

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
 DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
 DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO ESECUTIVO

### RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

IMPIANTI TE - GENERALI

CALCOLO DI VERIFICA DI STRUTTURE FUORI STANDARD

|   |  |        |
|---|--|--------|
| APPALTATORE   | PROGETTAZIONE  | SCALA: |
| DIRETTORE TECNICO<br>D'Agostino Angelo Antonio<br>Ing. A. DI PALMA<br>Costruzioni Generali s.r.l.<br><br>(data e firma) | DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE<br>Ing. M. RASIMELLI<br><br>(data e firma) | ---    |

|          |       |      |      |           |                    |        |      |
|----------|-------|------|------|-----------|--------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA / DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| IA3S     | 01    | V    | ZZ   | CL        | LC0000             | 001    | B    |

| Rev. | Descrizione         | Redatto       | Data      | Verificato | Data      | Approvato   | Data      | Autorizzato/Data |
|------|---------------------|---------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|------------------|
| A    | EMISSIONE ESECUTIVA | M. Tittarelli | Mag 2021  | L.Spinozzi | Mag 2021  | M.Rasimelli | Mag 2021  | L.Spinozzi       |
| B    | Revisione RdV 167   | M. Tittarelli | Sett 2021 | L.Spinozzi | Sett 2021 | M.Rasimelli | Sett 2021 |                  |
|      |                     |               |           |            |           |             |           |                  |
|      |                     |               |           |            |           |             |           |                  |

File: IA3S01VZZCLLC0000001B



|  |   |       |          |            |      |         |
|--|---|-------|----------|------------|------|---------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |         |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |         |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 2 DI 54 |

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.    PREMESSA .....</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>2.    NORME DI RIFERIMENTO .....</b>                 | <b>5</b>  |
| <b>3.    DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE.....</b>           | <b>5</b>  |
| <b>4.    DESCRIZIONE DEI MATERIALI.....</b>             | <b>9</b>  |
| <b>5.    MODELLO DI CALCOLO FEM.....</b>                | <b>10</b> |
| 5.1    Codici di calcolo utilizzati.....                | 10        |
| 5.2    Affidabilità del software .....                  | 10        |
| 5.3    Modellazione dell'opera.....                     | 10        |
| <b>6.    ANALISI DEI CARICHI .....</b>                  | <b>12</b> |
| 6.1    Peso proprio elementi strutturali .....          | 12        |
| 6.2    Sovraccarichi permanenti verticali .....         | 12        |
| 6.3    Sovraccarichi permanenti orizzontali .....       | 14        |
| 6.4    Sovraccarichi variabili.....                     | 15        |
| 6.4.1    Azione del ghiaccio .....                      | 15        |
| 6.4.2    Azione del vento.....                          | 17        |
| 6.5    Condizioni di carico .....                       | 24        |
| 6.6    Combinazioni dei carichi di progetto (SLU).....  | 25        |
| 6.7    Combinazioni dei carichi di esercizio (SLE)..... | 26        |
| <b>7.    CRITERI DI VERIFICA.....</b>                   | <b>28</b> |
| 7.1    Verifiche allo Stato Limite Ultimo .....         | 28        |
| 7.1.1    Verifica delle membrature.....                 | 29        |
| 7.1.2    Verifica collegamenti bullonati .....          | 33        |
| 7.1.3    Verifica dei collegamenti saldati .....        | 35        |
| 7.2    Verifiche allo Stato Limite di Esercizio .....   | 35        |
| <b>8.    RISULTATI DEL CALCOLO .....</b>                | <b>36</b> |
| <b>9.    VERIFICA STRUTTURA METALLICA .....</b>         | <b>39</b> |
| 9.1    Verifica tronco Palo LSU14 a .....               | 40        |
| 9.1.1    Verifica profili UPN140 .....                  | 44        |
| 9.1.2    Verifica tondi $\Phi$ 20.....                  | 44        |
| 9.2    Verifica piastra di ancoraggio .....             | 45        |

|  |   |                    |                            |                                |                  |                          |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                          |
| <b>PROGETTISTA:</b><br><u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                          |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>3 DI 54</b> |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 9.3 | Verifica squadri.....                  | 48 |
| 9.4 | Verifiche collegamenti bullonati ..... | 49 |
| 9.5 | Verifiche collegamenti saldati .....   | 51 |

|            |                          |           |
|------------|--------------------------|-----------|
| <b>10.</b> | <b>CONCLUSIONI .....</b> | <b>54</b> |
|------------|--------------------------|-----------|

|  |   |                    |                            |                                |                  |                          |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                          |
| <b>PROGETTISTA:</b><br><u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                          |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>4 DI 54</b> |

## 1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di definire e dimensionare i sostegni a “supporto pendulo” fuori standard impiegati nell’ambito dello sviluppo del progetto degli impianti TE relativi alla variante di tracciato tra le stazioni di Bari Centrale e Bari Torre a Mare in corrispondenza del ponte a travata metallica per l’attraversamento del canale Lama S. Giorgio, verificandone la resistenza meccanica nelle condizioni di carico ed ambientali più gravose.

L’impianto TE della linea della variante di tracciato tra Bari C.le e Bari Torre a mare è del tipo standard RFI, composto da Linea di Contatto del tipo “a catenaria”, con sospensione longitudinale sostenuta da mensole in tubolare di acciaio e sostegni del tipo LSU sempre in acciaio. La sezione complessiva del rame per la linea di contatto del binario di corsa è di 440mm<sup>2</sup>, composta da n°2 corde da 120mm<sup>2</sup> tesate al tiro di 1125daN regolato e n°2 fili da 100mm<sup>2</sup> tesati al tiro di 1000daN regolato.

Il calcolo di tali sostegni è stato eseguito mediante l’utilizzo del programma di calcolo SAP2000 v.15.1.0 (CSI). Mediante tale programma di analisi si è realizzata una modellazione agli elementi finiti dell’intera struttura.

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

|   |   |       |          |            |      |         |
|---|---|-------|----------|------------|------|---------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |         |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |         |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 5 DI 54 |

## 2. NORME DI RIFERIMENTO

