente minima pari a -20°C in assenza di altre azioni climatiche (vento e ghiaccio);
- condizione B: temperatura ambiente pari a -5°C con azione combinata di vento e ghiaccio;
- condizione C: temperatura ambiente pari a +5°C con azione del solo vento.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 40 | |

COMBINAZIONI DI CARICO - condizione A (T=-20°C: NO ICE; NO WIND)

| COMBINAZIONE | CONDIZIONE | STR 1_A | STR 2_A | STR 3_A | STR 4_A | STR 5_A | SLV 1_A | SLV 2_A | SLV 3_A | SLV 4_A | SLV 5_A | SLV 6_A | SLV 7_A | SLV 8_A |
|------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| G1 : C.P.S. | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G1 : C.P.S. | SFAV | 1.30 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G2: C.P.N.S. | FAV | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G2: C.P.N.S. | SFAV | 1.50 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Q5: AERODINAMICA | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q5: AERODINAMICA | SFAV | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ECC 1 | - | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ECC 2 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TRENO LM71 | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TRENO LM71 | SFAV | 0.00 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 1.45 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| SISMA X | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | -1.00 | -1.00 | 0.30 | -0.30 | 0.30 | -0.30 |
| SISMA Y | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | -0.30 | 0.30 | -0.30 | 1.00 | 1.00 | -1.00 | -1.00 |

COMBINAZIONI DI CARICO - condizione B (T=-5°C: 100% ICE; 50% WIND)

| COMBINAZIONE | CONDIZIONE | STR 1_B | STR 2_B | STR 3_B | STR 4_B | STR 5_B | STR 6_B | STR 7_B | STR 8_B | STR 9_B | STR 10_B | SLV 1_B | SLV 2_B | SLV 3_B | SLV 4_B | SLV 5_B | SLV 6_B | SLV 7_B | SLV 8_B |
|---------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| G1 : C.P.S. | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G1 : C.P.S. | SFAV | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G2: C.P.N.S. | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G2: C.P.N.S. | SFAV | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Q1: ICE | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q1: ICE | SFAV | 0.00 | 1.50 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q2: WIND X (no ice) | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q2: WIND X (no ice) | SFAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q3: WIND X (ice) | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q3: WIND X (ice) | SFAV | 0.00 | 0.90 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q4: WIND Y | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q4: WIND Y | SFAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q5: AERODINAMICA | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q5: AERODINAMICA | SFAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TRENO LM71 | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TRENO LM71 | SFAV | 0.00 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 0.20 | 1.16 | 0.20 | 1.16 | 0.20 | 1.45 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| ECC 1 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ECC 2 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SISMA X | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | -1.00 | -1.00 | 0.30 | -0.30 | 0.30 | -0.30 | |
| SISMA Y | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | -0.30 | 0.30 | -0.30 | 1.00 | 1.00 | -1.00 | -1.00 | |

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 41 |

| COMBINAZIONI DI CARICO - condizione C (T=+5°C; NO ICE; 100% WIND) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| COMBINAZIONE | CONDIZIONE | STR 1_C | STR 2_C | STR 3_C | STR 4_C | STR 5_C | STR 6_C | STR 7_C | STR 8_C | SLV 1_C | SLV 2_C | SLV 3_C | SLV 4_C | SLV 5_C | SLV 6_C | SLV 7_C | SLV 8_C |
| G1: C.P.S. | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G1: C.P.S. | SFAV | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G2: C.P.N.S. | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| G2: C.P.N.S. | SFAV | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Q2: WIND X (no ice) | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q2: WIND X (no ice) | SFAV | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q4: WIND Y | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q4: WIND Y | SFAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q5: AERODINAMICA | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Q5: AERODINAMICA | SFAV | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TRENO LM71 | FAV | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TRENO LM71 | SFAV | 0.00 | 1.16 | 0.20 | 1.16 | 0.20 | 1.16 | 0.20 | 1.45 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| ECC 1 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ECC 2 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SISMA X | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | -1.00 | -1.00 | 0.30 | -0.30 | 0.30 | -0.30 |
| SISMA Y | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | -0.30 | 0.30 | -0.30 | 1.00 | 1.00 | -1.00 | -1.00 |

Si specifica che l'azione del vento è stata considerata agente sempre nella direzione sfavorevole, ovvero nella direzione concorde con quella dell'azione dei carichi permanenti.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 42 |

8. RISULTATI DEL CALCOLO

In quanto segue si riportano le caratteristiche della sollecitazione calcolate alla base del sostegno, per le varie combinazioni di carico citate ed estrapolate dal programma di calcolo.

| REAZIONI ALLA BASE DELLA STRUTTURA | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|----------|--------------------------|-----------------------|--------|----------------|----------------|-----------------------|
| Nodo | Combinazione | StepType | F _L - Long | F _h -Trasv | N-Vert | M _L | M _h | M _{torcente} |
| | | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| 103 | STR1_A | | -3.979 | -0.00945 | 39.965 | -0.6647 | -27.6599 | -0.0879 |
| 103 | STR2_A | | -10.124 | -0.013 | 48.803 | -0.8816 | -48.5096 | -0.1222 |
| 103 | STR3_A | | -1.75 | -0.00828 | 33.935 | -0.5713 | -16.2397 | -0.0772 |
| 103 | SLV1_A | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV1_A | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV2_A | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV2_A | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV3_A | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV3_A | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV4_A | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV4_A | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV5_A | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV5_A | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV6_A | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV6_A | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV7_A | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV7_A | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV8_A | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV8_A | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | STR1_B | | -3.979 | -0.00945 | 39.965 | -0.6647 | -27.6599 | -0.0879 |
| 103 | STR2_B | | -6.361 | -0.011 | 43.302 | -0.7698 | -35.8823 | -0.1012 |
| 103 | STR3_B | | -8.676 | -0.01 | 41.009 | -0.7391 | -43.1233 | -0.0948 |
| 103 | STR4_B | | -15.809 | -0.01 | 37.697 | -0.784 | -76.564 | -0.0966 |
| 103 | STR5_B | | -10.124 | -0.013 | 48.803 | -0.8816 | -48.5096 | -0.1222 |
| 103 | STR6_B | | -3.981 | -13.479 | 39.961 | 97.4795 | -27.6698 | -0.7778 |
| 103 | STR7_B | | -1.75 | -0.00828 | 33.935 | -0.5713 | -16.2397 | -0.0772 |
| 103 | STR 8_B | | -12.26 | -0.01 | 38.378 | -0.7482 | -61.8927 | -0.094 |
| 103 | STR 10_B | | -11.077 | -0.01 | 38.604 | -0.7363 | -57.0023 | -0.0931 |
| 103 | SLV1_B | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV1_B | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV2_B | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV2_B | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV3_B | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 43 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|-----|---------|----------|--------|----------|----------|---------|
| 103 | SLV3_B | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV4_B | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV4_B | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV5_B | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV5_B | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV6_B | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV6_B | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV7_B | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV7_B | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV8_B | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV8_B | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | STR1_C | | -3.979 | -0.00945 | 39.965 | -0.6647 | -27.6599 | -0.0879 |
| 103 | STR2_C | | -13.99 | -0.01 | 38.064 | -0.7605 | -67.8475 | -0.0944 |
| 103 | STR3_C | | -10.124 | -0.013 | 48.803 | -0.8816 | -48.5096 | -0.1222 |
| 103 | STR4_C | | -3.982 | -26.95 | 39.958 | 195.6237 | -27.6797 | -1.4677 |
| 103 | STR5_C | | -1.75 | -0.00828 | 33.935 | -0.5713 | -16.2397 | -0.0772 |
| 103 | STR6_C | | -10.988 | -18.868 | 38.629 | 136.6701 | -55.8051 | -1.0583 |
| 103 | STR8_C | | -9.986 | -0.00987 | 38.824 | -0.7222 | -51.7725 | -0.0918 |
| 103 | SLV1_C | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV1_C | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV2_C | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV2_C | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV3_C | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV3_C | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV4_C | Max | 1.4 | 6.618 | 31.38 | 50.5616 | -0.0568 | 0.326 |
| 103 | SLV4_C | Min | -6.193 | -6.632 | 28.457 | -51.5251 | -35.5506 | -0.4534 |
| 103 | SLV5_C | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV5_C | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV6_C | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV6_C | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV7_C | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV7_C | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 103 | SLV8_C | Max | 9.854 | 2.141 | 34.325 | 15.499 | 39.7373 | 0.0994 |
| 103 | SLV8_C | Min | -14.647 | -2.155 | 25.512 | -16.4625 | -75.3446 | -0.2268 |
| 656 | STR1_A | | -11.621 | 0.009449 | 40.596 | 0.6647 | -46.9084 | -0.0745 |
| 656 | STR2_A | | -19.984 | 0.013 | 52.228 | 0.8816 | -73.3329 | -0.0956 |
| 656 | STR3_A | | -8.65 | 0.008277 | 34.481 | 0.5713 | -33.6217 | -0.0651 |
| 656 | SLV1_A | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV1_A | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV2_A | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV2_A | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV3_A | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 44 |

| | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|---------|----------|--------|----------|----------|---------|
| 656 | SLV3_A | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV4_A | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV4_A | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV5_A | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV5_A | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV6_A | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV6_A | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV7_A | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV7_A | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV8_A | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV8_A | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | STR1_B | | -11.621 | 0.009449 | 40.596 | 0.6647 | -46.9084 | -0.0745 |
| 656 | STR2_B | | -15.249 | 0.011 | 45.359 | 0.7698 | -58.2727 | -0.0849 |
| 656 | STR3_B | | -16.941 | 0.01 | 43.602 | 0.7391 | -63.9441 | -0.0794 |
| 656 | STR4_B | | -23.308 | 0.01 | 42.864 | 0.784 | -95.4394 | -0.082 |
| 656 | STR5_B | | -19.984 | 0.013 | 52.228 | 0.8816 | -73.3329 | -0.0956 |
| 656 | STR6_B | | -11.619 | -13.455 | 40.6 | 98.6275 | -46.8408 | 0.5118 |
| 656 | STR7_B | | -8.65 | 0.008277 | 34.481 | 0.5713 | -33.6217 | -0.0651 |
| 656 | STR 8_B | | -19.802 | 0.01 | 42.184 | 0.7482 | -80.8801 | -0.0798 |
| 656 | STR 10_B | | -18.633 | 0.01 | 41.957 | 0.7363 | -76.027 | -0.079 |
| 656 | SLV1_B | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV1_B | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV2_B | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV2_B | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV3_B | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV3_B | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV4_B | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV4_B | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV5_B | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV5_B | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV6_B | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV6_B | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV7_B | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV7_B | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV8_B | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV8_B | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | STR1_C | | -11.621 | 0.009449 | 40.596 | 0.6647 | -46.9084 | -0.0745 |
| 656 | STR2_C | | -21.527 | 0.01 | 42.497 | 0.7605 | -86.823 | -0.0799 |
| 656 | STR3_C | | -19.984 | 0.013 | 52.228 | 0.8816 | -73.3329 | -0.0956 |
| 656 | STR4_C | | -11.618 | -26.92 | 40.603 | 196.5904 | -46.7732 | 1.0982 |
| 656 | STR5_C | | -8.65 | 0.008277 | 34.481 | 0.5713 | -33.6217 | -0.0651 |
| 656 | STR6_C | | -18.553 | -18.841 | 41.932 | 137.8797 | -74.7539 | 0.7426 |

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 45 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|-----|---------|----------|--------|----------|----------|---------|
| 656 | STR8_C | | -17.565 | 0.009865 | 41.737 | 0.7222 | -70.8572 | -0.0778 |
| 656 | SLV1_C | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV1_C | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV2_C | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV2_C | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV3_C | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV3_C | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV4_C | Max | -4.343 | 5.998 | 31.285 | 47.9635 | -14.5285 | 0.4797 |
| 656 | SLV4_C | Min | -11.664 | -5.984 | 28.911 | -47 | -49.3285 | -0.5878 |
| 656 | SLV5_C | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV5_C | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV6_C | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV6_C | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV7_C | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV7_C | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |
| 656 | SLV8_C | Max | 3.925 | 1.981 | 33.419 | 15.4584 | 24.7812 | 0.1446 |
| 656 | SLV8_C | Min | -19.932 | -1.968 | 26.777 | -14.4949 | -88.6382 | -0.2527 |

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 46 |

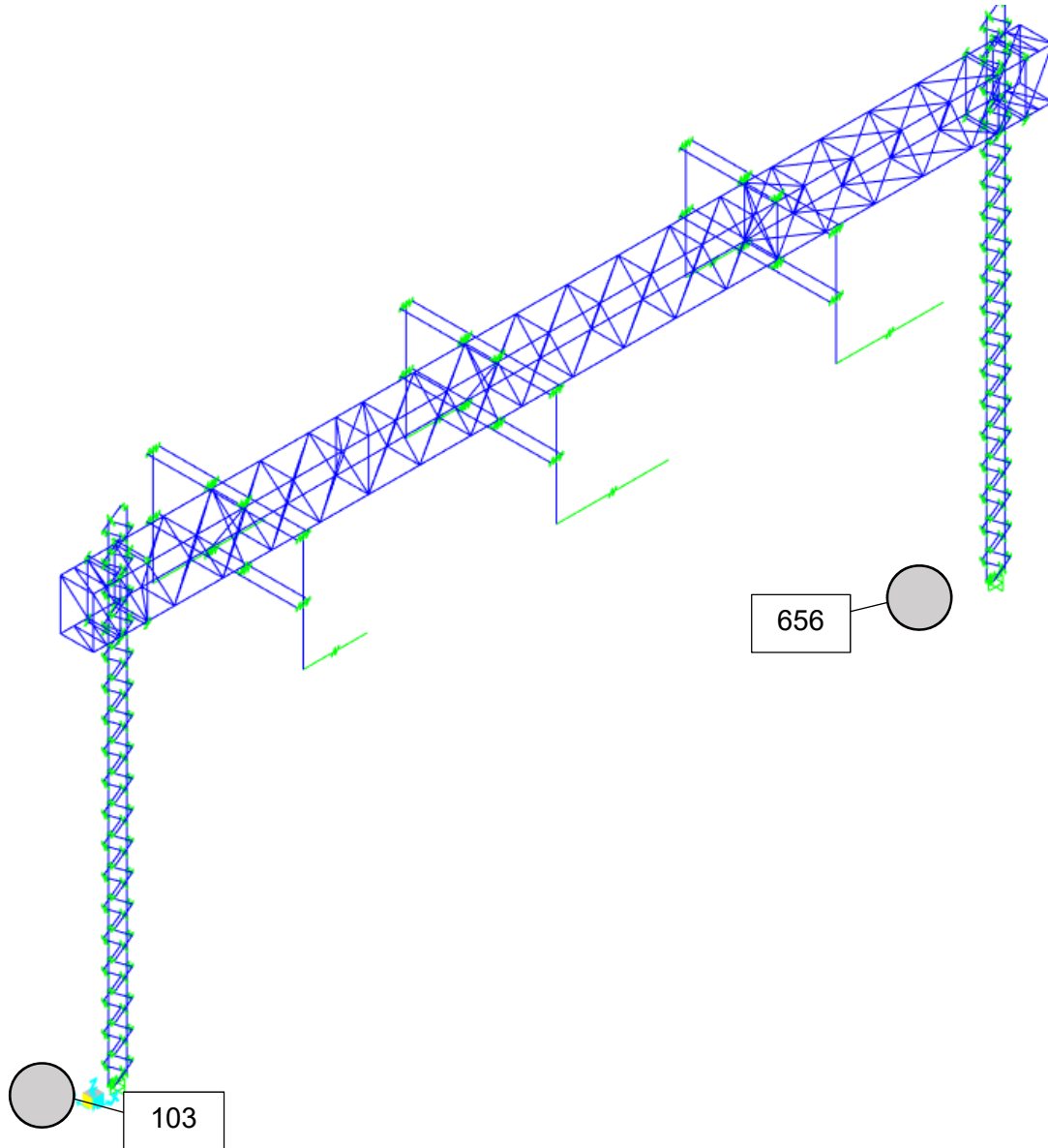


Figura 12 – Ubicazione nodi per reazioni alla base

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|---------------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A | FOGLIO 47 |

9. CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE

In conformità al D.M. LL.PP. 17 Gennaio 2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” si sono adottati i seguenti criteri per le verifiche ed il controllo della sicurezza strutturale:

a. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

La verifica della sicurezza agli stati limiti ultimi si ritiene soddisfatta controllando che, per ogni elemento strutturale e per ciascuna delle combinazioni prese in esame, risulti:

$$R_d \geq E_d$$

Dove R_d e E_d sono le resistenze di calcolo e le sollecitazioni di calcolo per ogni elemento strutturale.

i. Strutture di fondazione in calcestruzzo armato

1. Verifiche a presso - flessione o tenso - flessione

In accordo con il paragrafo 4.1.2.1.2.4 delle NTC18, con riferimento alla sezione pressoinflessa, rappresentata in Fig. 4.1.3, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

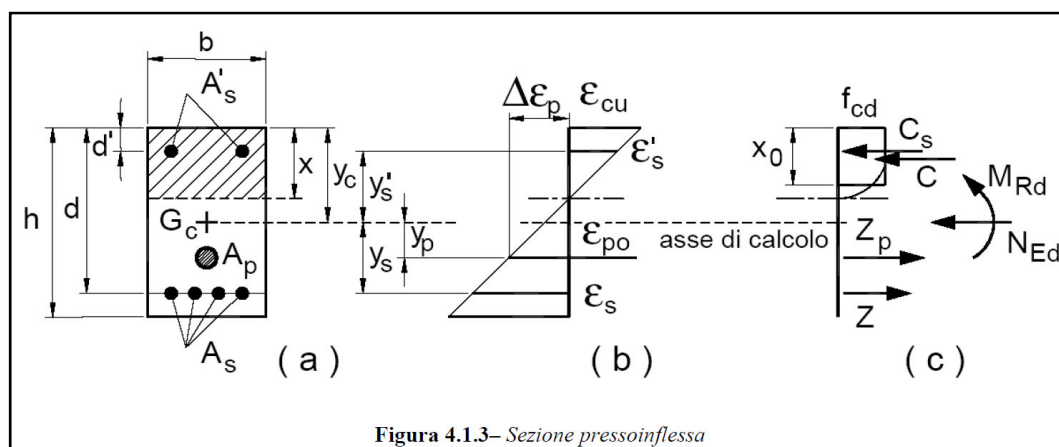


Figura 4.1.3– Sezione pressoinflessa

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 48 |

2. Verifiche a taglio

In accordo con il paragrafo 4.1.2.3.5 delle NTC18, la resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio.

Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione α dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

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

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è pari a

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

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è pari

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

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

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

dove

d altezza utile della sezione (in mm);

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

b_w larghezza minima della sezione (in mm);

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

v f_{cd} resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($v = 0,5$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a:

| | |
|---------------------------------|----------------------------------------------|
| 1 | per membrane non compresse |
| $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$ | per $0 < \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$ |
| 1,25 | per $0,25 f_{cd} < \sigma_{cp} < 0,5 f_{cd}$ |
| $2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$ | per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$ |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

ii.Strutture in elevazione in acciaio

La resistenza di calcolo delle membrature R_d si pone nella forma:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

dove:

R_k è il valore caratteristico della resistenza - trazione, compressione, flessione, taglio e torsione della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione;

- γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato.

Tabella 4.2.V Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4 | $\gamma_{M0} = 1,05$ |
| Resistenza all'instabilità delle membrature | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari | $\gamma_{M1} = 1,10$ |
| Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori) | $\gamma_{M2} = 1,25$ |

Si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nella tabella seguente (Tabella 11.3.IX)

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | $t \leq 40$ mm | | 40 mm $< t \leq 80$ mm | |
| | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |
| UNI EN 10025-3 | | | | |
| S 275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S 460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |
| UNI EN 10025-4 | | | | |
| S 275 M/ML | 275 | 370 | 255 | 360 |
| S 355 M/ML | 355 | 470 | 335 | 450 |
| S 420 M/ML | 420 | 520 | 390 | 500 |
| S 460 M/ML | 460 | 540 | 430 | 530 |
| UNI EN 10025-5 | | | | |
| S 235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 355 W | 355 | 510 | 335 | 490 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 50 |

1. Verifica delle membrature

a. Verifica a tenso - flessione o presso - flessione biassiale

In accordo con il §4.2.4.1.2.8 del DM18, per le sezioni ad I o ad H di classe 1 e 2 doppiamente simmetriche, soggette a presso o tenso-flessione biassiale, la condizione di resistenza può essere valutata come:

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{5n} \leq 1$$

con $n \geq 0,2$ essendo $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$.

Nel caso in cui $n < 0,2$, e comunque per sezioni generiche di classe 1 e 2, la verifica può essere condotta cautelativamente controllando che:

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right) \leq 1.$$

Trattandosi di sezioni tubolari, la resistenza di calcolo risulta:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

b. Verifica a taglio

In accordo con il paragrafo 4.2.4.1.2 delle NTC18, Il valore di calcolo dell'azione tagliante V_{Ed} deve rispettare la condizione:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.$$

dove la resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$, in assenza di torsione, vale:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

dove A_v è l'area resistente a taglio.

Per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 51 |

per profilati a C o ad U caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f ;$$

per profilati ad I e ad H caricati nel piano delle ali si può assumere

$$A_v = A - \sum (h_w t_w) ;$$

per profilati a T caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = 0,9 (A - b t_f) ;$$

per profili rettangolari cavi "profilati a caldo" di spessore uniforme si può assumere

$$A_v = Ah / (b + h) \text{ quando il carico è parallelo all'altezza del profilo,}$$

$$A_v = Ab / (b + h) \text{ quando il carico è parallelo alla base del profilo;}$$

per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme:

$$A_v = 2A / \pi ;$$

dove:

- A è l'area lorda della sezione del profilo,
- b è la larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave,
- h_w è l'altezza dell'anima,
- h è l'altezza delle sezioni cave,
- r è il raggio di raccordo tra anima ed ala,
- t_f è lo spessore delle ali,
- t_w è lo spessore dell'anima.

In caso di verifica per effetti sismici oltre a questa verifica, per le travi, il taglio è incrementato della forza di taglio dovuta all'applicazione di momenti plastici equivalenti $M_{pl,Rd}$ nelle sezioni in cui è attesa la formazione delle cerniere plastiche. e nel caso delle colonne, le azioni non sismiche sono incrementate del fattore $1,1 \gamma_{Rd} \omega$.

c. *Verifica a flessione e taglio*

Se il taglio di calcolo V_{Ed} è inferiore a metà della resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd}$$

si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione, eccetto nei casi in cui l'instabilità per taglio riduca la resistenza a flessione della sezione.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|---------------------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A | FOGLIO 52 |

Se il taglio di calcolo V_{Ed} è superiore a metà della resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$ bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Posto

$$\rho = \left[\frac{2V_{Ed}}{V_{c,Rd}} - 1 \right]^2$$

la resistenza a flessione si determina assumendo per l'area resistente a taglio A_v la tensione di snervamento ridotta $(1 - \rho) f_{yk}$.

d. Verifica a instabilità globale

È stata prevista una ulteriore verifica di instabilità globale a pressoflessione della sezione del palo, che in accordo con il D.M.2018, viene effettuata mediante la seguente relazione (come riportato al §4.2.4.1.3.3 della Circolare 21 Gennaio 2019):

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{yeq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} \right)} + \frac{M_{zeq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right)} \leq 1$$

dove:

- χ_{min} è il minimo fattore χ relativo all'inflessione intorno agli assi principali di inerzia;
- W_y e W_z sono i moduli resistenti elastici per le sezioni di classe 3 e i moduli resistenti plastici per le sezioni di classe 1 e 2,
- $N_{cr,y}$ e $N_{cr,z}$ sono i carichi critici euleriani relativi all'inflessione intorno agli assi principali di inerzia;
- $M_{yeq,Ed}$ e $M_{zeq,Ed}$ sono i valori equivalenti dei momenti flettenti da considerare nella verifica.

Se il momento flettente varia lungo l'asta si assume, per ogni asse principale di inerzia,

$$M_{eq,Ed} = 1,3 \cdot M_{m,Ed}$$

essendo $M_{m,Ed}$ il valor medio del momento flettente, con la limitazione

$$0,75 \cdot M_{max,Ed} \leq M_{eq,Ed} \leq M_{max,Ed}$$

I coefficienti χ dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale λ , dalla seguente formula

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0$$

dove $\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$, α è il fattore di imperfezione, ricavato dalla Tab 4.2.VI, e la snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$ è pari a

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \text{ per le sezioni di classe 1, 2 e 3, e a}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \text{ per le sezioni di classe 4.}$$

e. *Verifica a instabilità locale*

È stata prevista una ulteriore verifica di instabilità locale per aste compresse composte.

Aste compresse composte a sezione costante realizzate da due elementi (correnti) collegati tra loro con tralicci possono essere verificate con il metodo di seguito proposto, a condizione che i campi individuati dalle aste di parete del traliccio siano uguali e non meno di tre.

I correnti dell'asta composta sono a parete piena collegati con tralicci.

Nel seguito si fa riferimento ad aste di lunghezza L, incernierate agli estremi nel piano della calastrellatura o della traliciatura, equiparando la deformabilità della calastrellatura o della traliciatura alla deformabilità a taglio di un'asta a parete piena equivalente.

Le imperfezioni di montaggio possono essere schematizzate considerando un difetto di rettilineità:

$$e = L/500$$

Oltre alle verifiche di stabilità dell'asta composta si devono eseguire anche le verifiche di stabilità e resistenza dei correnti e delle aste di parete, come specificato nel seguito.

Per un elemento costituito da due correnti a parete piena, la forza normale di progetto nei correnti può essere ricavata da:

$$N_{C,Ed} = 0,5 \cdot N_{Ed} + \frac{M_{Ed} \cdot h_0 \cdot A_C}{2 \cdot J_{eff}}$$

dove:

- N_{Ed} è la forza normale di progetto dell'asta composta;
- h_0 è la distanza tra i baricentri dei correnti;
- A_C è l'area della sezione di ciascun corrente;

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

- J_{eff} è il momento di inerzia efficace della sezione dell'elemento composto;
- M_{Ed} è il momento di progetto dato da

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_0 + M_{Ed}^I}{1 - N_{Ed}/N_{cr} - N_{Ed}/S_V}$$

in cui:

- $N_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{eff}}{L^2}$ è il carico critico euleriano dell'asta composta;
- E_{dM} è il valore del massimo momento flettente agente in mezzeria dell'asta composta;
- S_V è la rigidezza a taglio equivalente della tralicciatura o della calastrellatura.

La verifica dei calastrelli e degli elementi di parete dei tralici nei campi estremi può essere eseguita considerando la forza di taglio nell'asta composta

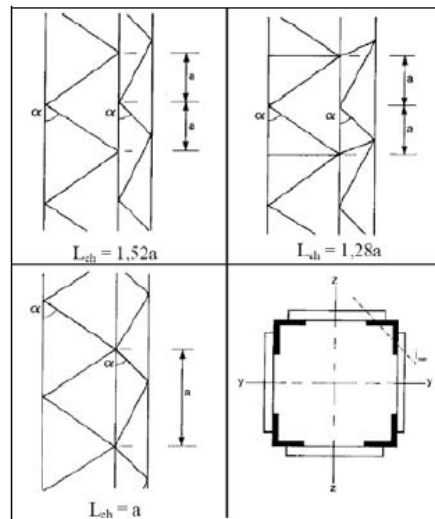
$$V_{Ed} = \pi \frac{M_{Ed}}{L}$$

Devono essere verificati nei riguardi dei fenomeni di instabilità sia i diagonali sia i correnti. La verifica si esegue controllando che:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

Nel caso dei correnti, $N_{c,Ed}$ è la forza normale di progetto, mentre $N_{b,Rd}$ è il carico critico, determinato in riferimento alla lunghezza di libera inflessione L_{ch} del corrente. Per correnti ad anima piena si può assumere $L_{ch}=a$, per correnti tralicciati L_{ch} dipende dallo schema adottato ed è indicato in figura.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI HYpro S.p.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A |



La rigidezza equivalente dell'asta composta tralicciata può essere assunta uguale a

$$J_{\text{eff}} = 0,5 \cdot h_0^2 \cdot A_C$$

mentre la rigidezza equivalente a taglio della tralicciatura, S_V , può essere ricavata, in funzione dello schema di tralicciatura adottato, dalla Tabella C4.2.II.

Tabella C4.2.II Rigidezza a taglio equivalenti di aste tralicciate o calastrellate

| Schema dell'asta composta (v. Figura C4.2.6) | (1) | (2) | (3) | (4) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S_V – rigidezza a taglio | $\frac{n \cdot EA_d \cdot a \cdot h_0^2}{d^3}$ | $\frac{n \cdot EA_d \cdot a \cdot h_0^2}{2 \cdot d^3}$ | $\frac{n \cdot EA_d \cdot a \cdot h_0^2}{d^3 \cdot \left[1 + \frac{A_d \cdot h_0^3}{A_v \cdot d^3} \right]}$ | $\frac{24EJ_C}{a^2 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot J_C \cdot h_0}{n \cdot J_V \cdot a} \right]} \leq \frac{2\pi^2 E J_C}{a^2}$ |
| A_d : area dei diagonali, A_v : area dei calastrelli, J_V : momento di inerzia del calastrello, A_C : area di un corrente, n: numero di piani di tralicciatura o calastrellatura | | | | |

b. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo stato limite di esercizio saranno effettuate secondo i seguenti criteri:

- stati limite di *deformazione e/o spostamento*, al fine di evitare deformazioni e spostamenti che possano compromettere l'uso efficiente della costruzione e dei suoi contenuti, nonché il suo aspetto estetico.

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

Nel caso in esame invece, la normativa non contempla verifiche particolari delle deformazioni: di conseguenza l'unica verifica possibile risulta quella che si può effettuare sulle deformazioni per carichi permanenti (pesi propri + sovraccarichi).

Nella fattispecie, si controllerà che i cedimenti della struttura nelle combinazioni STR1 siano inferiori a L/400.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 57 |

10. CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA GEOTECNICA

In conformità al D.M. LL.PP. 17 Gennaio 2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” si sono adottati i criteri per le verifiche ed il controllo della sicurezza geotecnica descritti nei paragrafi che seguono. In generale, si sono assunte le seguenti ipotesi:

- Sono state effettuate due verifiche distinte, in direzione trasversale e longitudinale (rispetto ai binari);
- Terreno presente solo lato binario e interamente scoperto lato esterno per le verifiche in direzione trasversale;
- Terreno presente da entrambi i lati per le verifiche in direzione longitudinale;
- Il terreno è stato considerato presente per tutta l'altezza del plinto, ad esclusione del cordolo sopra il plinto.

Il terreno spingente solo da un lato, vista l'ipotesi di lato libero dall'altro, è stato sempre considerato in condizioni di spinta attiva. La condizione di spinta attiva è stata mantenuta a maggior ragione in condizione sismica, considerando la spinta totale sismica con la formulazione di Mononobe-Okabe. Per le verifiche in direzione longitudinale, è stata usata la stessa formulazione per calcolare il coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche.

Oltre alla spinta in condizioni sismiche, è stata considerata anche l'azione inerziale sul blocco di fondazione pari al peso per il coefficiente k_h .

Nel calcolo delle spinte è stato considerato nullo l'angolo di attrito terra-muro δ sia in condizioni statiche che sismiche.

Nella verifica a scorrimento si è assunto l'angolo di attrito terreno-fondazione pari a $\delta = \varphi$.

a. VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica a ribaltamento, effettuata secondo entrambe le direzioni trasversale (H) e longitudinale (L) rispetto ai binari, risulta essere soddisfatta se:

$$M_{STAB} \geq M_{RIB}$$

in cui:

- M_{STAB} : è il momento di tutte le forze che tendono a non far ribaltare (ruotare rigidamente) in senso concorde alle forze agenti intorno al punto estremo opposto il blocco di fondazione:

$$M_{STAB,H} = N \times (L_H/2 - ecc_{colonnino}) + P_{COLONNINO} \times (L_H/2 - ecc_{colonnino}) + P_{BLOCCO} \times L_H/2$$

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|---------------------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A | FOGLIO 58 |

$$M_{STAB,L} = (N + P_{COLONNINO} + P_{BLOCCO}) \times L_L/2 + S_{TERRENO,PASSIVA,L} \times H_{BLOCCO}/3$$

- M_{RIB} : è il momento di tutte le forze che tendono a far ruotare rigidamente, in senso concorde alle forze agenti intorno al punto estremo opposto il blocco di fondazione:

$$M_{RIB,H} = M_H + F_H \times (H_{COLONNINO} + H_{BLOCCO}) + S_{TERRENO,ATTIVA,H} \times H_{BLOCCO}/3 + S_{BALLAST} \times H_{BLOCCO}/2 + S_{LM71} \times H_{LM71}/2$$

$$M_{RIB,L} = M_L + F_L \times (H_{COLONNINO} + H_{BLOCCO}) + S_{TERRENO,ATTIVA,L} \times H_{BLOCCO}/3$$

b. VERIFICA A SCORRIMENTO

La verifica a scorrimento, effettuata secondo entrambe le direzioni trasversale (H) e longitudinale (L) rispetto ai binari, risulta essere soddisfatta se:

$$R_{SCOR} \geq F_{SCOR} \times \gamma_R$$

in cui:

- R_{SCOR} : è la forza che si oppone allo scorrimento sul piano di posa del blocco di fondazione:

$$R_{SCORR,H} = (N + P_{COLONNINO} + P_{BLOCCO}) \times \tan \delta$$

$$R_{SCORR,L} = (N + P_{COLONNINO} + P_{BLOCCO}) \times \tan \delta + S_{TERRENO,PASSIVA,L}$$

- F_{SCOR} : è la sommatoria di tutte le forze che concorrono allo scorrimento sul piano di posa del blocco di fondazione:

$$F_{SCORR,H} = F_H + S_{TERRENO,ATTIVA,H} + S_{BALLAST} + S_{LM71}$$

$$F_{SCORR,L} = F_L + S_{TERRENO,ATTIVA,L}$$

c. VERIFICA A CARICO LIMITE

In accordo con quanto previsto dalle NTC18, la verifica a carico limite verticale risulta essere soddisfatta se:

$$R \leq Q_{lim}$$

In cui R è la risultante di tutte le forze agenti sul piano di posa della fondazione; mentre Q_{lim} è il carico limite verticale valutato con la formula trinomia di Terzaghi. Questa fornisce un carico limite a m^2 , q_{lim} .

$$q_{lim} = N_q \gamma_1 D + N_c c + N_\gamma \gamma_2 B/2$$

in cui:

- N_q , N_c , N_γ , sono i coefficienti di carico limite definiti in funzione dell'angolo di attrito interno del terreno;

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

- γ_1 : peso per unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione (posto pari al peso per unità di volume del terreno in esame, tenendo in conto della falda, come definito nel §4.3, $\gamma'_1 = 10\text{kN/m}^3$);
- D: è la profondità del piano di posa (posta pari all'altezza del blocco $H = 2,5\text{m}$);
- c: coesione del terreno (pari a zero per il terreno in esame);
- γ_2 : peso per unità di volume del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione (posto pari al peso per unità di volume del terreno in esame, tenendo in conto della falda, come definito nel §4.3, $\gamma'_2 = 10\text{kN/m}^3$);
- B: larghezza della fondazione (posta pari alla dimensione nella direzione x, $LX = 2,5\text{m}$).

La formulazione del carico limite così definita sarà necessario correggerla in funzione della forma della fondazione, della eccentricità del carico, della inclinazione del carico e della presenza della falda. A tal proposito, nelle verifiche che verranno esposte di seguito, si esplicheranno i coefficienti correttivi utilizzati nel caso in esame. Di seguito si espongono invece le formulazioni utilizzate per la valutazione di tali coefficienti.

Forma della fondazione

| Forma della fondazione | Rettangolo di lati B ed L ($B < L$) | Quadrato , Cerchio ($B = L$) |
|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| ζ_q | $1 + \frac{B}{L} \cdot \tan(\varphi)$ | $1 + \tan(\varphi)$ |
| ζ_c | $1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$ | $1 + \frac{N_q}{N_c}$ |
| ζ_γ | $1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$ | 0,6 |

Eccentricità del carico

Se la risultante dei carichi applicati in fondazione non passa per il baricentro dell'area di impronta della fondazione stessa, si tiene conto di tale eccentricità considerando una fondazione di dimensioni ridotte.

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 60 |

$$Q_{lim} = q_{ult} B' L'$$

con $B' = B - 2 e_B$

$$L' = L - 2 e_L$$

Inclinazione del carico

| Forma della fondazione | Incoerente | Coesivo | Dotato di attrito e coesione |
|------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ξ_q | $[1 - \tan(\delta)]^m$ | 1 | $\left[1 - \frac{q_H}{q_V + c \cdot \cotan(\varphi)}\right]^m$ |
| ξ_c | – | $1 - \frac{m \cdot q_H}{N_c \cdot c}$ | $\xi_q - \frac{1 - \xi_q}{N_c \cdot \tan(\varphi)}$ |
| ξ_γ | $[1 - \tan(\delta)]^{(m+1)}$ | – | $\left[1 - \frac{q_H}{q_V + c \cdot \cotan(\varphi)}\right]^{(m+1)}$ |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

11. VERIFICA STRUTTURA METALLICA

In rispetto alla vigente normativa per le verifiche si è fatto ricorso al c.d. NTC 18.

In relazione alle analisi condotte, con riferimento alla geometria della struttura, ai vincoli esterni ed interni, alla sezione dei profili, ai materiali utilizzati ed ai carichi agenti, risulta un grado di cimento complessivo massimo delle membrature strutturali mai superiore al 70%.

Si riporta di seguito un'immagine riassuntiva delle verifiche effettuate

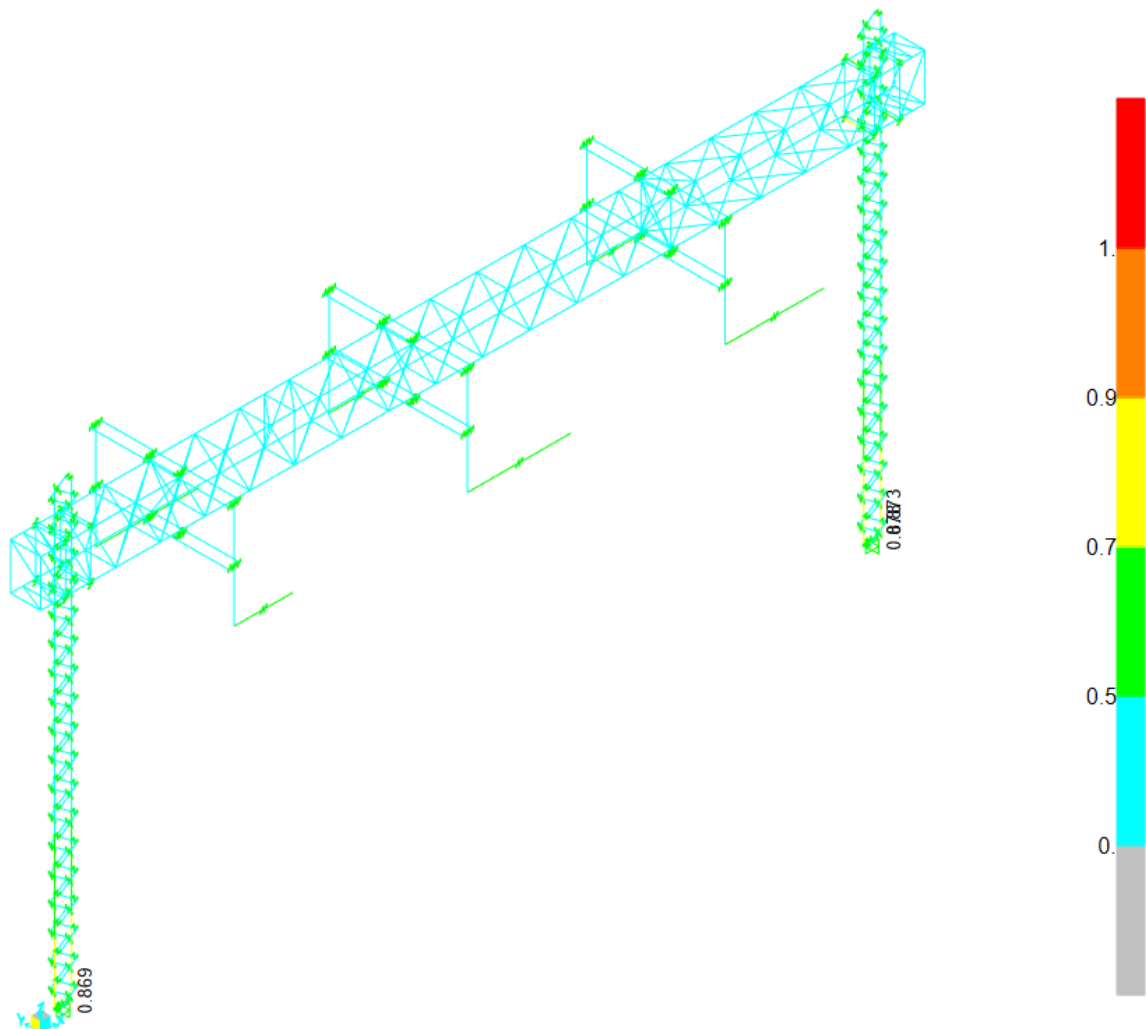


Figura 13 – Verifiche strutturali

Di seguito si esamineranno gli elementi strutturali componenti il portale in questione, riportando le verifiche per quelli maggiormente sollecitati.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|--------------|------------|----------|-----------|
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 00 | 002 | A | 62 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

a. PALI LSU-24

Si riportano di seguito delle immagini sintetizzanti le verifiche sugli elementi componenti il pilone più sollecitato. Successivamente si riporteranno i dettagli delle verifiche effettuate per i due elementi monodimensionali per i quali le stesse risultano meno soddisfatte, uno per ogni tipologia di profilato presente.

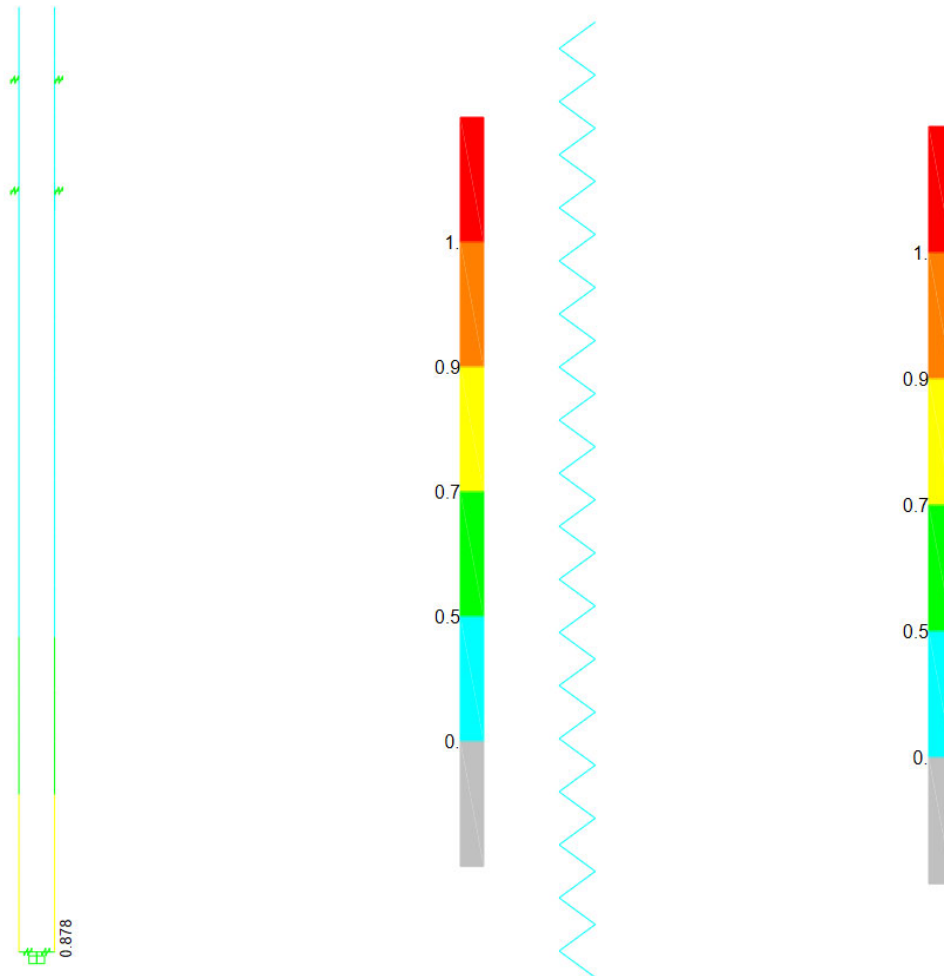
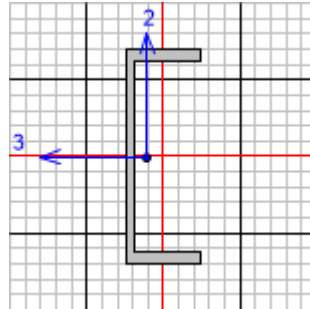


Figura 14 – Verifiche strutturali per il palo LSU_24 più sollecitato

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|----------|--------------------|----|-------|-----|--------|----|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 64 |

i.UPN-240



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 367 X Mid: 18.165 Combo: STR4_C Design Type: Column
 Length: 0.265 Y Mid: 0.32 Shape: UPN240 Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 0. Z Mid: 0.133 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes
 Ignore Seismic Code? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1. GammaM2=1.25
 q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.004 eNy=0. eNz=0.
 A=0.004 Iyy=3.717E-05 iyy=0.093 Wel,yy=3.098E-04 Weff,yy=3.098E-04
 It=0. Izz=2.867E-06 izz=0.026 Wel,zz=1.186E-04 Weff,zz=1.186E-04
 Iw=0. Iyz=0. h=0.24 Wpl,yy=3.684E-04 Av,y=0.002
 E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=8.514E-05 Av,z=0.002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|----------|---------|--------|---------|--------|--------|
| 0. | -142.781 | -96.824 | 0.096 | -11.688 | -1.948 | -0.099 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0.878 = 0.098 + 0.777 + 0.003 < 0.95 OK
 = (Ned/NRd) + (My,Ed/My,Rd) + (Mz,Ed/Mz,Rd) (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd | | | |
|--------------|----------|----------|-------------|-----------|-------|-------------|
| | Force | Capacity | Capacity | | | |
| Axial | -142.781 | 1463.107 | 1463.107 | | | |
| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag | |
| | 1463.107 | 1589.058 | 68564.592 | 67669.015 | 1. | |
| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | c | 0.49 | 1097065.196 | 0.037 | 0.461 | 1. 1536.263 |
| MajorB (y-y) | c | 0.49 | 1097065.196 | 0.037 | 0.461 | 1. 1536.263 |
| Minor (z-z) | c | 0.49 | 84615.453 | 0.135 | 0.493 | 1. 1536.263 |
| MinorB (z-z) | c | 0.49 | 84615.453 | 0.135 | 0.493 | 1. 1536.263 |
| Torsional TF | c | 0.49 | 67669.015 | 0.151 | 0.499 | 1. 1536.263 |

MOMENT DESIGN

| Med | Med, span | Mm,Ed | Meq,Ed |
|--------|-----------|--------|--------|
| Moment | Moment | Moment | Moment |
| | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 65 |

Major (y-y) -96.824 -96.824 -95.282 -95.59
Minor (z-z) 0.096 0.613 0.354 0.406

Mc,Rd Capacity Mv,Rd Capacity Mn,Rd Capacity Mb,Rd Capacity
Major (y-y) 124.545 124.545 124.545 130.773
Minor (z-z) 28.787 28.787 28.787

LTB Curve AlphaLT d 0.76 LambdaBarLT 0.125 PhiLT 0.479 ChiLT 1. Iw 0. Mcr 8335.086

Factors kw 1. Psi 1.017 C2 0. C3 0.996
za 0.12 zs 0. zg 0.12 zz 0. zj 0.

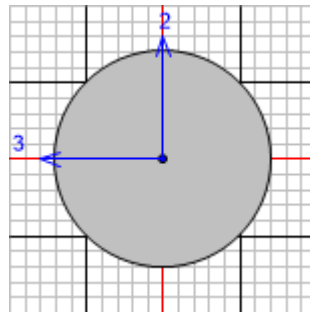
Factors kyy 0.972 kyz 0.395 kzy 0.735 kzz 0.659

SHEAR DESIGN

Ved Force 11.688 Ted Torsion 0.099 Vc,Rd Capacity 396.84 Stress Ratio 0.029 Status Check OK
Minor (y) 1.948 0.099 447.885 0.004 OK

Reduction Vpl,Rd 396.84 Eta 1. LambdabarW 0.253

ii.Tondo fi 24



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 112 X Mid: 0.795 Combo: STR6_C Design Type: Brace
Length: 0.447 Y Mid: 0.43 Shape: TraliccLSU Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.224 Z Mid: 0.133 Class: Class 2 Rolled : No

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1. GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=4.524E-04 eNy=0. eNz=0.
A=4.524E-04 Iyy=0. iyy=0.006 Wel,yy=1.357E-06 Weff,yy=1.357E-06
It=0. Izz=0. izz=0.006 Wel,zz=1.357E-06 Weff,zz=1.357E-06
Iw=0. Iyz=0. h=0.024 Wpl,yy=2.304E-06 Av,y=4.072E-04

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 66 |

E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=2.304E-06 Av,z=4.072E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0.224 | -6.404 | 0.002 | 0.002 | -0.133 | 0.143 | 0.015 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.32)

D/C Ratio: 0.106 = 0.072 + sqrt[(0.029)^2 + (0.017)^2] < 0.95 OK
 = Ned / (Chi_min (fyk*A) / GammaM1)
 + sqrt[((My,Ed) / (Chi_LT ((fyk*Wy) / GammaM1) * (1-Ned/Ncr,y)))^2
 + ((Mz,Ed) / ((fyk*Wz) / GammaM1) * (1-Ned/Ncr,z))^2] (NTC Eq C4.2.32)

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|---------|---------|-----------|---------|-------|
| Axial | -6.404 | 152.951 | 152.951 | 152.951 | 166.117 | 36539.139 | 168.921 | 1. |
| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd | | |
| Major (y-y) | c 0.49 | 168.921 | 0.975 | 1.165 | 0.555 | 89.059 | | |
| MajorB(y-y) | c 0.49 | 168.921 | 0.975 | 1.165 | 0.555 | 89.059 | | |
| Minor (z-z) | c 0.49 | 168.921 | 0.975 | 1.165 | 0.555 | 89.059 | | |
| MinorB(z-z) | c 0.49 | 168.921 | 0.975 | 1.165 | 0.555 | 89.059 | | |
| Torsional TF | c 0.49 | 168.921 | 0.975 | 1.165 | 0.555 | 89.059 | | |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med,span Moment | Mm,Ed Moment | Meq,Ed Moment | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mn,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity |
|-------------|---------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Major (y-y) | 0.002 | 0.031 | 0.002 | 0.023 | 0.779 | 0.779 | 0.779 | 0.818 |
| Minor (z-z) | 0.002 | 0.034 | 0.002 | 0.014 | 0.779 | 0.779 | 0.779 | 0.818 |
| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | Iw | Mcr | | |
| LTB | d 0.76 | 0.189 | 0.514 | 1. | 0. | 22.833 | | |
| Factors | kw | Psi | C2 | C3 | zj | | | |
| | 1. | 1.132 | 0.459 | 0.525 | 0. | | | |
| | za 0.012 | zs 0. | zg 0.012 | zz 0. | zj 0. | | | |
| Factors | kyy | kyz | kzy | kzz | | | | |
| | 0.422 | 0.253 | 0.253 | 0.422 | | | | |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 0.133 | 0.015 | 79.475 | 0.002 | OK |
| Minor (y) | 0.143 | 0.015 | 79.475 | 0.002 | OK |
| Reduction | Vpl,Rd | Eta | LambdaBarW | | |
| | 79.475 | 1. | 0. | | |

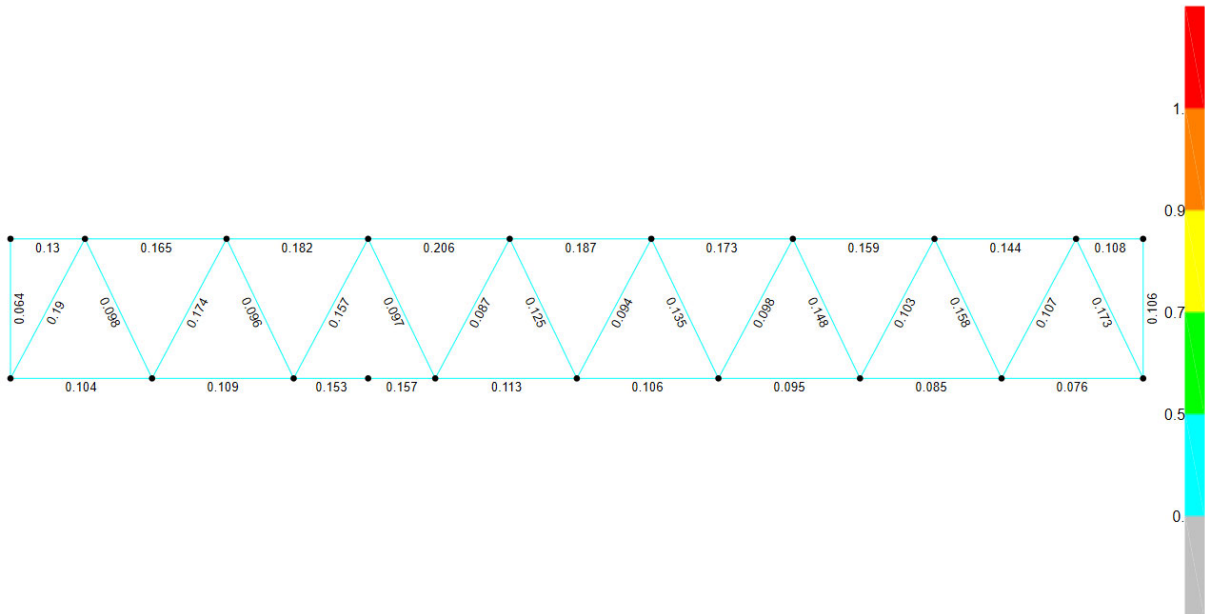
**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 67 |

b. TRAVE RETICOLARE

Si riportano di seguito delle immagini sintetizzanti le verifiche sugli elementi componenti le travature verticali e orizzontali più sollecitate. Successivamente si riporteranno i dettagli delle verifiche effettuate per i quattro elementi monodimensionali per i quali le stesse risultano meno soddisfatte, uno per ogni tipologia di profilato presente.

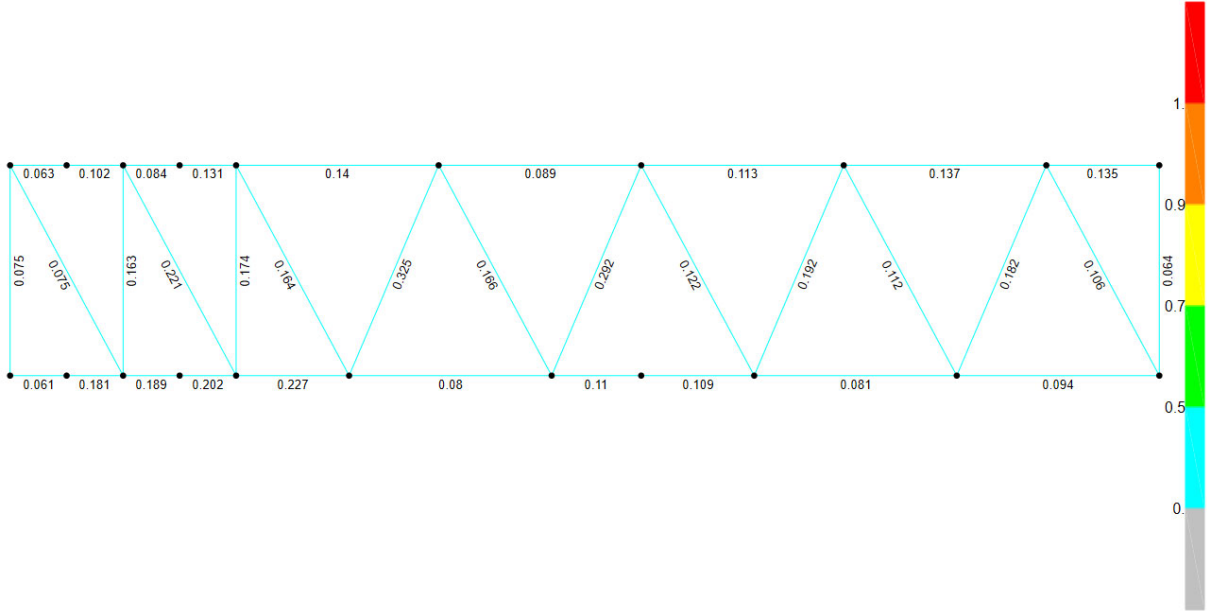
Elemento C2



Elemento L3

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 68 |



Elemento L3

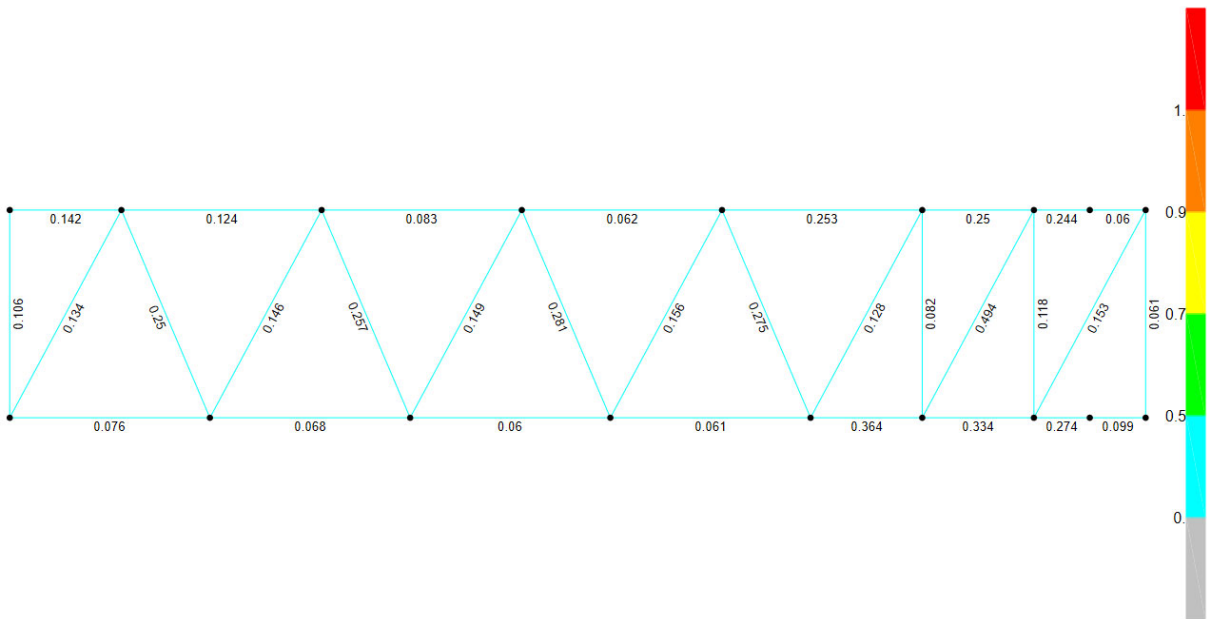


Figura 15 – Verifiche strutturali elementi trave

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA L10B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A |

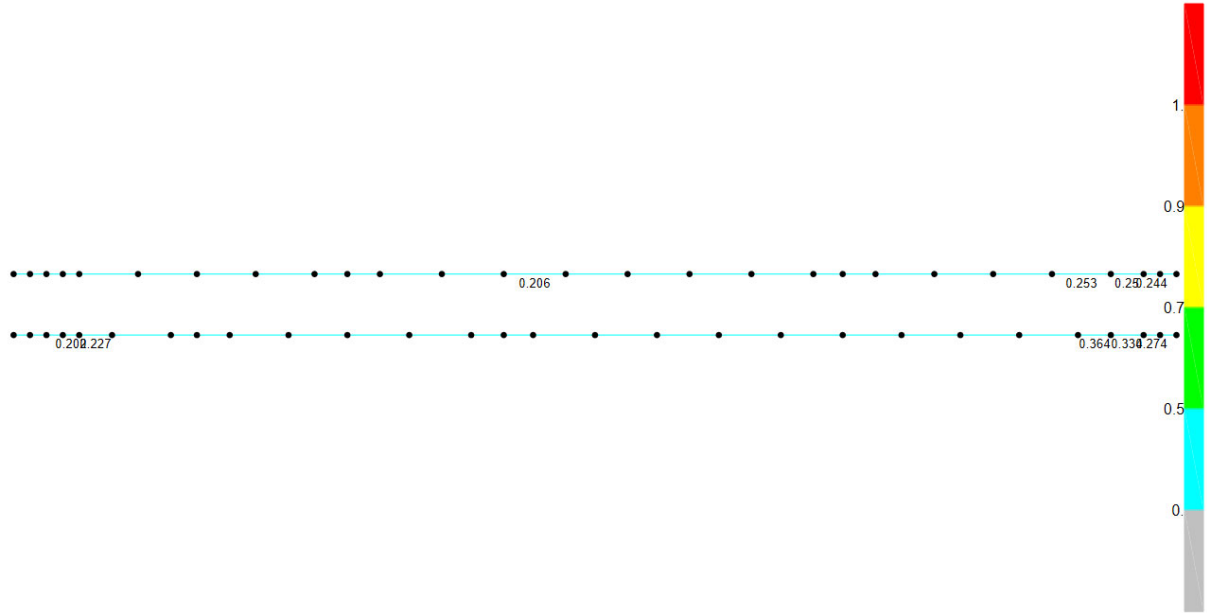


Figura 16 – Verifiche strutturali elementi L100x100x12

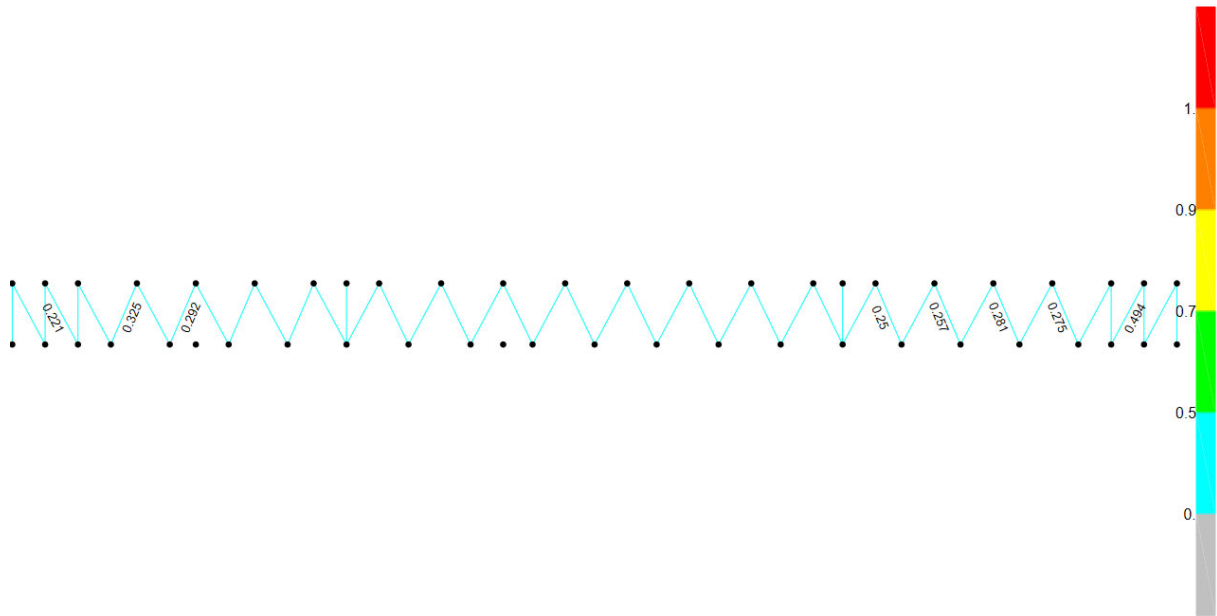


Figura 17 – Verifiche strutturali elementi L50x50x5

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 70 |

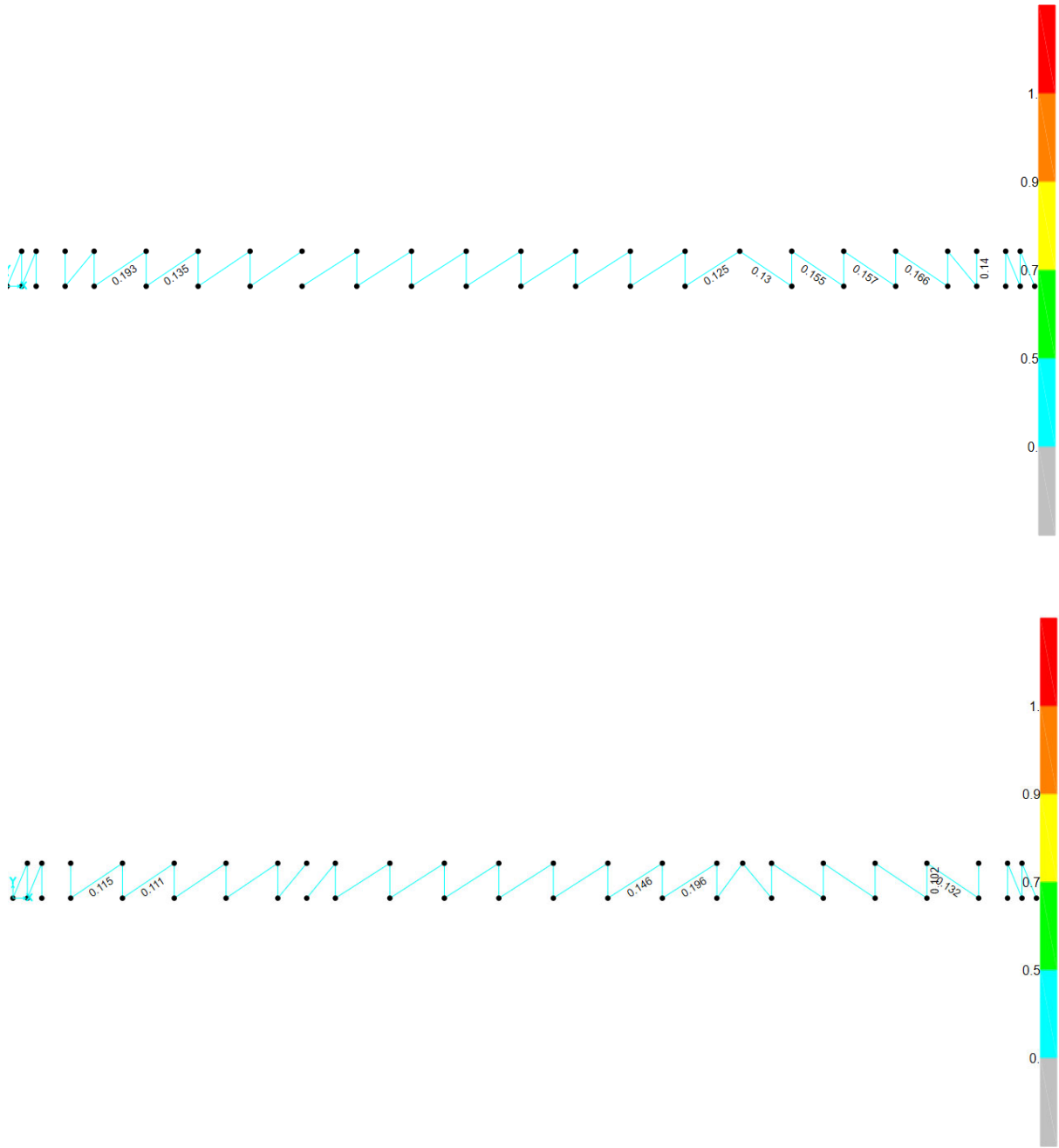
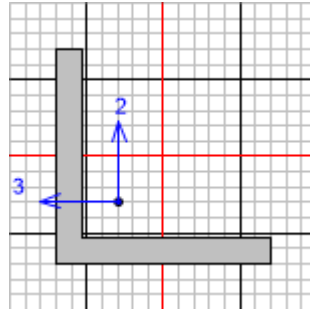


Figura 18 – Verifiche strutturali elementi 45x45x4.5

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 71 |

i.L100x100x12



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 267 X Mid: 17.455 Combo: STR4_B Design Type: Beam
 Length: 0.53 Y Mid: 0.64 Shape: L100x100x12 Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 0.53 Z Mid: 7.75 Class: Class 3 Rolled : No

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes
 Ignore Seismic Code? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1. GammaM2=1.25
 q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.002 eNy=0. eNz=0.
 A=0.002 Iyy=2.100E-06 iyy=0.031 Wel,yy=2.975E-05 Weff,yy=2.975E-05
 It=0. Izz=2.100E-06 izz=0.031 Wel,zz=2.975E-05 Weff,zz=2.975E-05
 Iw=0. Iyz=-1.236E-06 h=0.1 Wpl,yy=5.361E-05 Av,y=0.001
 E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=5.361E-05 Av,z=0.001

Iyz=-1.236E-06 Imax=3.336E-06 imax=0.038 Wel,zz,maj=5.019E-05
 Rot= 45. deg Imin=0. imin=0.02 Wel,zz,min=2.079E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 0.53 | -37.006 | 1.483 | 1.999 | -3.308 | -4.151 | 8.109E-05 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0.395 = 0.049 + 0.147 + 0.199 < 0.95 OK
 = (Ned/NRd) + (My,Ed/My,Rd) + (Mz,Ed/Mz,Rd) (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity |
|-------|--------------|-------------------|-------------------|
| Axial | -37.006 | 762.743 | 762.743 |

| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|--|---------|---------|----------|----------|-------|
| | 762.743 | 828.403 | 3017.697 | 2876.671 | 1. |

| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
|--------------|--------|-----------|-----------|-------|-------|---------|
| Major (y-y) | b 0.34 | 24613.687 | 0.18 | 0.513 | 1. | 800.88 |
| MajorB (y-y) | b 0.34 | 24613.687 | 0.18 | 0.513 | 1. | 800.88 |
| Minor (z-z) | b 0.34 | 6377.836 | 0.354 | 0.589 | 0.944 | 755.876 |
| MinorB (z-z) | b 0.34 | 6377.836 | 0.354 | 0.589 | 0.944 | 755.876 |
| Torsional TF | b 0.34 | 2876.671 | 0.528 | 0.695 | 0.872 | 698.178 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA LC 00 00 | | PROGR 002 | REV A |

MOMENT DESIGN

| | | | | | | |
|-------------|---------------|-------------|----------|----------|----|---------|
| | Med | Med, span | Mm, Ed | Meq, Ed | | |
| | Moment | Moment | Moment | Moment | | |
| Major (y-y) | 1.483 | 1.483 | 0.607 | 0.782 | | |
| Minor (z-z) | 1.999 | 1.999 | 0.915 | 1.132 | | |
| | Mc, Rd | Mv, Rd | Mn, Rd | Mb, Rd | | |
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity | | |
| Major (y-y) | 10.058 | 10.058 | 10.058 | 10.062 | | |
| Minor (z-z) | 10.058 | 10.058 | 10.058 | | | |
| | Curve AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | Iw | Mcr |
| LTB | d 0.76 | 0.261 | 0.557 | 0.953 | 0. | 154.997 |

Warning: The equation to calculate Mcr is not applicable to Angle section
Please be aware of the assumptions made by the program

| | | | | | | |
|---------|-------|--------|-------|-------|--------|--|
| Factors | kw | Psi | C2 | C3 | | |
| | 1. | 1.951 | 0. | 0.876 | | |
| | za | zs | zg | zz | zj | |
| | 0.071 | -0.023 | 0.093 | 0. | -0.061 | |

| | | | | | |
|---------|------|-------|-------|-------|--|
| Factors | kyy | kyz | kzy | kzz | |
| | 0.53 | 0.572 | 0.997 | 0.572 | |

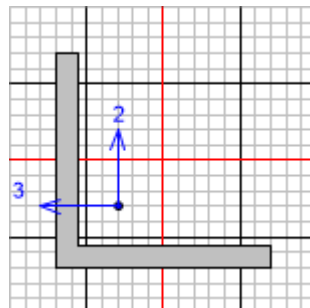
SHEAR DESIGN

| | | | | | |
|-----------|---------|-----------|------------|--------|--------|
| | Ved | Ted | Vc, Rd | Stress | Status |
| | Force | Torsion | Capacity | Ratio | Check |
| Major (z) | 3.308 | 8.109E-05 | 234.239 | 0.014 | OK |
| Minor (y) | 4.151 | 8.109E-05 | 234.239 | 0.018 | OK |
| | Vpl, Rd | Eta | LambdabarW | | |
| Reduction | 234.239 | 1. | 0. | | |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | | |
|------------|--------|--------|
| | VMajor | VMajor |
| | Left | Right |
| Major (V2) | 3.308 | 3.308 |

ii.L50x50x5



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 831 X Mid: 17.985 Combo: STR4_B Design Type: Brace
Length: 1.119 Y Mid: 0. Shape: L50x50x5 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0. Z Mid: 8.243 Class: Class 4 Rolled : No

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 73 |

Consider Torsion? No
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

GammaM0=1.05 GammaM1=1. GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=4.750E-04 eNy=0. eNz=0.
A=4.750E-04 Iyy=0. iyy=0.015 Wel,yy=3.155E-06 Weff,yy=3.155E-06
It=0. Izz=0. izz=0.015 Wel,zz=3.155E-06 Weff,zz=3.155E-06
Iw=0. Iyz=0. h=0.05 Wpl,yy=5.684E-06 Av,y=2.500E-04
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=5.684E-06 Av,z=2.500E-04

Iyz=0. Imax=0. imax=0.019 Wel,zz,maj=5.333E-06
Rot= 45. deg Imin=0. imin=0.01 Wel,zz,min=2.263E-06

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|---------|--------|--------|-------|--------|------------|
| 0. | -28.601 | 0. | 0. | 0. | -0.013 | -2.799E-05 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.494 = 0.49 + 0. + 0.004 < 0.95 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1) + kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|--------------|-----------|----------------|----------------|-----------|--------|---------|---------|-------|
| Axial | -28.601 | 160.595 | 160.595 | 160.595 | 174.42 | 409.162 | 211.976 | 1. |
| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd | |
| Major (y-y) | b | 0.34 | 296.722 | 0.754 | 0.878 | 0.752 | 126.882 | |
| MajorB (y-y) | b | 0.34 | 296.722 | 0.754 | 0.878 | 0.752 | 126.882 | |
| Minor (z-z) | b | 0.34 | 76.023 | 1.489 | 1.828 | 0.346 | 58.377 | |
| MinorB (z-z) | b | 0.34 | 76.023 | 1.489 | 1.828 | 0.346 | 58.377 | |
| Torsional TF | b | 0.34 | 211.976 | 0.892 | 1.015 | 0.666 | 112.369 | |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med,span Moment | Mm,Ed Moment | Meq,Ed Moment | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mn,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity |
|-------------|------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Major (y-y) | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.067 | 1.067 | 1.067 | 0.947 |
| Minor (z-z) | 0. | 0.004 | 0.002 | 0.003 | 1.067 | 1.067 | 1.067 | |
| | Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | Iw | Mcr | |
| LTB | d | 0.76 | 0.407 | 0.662 | 0.845 | 0. | 6.758 | |

Warning: The equation to calculate Mcr is not applicable to Angle section
***Please be aware of the assumptions made by the program ***

| Factors | kw | Psi | C2 | C3 | zj |
|---------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | 1. | 1.75 | 0. | 0.941 | |
| | za | zs | zg | zz | |
| | 0.036 | -0.012 | 0.047 | 0. | -0.031 |
| | kyk | | kyz | kzy | kzz |

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 74 |

Factors 1.102 1.229 0.967 1.229

SHEAR DESIGN

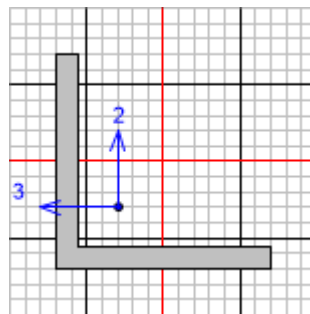
| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 0. | 2.799E-05 | 48.8 | 0. | OK |
| Minor (y) | 0.013 | 2.799E-05 | 48.8 | 0. | OK |

| | Vpl,Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|--------|-----|------------|
| Reduction | 48.8 | 1. | 0. |

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

| | P Comp | P Tens |
|-------|-----------|-----------|
| Axial | -28.601 | 0. |

iii.L45x45x4,5



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 794 X Mid: 12.416 Combo: STR4_C Design Type: Beam
Length: 1.187 Y Mid: 0.32 Shape: L45x45x4.5 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 1.187 Z Mid: 8.735 Class: Class 4 Rolled : No

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1. GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=3.848E-04 eNy=0. eNz=0.
A=3.848E-04 Iyy=0. iyy=0.014 Wel,yy=2.300E-06 Weff,yy=2.300E-06
It=0. Izz=0. izz=0.014 Wel,zz=2.300E-06 Weff,zz=2.300E-06
Iw=0. Iyz=0. h=0.045 Wpl,yy=4.144E-06 Av,y=2.025E-04
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=4.144E-06 Av,z=2.025E-04

Iyz=0. Imax=0. imax=0.017 Wel,zz,maj=3.888E-06
Rot= 45. deg Imin=0. imin=0.009 Wel,zz,min=1.649E-06

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|------------|
| 1.187 | -6.677 | 0. | 0. | -0.023 | 0. | -9.177E-06 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 75 |

D/C Ratio: $0.196 = 0.186 + 0.01 + 0. < 0.95$ OK
 $= \frac{NEd}{(Chi_z NRk/\Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(My, Ed+NEd eNy)}{(Chi_LT My, Rk/\Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(Mz, Ed+NEd eNz)}{(Mz, Rk/\Gamma_{M1})}$ (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity | | | | |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-----------|-------|-------|--------|
| Axial | -6.677 | 130.082 | 130.082 | | | | |
| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag | | |
| | 130.082 | 141.28 | 331.049 | 136.896 | 1. | | |
| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | b | 0.34 | 172.792 | 0.889 | 1.012 | 0.668 | 91.266 |
| MajorB (y-y) | b | 0.34 | 172.792 | 0.889 | 1.012 | 0.668 | 91.266 |
| Minor (z-z) | b | 0.34 | 44.271 | 1.756 | 2.307 | 0.263 | 35.913 |
| MinorB (z-z) | b | 0.34 | 44.271 | 1.756 | 2.307 | 0.263 | 35.913 |
| Torsional TF | b | 0.34 | 136.896 | 0.999 | 1.135 | 0.598 | 81.643 |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med, span Moment | Mm, Ed Moment | Meq, Ed Moment | | | |
|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------|----|-------|
| Major (y-y) | 0. | -0.006 | -0.004 | 0.005 | | | |
| Minor (z-z) | 0. | 0. | 0. | 0. | | | |
| | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mn,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity | | | |
| Major (y-y) | 0.778 | 0.778 | 0.778 | 0.599 | | | |
| Minor (z-z) | 0.778 | 0.778 | 0.778 | | | | |
| | Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | Iw | Mcr |
| LTB | d | 0.76 | 0.565 | 0.798 | 0.734 | 0. | 2.556 |

Warning: The equation to calculate Mcr is not applicable to Angle section
 ***Please be aware of the assumptions made by the program ***

| Factors | kw | Psi | C2 | C3 | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--|
| | 1. | 1.132 | 0.459 | 0.525 | | |
| | za | zs | zg | zz | zj | |
| | 0.032 | -0.01 | 0.043 | 0. | -0.028 | |

| Factors | kyy | kzy | kzy | kzz |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.987 | 1.112 | 0.987 | 1.112 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 0.023 | 9.177E-06 | 39.528 | 0.001 | OK |
| Minor (y) | 0. | 9.177E-06 | 39.528 | 0. | OK |

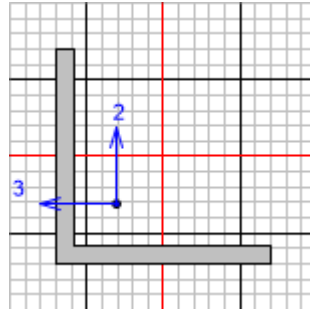
| | Vpl,Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|--------|-----|------------|
| Reduction | 39.528 | 1. | 0. |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| Major (V2) | 0.023 | 0.023 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

iv.L60x60x5



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 802 X Mid: 5.39 Combo: STR4_C Design Type: Beam
 Length: 0.64 Y Mid: 0.32 Shape: L60x60x5 Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 0.64 Z Mid: 7.75 Class: Class 4 Rolled : No

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes
 Ignore Seismic Code? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1. GammaM2=1.25
 q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=5.699E-04 eNy=-1.267E-04 eNz=-1.267E-04
 A=5.750E-04 Iyy=0. iyy=0.019 Wel,yy=4.613E-06 Weff,yy=4.613E-06
 It=0. Izz=0. izz=0.019 Wel,zz=4.613E-06 Weff,zz=4.613E-06
 Iw=0. Iyz=0. h=0.06 Wpl,yy=8.310E-06 Av,y=3.000E-04
 E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=8.310E-06 Av,z=3.000E-04

Iyz=0. Imax=0. imax=0.023 Wel,zz,maj=7.808E-06
 Rot= 45. deg Imin=0. imin=0.012 Wel,zz,min=3.387E-06

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|--------|--------|-------|--------|-----------|
| 0.64 | -4.689 | 0. | 0. | 0. | -0.018 | 3.397E-05 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.41)

D/C Ratio: 0.032 = 0.032 < 0.95 OK
 = (Ned/Nb,Rd) (NTC Eq 4.2.41)

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity |
|-------|--------------|-------------------|-------------------|
| Axial | -4.689 | 192.695 | 194.405 |

| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|--|---------|--------|---------|---------|-------|
| | 194.405 | 211.14 | 345.357 | 316.415 | 1. |

| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
|--------------|-------|------|-----------|-------|-------|-------|
| Major (y-y) | b | 0.34 | 1606.318 | 0.355 | 0.589 | 0.944 |
| MajorB(y-y) | b | 0.34 | 1606.318 | 0.355 | 0.589 | 0.944 |
| Minor (z-z) | b | 0.34 | 408.395 | 0.704 | 0.833 | 0.782 |
| MinorB(z-z) | b | 0.34 | 408.395 | 0.704 | 0.833 | 0.782 |
| Torsional TF | b | 0.34 | 316.415 | 0.8 | 0.922 | 0.725 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 77 |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med, span Moment | Mm, Ed Moment | Meq, Ed Moment | | | |
|-------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------|----------|--------------|
| Major (y-y) | 0. | 0. | 0. | 0. | | | |
| Minor (z-z) | 0. | -0.003 | -0.001 | 0.002 | | | |
| | Mc, Rd Capacity | Mv, Rd Capacity | Mn, Rd Capacity | Mb, Rd Capacity | | | |
| Major (y-y) | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.35 | | | |
| Minor (z-z) | 1.56 | 1.56 | 1.56 | | | | |
| LTB | Curve d | AlphaLT 0.76 | LambdaBarLT 0.436 | PhiLT 0.685 | ChiLT 0.825 | Iw 0. | Mcr 8.611 |

Warning: The equation to calculate Mcr is not applicable to Angle section
 Please be aware of the assumptions made by the program

| Factors | kw | Psi | C2 | C3 | | |
|---------|-------|--------|-------|-------|--------|--|
| | 1. | 1.75 | 0. | 0.941 | | |
| | za | zs | zg | zz | zj | |
| | 0.043 | -0.014 | 0.057 | 0. | -0.039 | |
| Factors | kyy | kyz | kzy | kzz | | |
| | 1.005 | 0.962 | 0.999 | 0.962 | | |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc, Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 0. | 3.397E-05 | 58.56 | 0. | OK |
| Minor (y) | 0.018 | 3.397E-05 | 58.56 | 0. | OK |
| Reduction | Vpl, Rd | Eta | LambdabarW | | |
| | 58.56 | 1. | 0. | | |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| Major (V2) | 0. | 0. |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 78 |

12. VERIFICA FONDAZIONE

Per le verifiche geotecniche e di resistenza della struttura in fondazione si è fatto ricorso a fogli di calcolo sviluppati ad hoc.

Come già presentato in precedenza, di seguito le reazioni alla base del sostegno per le diverse combinazioni di carico, ricordando la nomenclatura numerica di tali nodi descritta visivamente nei capitoli precedenti:

| REAZIONI ALLA BASE PER VERIFICHE GEOTECNICHE | | | | | | | |
|----------------------------------------------|---------|-----------------------|------------------------|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| NODO | COMBIN. | F _L - Long | F _H - Trasv | N - Vert | M _L - Long | M _H - Trasv | M _{torcente} |
| | | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| 103 | GEO1_A | -3.692 | -0.007666 | 31.524 | -0.5394 | -24.5763 | -0.0713 |
| 103 | GEO2_B | -5.756 | -0.008859 | 34.417 | -0.6305 | -31.7024 | -0.0829 |
| 103 | GEO3_B | -7.763 | -0.008263 | 32.429 | -0.6038 | -37.978 | -0.0773 |
| 103 | GEO4_B | -13.944 | -0.008485 | 29.559 | -0.6428 | -66.9599 | -0.0789 |
| 103 | GEO5_A | -9.018 | -0.01 | 39.184 | -0.7274 | -42.6461 | -0.1011 |
| 103 | GEO6_B | -3.693 | -11.682 | 31.522 | 84.5189 | -24.5849 | -0.6692 |
| 103 | GEO7_B | -10.87 | -8.18 | 30.147 | 58.929 | -54.2508 | -0.4952 |
| 103 | GEO8_B | -1.75 | -0.008277 | 33.935 | -0.5713 | -16.2397 | -0.0772 |
| 103 | GEO9_B | -6.026 | -0.008263 | 32.739 | -0.593 | -32.3559 | -0.0772 |
| 103 | EQU1_A | -4.748 | -0.007798 | 30.139 | -0.5489 | -29.5686 | -0.0726 |
| 103 | EQU2_B | -7.13 | -0.009174 | 33.476 | -0.6539 | -37.791 | -0.0859 |
| 103 | EQU3_B | -9.445 | -0.008486 | 31.183 | -0.6232 | -45.0321 | -0.0796 |
| 103 | EQU4_B | -16.578 | -0.008742 | 27.871 | -0.6682 | -78.4727 | -0.0814 |
| 103 | EQU5_A | -10.894 | -0.011 | 38.977 | -0.7658 | -50.4183 | -0.107 |
| 103 | EQU6_B | -4.75 | -13.478 | 30.135 | 97.5953 | -29.5786 | -0.7625 |
| 103 | EQU7_B | -13.03 | -9.437 | 28.549 | 68.0685 | -63.8084 | -0.5617 |
| 103 | EQU8_A | -1.943 | -0.007865 | 31.479 | -0.5423 | -16.7169 | -0.0734 |
| 103 | EQU9_B | -7.442 | -0.008486 | 31.54 | -0.6108 | -38.5451 | -0.0794 |
| 103 | GEO1_B | -3.692 | -0.007666 | 31.524 | -0.5394 | -24.5763 | -0.0713 |
| 103 | GEO4_C | -12.368 | -0.008266 | 29.877 | -0.6224 | -59.4056 | -0.077 |
| 103 | GEO5_B | -9.018 | -0.01 | 39.184 | -0.7274 | -42.6461 | -0.1011 |
| 103 | GEO6_C | -3.695 | -23.356 | 31.519 | 169.5772 | -24.5935 | -1.2672 |
| 103 | GEO7_C | -9.767 | -16.352 | 30.367 | 118.4841 | -48.9689 | -0.9124 |
| 103 | GEO8_A | -1.75 | -0.008277 | 33.935 | -0.5713 | -16.2397 | -0.0772 |
| 103 | EQU1_B | -4.748 | -0.007798 | 30.139 | -0.5489 | -29.5686 | -0.0726 |
| 103 | EQU4_C | -14.759 | -0.00849 | 28.238 | -0.6447 | -69.7563 | -0.0791 |
| 103 | EQU5_B | -10.894 | -0.011 | 38.977 | -0.7658 | -50.4183 | -0.107 |
| 103 | EQU6_C | -4.751 | -26.948 | 30.132 | 195.7395 | -29.5885 | -1.4524 |
| 103 | EQU7_C | -11.758 | -18.866 | 28.803 | 136.7859 | -57.7139 | -1.043 |
| 103 | EQU8_B | -1.943 | -0.007865 | 31.479 | -0.5423 | -16.7169 | -0.0734 |
| 656 | GEO1_A | -9.828 | 0.007666 | 32.302 | 0.5394 | -40.0306 | -0.0604 |

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 79 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|---------|----------|--------|----------|----------|---------|
| 656 | GEO2_B | -12.972 | 0.008859 | 36.429 | 0.6305 | -49.8797 | -0.0694 |
| 656 | GEO3_B | -14.439 | 0.008263 | 34.907 | 0.6038 | -54.7949 | -0.0647 |
| 656 | GEO4_B | -19.957 | 0.008485 | 34.267 | 0.6428 | -82.0908 | -0.0669 |
| 656 | GEO5_A | -17.076 | 0.01 | 42.382 | 0.7274 | -62.9318 | -0.0787 |
| 656 | GEO6_B | -9.827 | -11.662 | 32.305 | 85.4405 | -39.972 | 0.4477 |
| 656 | GEO7_B | -16.917 | -8.16 | 33.679 | 60.0426 | -69.4317 | 0.2907 |
| 656 | GEO8_B | -8.65 | 0.008277 | 34.481 | 0.5713 | -33.6217 | -0.0651 |
| 656 | GEO9_B | -12.702 | 0.008263 | 34.598 | 0.593 | -49.1722 | -0.0648 |
| 656 | EQU1_A | -10.852 | 0.007798 | 31.496 | 0.5489 | -44.9399 | -0.0614 |
| 656 | EQU2_B | -14.48 | 0.009174 | 36.258 | 0.6539 | -56.3042 | -0.0718 |
| 656 | EQU3_B | -16.172 | 0.008486 | 34.502 | 0.6232 | -61.9756 | -0.0663 |
| 656 | EQU4_B | -22.539 | 0.008742 | 33.763 | 0.6682 | -93.4708 | -0.0689 |
| 656 | EQU5_A | -19.215 | 0.011 | 43.127 | 0.7658 | -71.3644 | -0.0825 |
| 656 | EQU6_B | -10.85 | -13.457 | 31.499 | 98.5117 | -44.8722 | 0.5249 |
| 656 | EQU7_B | -19.032 | -9.417 | 33.085 | 69.2064 | -78.8642 | 0.3438 |
| 656 | EQU8_A | -8.457 | 0.007865 | 32.206 | 0.5423 | -33.1295 | -0.0618 |
| 656 | EQU9_B | -14.168 | 0.008486 | 34.145 | 0.6108 | -55.4878 | -0.0665 |
| 656 | GEO1_B | -9.828 | 0.007666 | 32.302 | 0.5394 | -40.0306 | -0.0604 |
| 656 | GEO4_C | -18.413 | 0.008266 | 33.949 | 0.6224 | -74.6232 | -0.0651 |
| 656 | GEO5_B | -17.076 | 0.01 | 42.382 | 0.7274 | -62.9318 | -0.0787 |
| 656 | GEO6_C | -9.825 | -23.331 | 32.308 | 170.3416 | -39.9134 | 0.9559 |
| 656 | GEO7_C | -15.836 | -16.329 | 33.459 | 119.4591 | -64.1633 | 0.6477 |
| 656 | GEO8_A | -8.65 | 0.008277 | 34.481 | 0.5713 | -33.6217 | -0.0651 |
| 656 | EQU1_B | -10.852 | 0.007798 | 31.496 | 0.5489 | -44.9399 | -0.0614 |
| 656 | EQU4_C | -20.758 | 0.00849 | 33.397 | 0.6447 | -84.8544 | -0.0668 |
| 656 | EQU5_B | -19.215 | 0.011 | 43.127 | 0.7658 | -71.3644 | -0.0825 |
| 656 | EQU6_C | -10.849 | -26.922 | 31.503 | 196.4746 | -44.8046 | 1.1113 |
| 656 | EQU7_C | -17.784 | -18.843 | 32.831 | 137.7639 | -72.7853 | 0.7557 |
| 656 | EQU8_B | -8.457 | 0.007865 | 32.206 | 0.5423 | -33.1295 | -0.0618 |

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 80 |

a. VERIFICA A RIBALTAMENTO

Nodo 103

VERIFICA A RIBALTAMENTO

| | <i>in senso ortogonale ai binari</i> | | |
|----------------|--------------------------------------|----------------|----------|
| | M _R | M _S | VERIFICA |
| | [kNm] | [kNm] | [-] |
| EQU 1_A | -35.2 | 1170.6 | 3% |
| EQU 5_A | -121.5 | 1166.7 | 10% |
| EQU 8_A | -14.7 | 1173.0 | 1% |
| EQU 1_B | -35.2 | 1170.6 | 3% |
| EQU 2_B | -52.6 | 1176.5 | 4% |
| EQU 3_B | -69.5 | 1172.4 | 6% |
| EQU 4_B | -121.5 | 1166.7 | 10% |
| EQU 5_B | -80.2 | 1186.1 | 7% |
| EQU 6_B | 63.0 | 1170.6 | 5% |
| EQU 7_B | -26.9 | 1167.8 | 2% |
| EQU 8_B | -14.7 | 1173.0 | 1% |
| EQU 9_B | -54.9 | 1173.1 | 5% |
| EQU 4_C | -108.2 | 1167.3 | 9% |
| EQU 6_C | 161.1 | 1170.6 | 14% |
| EQU 7_C | 51.1 | 1168.3 | 4% |

| | <i>in senso parallelo ai binari</i> | | |
|----------------|-------------------------------------|----------------|----------|
| | M _R | M _S | VERIFICA |
| | [kNm] | [kNm] | [-] |
| EQU 1_A | -29.6 | 836.2 | 4% |
| EQU 5_A | -78.5 | 833.3 | 9% |
| EQU 8_A | -16.8 | 837.8 | 2% |
| EQU 1_B | -29.6 | 836.2 | 4% |
| EQU 2_B | -37.9 | 840.3 | 5% |
| EQU 3_B | -45.1 | 837.5 | 5% |
| EQU 4_B | -78.5 | 833.3 | 9% |
| EQU 5_B | -50.5 | 847.2 | 6% |
| EQU 6_B | -127.8 | 836.2 | 15% |
| EQU 7_B | -132.6 | 834.2 | 16% |
| EQU 8_B | -16.8 | 837.8 | 2% |
| EQU 9_B | -38.6 | 837.9 | 5% |
| EQU 4_C | -69.8 | 833.8 | 8% |
| EQU 6_C | -226.0 | 836.1 | 27% |
| EQU 7_C | -195.2 | 834.5 | 23% |

Nodo 656

VERIFICA A RIBALTAMENTO

| | <i>in senso ortogonale ai binari</i> | | |
|----------------|--------------------------------------|----------------|----------|
| | M _R | M _S | VERIFICA |
| | [kNm] | [kNm] | [-] |
| EQU 1_A | -78.6 | 1173.0 | 7% |
| EQU 5_A | -139.3 | 1193.4 | 12% |
| EQU 8_A | -61.1 | 1174.2 | 5% |
| EQU 1_B | -78.6 | 1173.0 | 7% |
| EQU 2_B | -104.9 | 1181.3 | 9% |
| EQU 3_B | -117.3 | 1178.3 | 10% |
| EQU 4_B | -163.6 | 1177.0 | 14% |
| EQU 5_B | -139.3 | 1193.4 | 12% |
| EQU 6_B | 19.4 | 1173.0 | 2% |
| EQU 7_B | -69.5 | 1175.8 | 6% |
| EQU 8_B | -61.1 | 1174.2 | 5% |
| EQU 9_B | -102.7 | 1177.6 | 9% |
| EQU 4_C | -150.7 | 1176.3 | 13% |
| EQU 6_C | 117.4 | 1173.0 | 10% |
| EQU 7_C | 8.1 | 1175.3 | 1% |

| | <i>in senso parallelo ai binari</i> | | |
|----------------|-------------------------------------|----------------|----------|
| | M _R | M _S | VERIFICA |
| | [kNm] | [kNm] | [-] |
| EQU 1_A | -44.9 | 837.9 | 5% |
| EQU 5_A | -71.3 | 852.4 | 8% |
| EQU 8_A | -33.1 | 838.7 | 4% |
| EQU 1_B | -44.9 | 837.9 | 5% |
| EQU 2_B | -56.2 | 843.8 | 7% |
| EQU 3_B | -61.9 | 841.6 | 7% |
| EQU 4_B | -93.4 | 840.7 | 11% |
| EQU 5_B | -71.3 | 852.4 | 8% |
| EQU 6_B | -143.0 | 837.9 | 17% |
| EQU 7_B | -147.5 | 839.8 | 18% |
| EQU 8_B | -33.1 | 838.7 | 4% |
| EQU 9_B | -55.4 | 841.2 | 7% |
| EQU 4_C | -84.8 | 840.2 | 10% |
| EQU 6_C | -241.1 | 837.9 | 29% |
| EQU 7_C | -210.2 | 839.5 | 25% |

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 81 |

b. VERIFICA A SCORRIMENTO

Nodo 103

VERIFICA A SCORRIMENTO

| <i>in senso ortogonale ai binari</i> | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|----------|---------------|-------|----------|--------------|----------|
| | F'_H | S_{aH} | F'_{SCORRH} | N | S_{aL} | F'_{ATTRH} | VERIFICA |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [-] |
| GEO 1_A | -10.0 | 38.3 | 28.3 | 670.3 | 53.6 | 283.0 | 10% |
| GEO 5_A | -24.3 | 38.3 | 14.0 | 678.0 | 53.6 | 285.8 | 5% |
| GEO 8_A | -4.7 | 38.3 | 33.6 | 672.7 | 53.6 | 283.9 | 12% |
| GEO 1_B | -10.0 | 38.3 | 28.3 | 670.3 | 53.6 | 283.0 | 10% |
| GEO 2_B | -15.5 | 38.3 | 22.8 | 673.2 | 53.6 | 284.1 | 8% |
| GEO 3_B | -21.0 | 38.3 | 17.4 | 671.2 | 53.6 | 283.4 | 6% |
| GEO 4_B | -37.6 | 38.3 | 0.7 | 668.3 | 53.6 | 282.3 | 0% |
| GEO 5_B | -24.3 | 38.3 | 14.0 | 678.0 | 53.6 | 285.8 | 5% |
| GEO 6_B | -10.0 | 38.3 | 28.3 | 670.3 | 53.6 | 283.0 | 10% |
| GEO 7_B | -29.3 | 38.3 | 9.0 | 668.9 | 53.6 | 282.5 | 3% |
| GEO 8_B | -4.7 | 38.3 | 33.6 | 672.7 | 53.6 | 283.9 | 12% |
| GEO 9_B | -16.3 | 38.3 | 22.0 | 671.5 | 53.6 | 283.5 | 8% |
| GEO 4_C | -33.4 | 38.3 | 4.9 | 668.7 | 53.6 | 282.4 | 2% |
| GEO 6_C | -10.0 | 38.3 | 28.3 | 670.3 | 53.6 | 283.0 | 10% |
| GEO 7_C | -26.4 | 38.3 | 11.9 | 669.2 | 53.6 | 282.6 | 4% |

| <i>in senso parallelo ai binari</i> | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------|----------|---------------|-------|----------|--------------|----------|
| | F'_L | S_{aL} | F'_{SCORRL} | N | S_{aH} | F'_{ATTRL} | VERIFICA |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [-] |
| GEO 1_A | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 670.3 | 38.3 | 271.9 | 20% |
| GEO 5_A | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 678.0 | 38.3 | 274.7 | 20% |
| GEO 8_A | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 672.7 | 38.3 | 272.7 | 20% |
| GEO 1_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 670.3 | 38.3 | 271.9 | 20% |
| GEO 2_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 673.2 | 38.3 | 272.9 | 20% |
| GEO 3_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 671.2 | 38.3 | 272.2 | 20% |
| GEO 4_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 668.3 | 38.3 | 271.2 | 20% |
| GEO 5_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 678.0 | 38.3 | 274.7 | 20% |
| GEO 6_B | -31.5 | 53.6 | 22.1 | 670.3 | 38.3 | 271.9 | 8% |
| GEO 7_B | -22.1 | 53.6 | 31.6 | 668.9 | 38.3 | 271.4 | 12% |
| GEO 8_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 672.7 | 38.3 | 272.7 | 20% |
| GEO 9_B | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 671.5 | 38.3 | 272.3 | 20% |
| GEO 4_C | 0.0 | 53.6 | 53.6 | 668.7 | 38.3 | 271.3 | 20% |
| GEO 6_C | -63.1 | 53.6 | -9.4 | 670.3 | 38.3 | 271.9 | 3% |
| GEO 7_C | -44.2 | 53.6 | 9.5 | 669.2 | 38.3 | 271.4 | 3% |

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 82 |

Nodo 656

VERIFICA A SCORRIMENTO

| | <i>in senso ortogonale ai binari</i> | | | | | | VERIFICA | [-] |
|----------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------|-------|-----------------|---------------------|----------|-----|
| | F' _H | S _{aH} | F' _{SCORRH} | N | S _{aL} | F' _{ATTRH} | | |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | | |
| GEO 1_A | -26.5 | 38.3 | 11.8 | 671.1 | 53.6 | 283.3 | 🟢 | 4% |
| GEO 5_A | -46.1 | 38.3 | -7.8 | 681.2 | 53.6 | 287.0 | 🟢 | 3% |
| GEO 8_A | -23.4 | 38.3 | 15.0 | 673.3 | 53.6 | 284.1 | 🟢 | 5% |
| GEO 1_B | -26.5 | 38.3 | 11.8 | 671.1 | 53.6 | 283.3 | 🟢 | 4% |
| GEO 2_B | -35.0 | 38.3 | 3.3 | 675.2 | 53.6 | 284.8 | 🟢 | 1% |
| GEO 3_B | -39.0 | 38.3 | -0.7 | 673.7 | 53.6 | 284.3 | 🟢 | 0% |
| GEO 4_B | -53.9 | 38.3 | -15.6 | 673.1 | 53.6 | 284.0 | 🟢 | 5% |
| GEO 5_B | -46.1 | 38.3 | -7.8 | 681.2 | 53.6 | 287.0 | 🟢 | 3% |
| GEO 6_B | -26.5 | 38.3 | 11.8 | 671.1 | 53.6 | 283.3 | 🟢 | 4% |
| GEO 7_B | -45.7 | 38.3 | -7.4 | 672.5 | 53.6 | 283.8 | 🟢 | 3% |
| GEO 8_B | -23.4 | 38.3 | 15.0 | 673.3 | 53.6 | 284.1 | 🟢 | 5% |
| GEO 9_B | -34.3 | 38.3 | 4.0 | 673.4 | 53.6 | 284.1 | 🟢 | 1% |
| GEO 4_C | -49.7 | 38.3 | -11.4 | 672.7 | 53.6 | 283.9 | 🟢 | 4% |
| GEO 6_C | -26.5 | 38.3 | 11.8 | 671.1 | 53.6 | 283.3 | 🟢 | 4% |
| GEO 7_C | -42.8 | 38.3 | -4.4 | 672.2 | 53.6 | 283.7 | 🟢 | 2% |

| | <i>in senso parallelo ai binari</i> | | | | | | VERIFICA | [-] |
|----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------|-------|-----------------|---------------------|----------|-----|
| | F' _L | S _{aL} | F' _{SCORRL} | N | S _{aH} | F' _{ATTRL} | | |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | | |
| GEO 1_A | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 671.1 | 38.3 | 272.1 | 🟢 | 20% |
| GEO 5_A | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 681.2 | 38.3 | 275.8 | 🟢 | 19% |
| GEO 8_A | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 673.3 | 38.3 | 272.9 | 🟢 | 20% |
| GEO 1_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 671.1 | 38.3 | 272.1 | 🟢 | 20% |
| GEO 2_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 675.2 | 38.3 | 273.7 | 🟢 | 20% |
| GEO 3_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 673.7 | 38.3 | 273.1 | 🟢 | 20% |
| GEO 4_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 673.1 | 38.3 | 272.9 | 🟢 | 20% |
| GEO 5_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 681.2 | 38.3 | 275.8 | 🟢 | 19% |
| GEO 6_B | -31.5 | 53.6 | 22.2 | 671.1 | 38.3 | 272.1 | 🟢 | 8% |
| GEO 7_B | -22.0 | 53.6 | 31.6 | 672.5 | 38.3 | 272.7 | 🟢 | 12% |
| GEO 8_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 673.3 | 38.3 | 272.9 | 🟢 | 20% |
| GEO 9_B | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 673.4 | 38.3 | 273.0 | 🟢 | 20% |
| GEO 4_C | 0.0 | 53.6 | 53.7 | 672.7 | 38.3 | 272.7 | 🟢 | 20% |
| GEO 6_C | -63.0 | 53.6 | -9.4 | 671.1 | 38.3 | 272.2 | 🟢 | 3% |
| GEO 7_C | -44.1 | 53.6 | 9.6 | 672.2 | 38.3 | 272.6 | 🟢 | 4% |

**LINEA DI CONTATTO
GALLERIA CAMPOMARINO
RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A | 83 |

C. VERIFICA A CARICO LIMITE

Nodo 103

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

| | q | q _{lim} | q _{lim} / γ _R | VERIFICA | |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|----------|-----|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kN/m ²] | | [-] |
| GEO 1_A | 79.0 | 2464.5 | 1071.5 | ✔ | 7% |
| GEO 5_A | 81.6 | 2410.5 | 1048.0 | ✔ | 8% |
| GEO 8_A | 78.4 | 2482.6 | 1079.4 | ✔ | 7% |
| GEO 1_B | 79.0 | 2464.5 | 1071.5 | ✔ | 7% |
| GEO 2_B | 80.0 | 2443.5 | 1062.4 | ✔ | 8% |
| GEO 3_B | 80.4 | 2422.3 | 1053.2 | ✔ | 8% |
| GEO 4_B | 83.1 | 2369.0 | 1030.0 | ✔ | 8% |
| GEO 5_B | 81.6 | 2410.5 | 1048.0 | ✔ | 8% |
| GEO 6_B | 85.1 | 2271.0 | 987.4 | ✔ | 9% |
| GEO 7_B | 86.1 | 2306.4 | 1002.8 | ✔ | 9% |
| GEO 8_B | 78.4 | 2482.6 | 1079.4 | ✔ | 7% |
| GEO 9_B | 79.9 | 2440.4 | 1061.0 | ✔ | 8% |
| GEO 4_C | 82.3 | 2382.2 | 1035.7 | ✔ | 8% |
| GEO 6_C | 92.3 | 2047.7 | 890.3 | ✔ | 10% |
| GEO 7_C | 90.4 | 2174.3 | 945.4 | ✔ | 10% |

Nodo 656

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

| | q | q _{lim} | q _{lim} / γ _R | VERIFICA | |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|----------|-----|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kN/m ²] | | [-] |
| GEO 1_A | 80.6 | 2395.6 | 1041.5 | ✔ | 8% |
| GEO 5_A | 84.1 | 2322.6 | 1009.8 | ✔ | 8% |
| GEO 8_A | 80.2 | 2405.0 | 1045.6 | ✔ | 8% |
| GEO 1_B | 80.6 | 2395.6 | 1041.5 | ✔ | 8% |
| GEO 2_B | 82.1 | 2363.4 | 1027.6 | ✔ | 8% |
| GEO 3_B | 82.4 | 2348.4 | 1021.0 | ✔ | 8% |
| GEO 4_B | 85.3 | 2303.8 | 1001.7 | ✔ | 9% |
| GEO 5_B | 84.1 | 2322.6 | 1009.8 | ✔ | 8% |
| GEO 6_B | 86.9 | 2245.5 | 976.3 | ✔ | 9% |
| GEO 7_B | 88.3 | 2252.0 | 979.1 | ✔ | 9% |
| GEO 8_B | 80.2 | 2405.0 | 1045.6 | ✔ | 8% |
| GEO 9_B | 81.8 | 2366.1 | 1028.7 | ✔ | 8% |
| GEO 4_C | 84.4 | 2316.2 | 1007.1 | ✔ | 8% |
| GEO 6_C | 94.2 | 2039.9 | 886.9 | ✔ | 11% |
| GEO 7_C | 92.6 | 2140.8 | 930.8 | ✔ | 10% |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| LINEA DI CONTATTO GALLERIA CAMPOMARINO RELAZIONE DI CALCOLO – CASO 2 | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | LC | 00 | 00 | 002 | A |

13. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEGLI SPOSTAMENTI

In relazione alla luce strutturale di 17,65 m, assumendo una deformata limite pari a $L/400$, nella fattispecie 0.045 m, nell'immagine seguente è possibile evincere i valori di cedimento per la combinazione più rappresentativa.

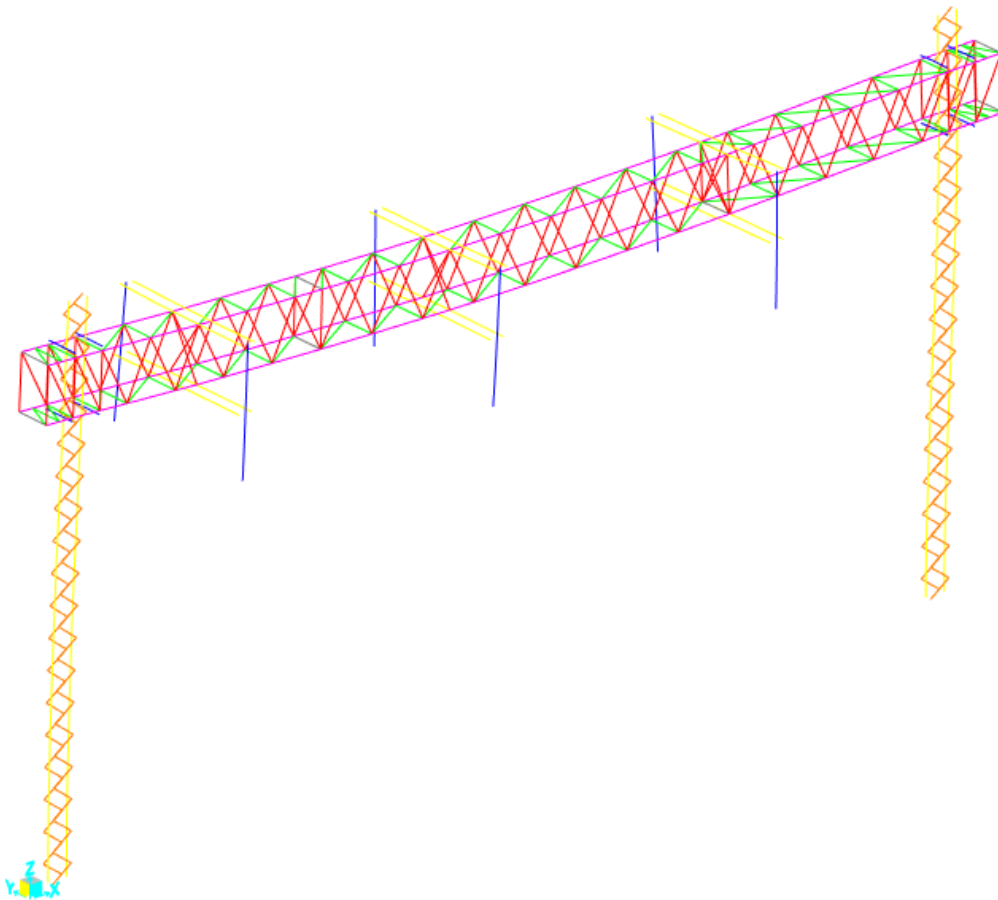


Figura 19 – Deformata della struttura per compatibilità spostamenti

Nel dettaglio, si riportano nella tabella seguente i massimi valori di spostamenti presenti per ognuna delle componenti.

| - | U_x | U_y | U_z |
|------------|--------|-------|-------|
| | m | m | m |
| MAX | 0.0099 | 0.002 | 0.009 |

Poiché tali valori rientrano nei limiti prefissati le verifiche di deformabilità possono ritenersi soddisfatte.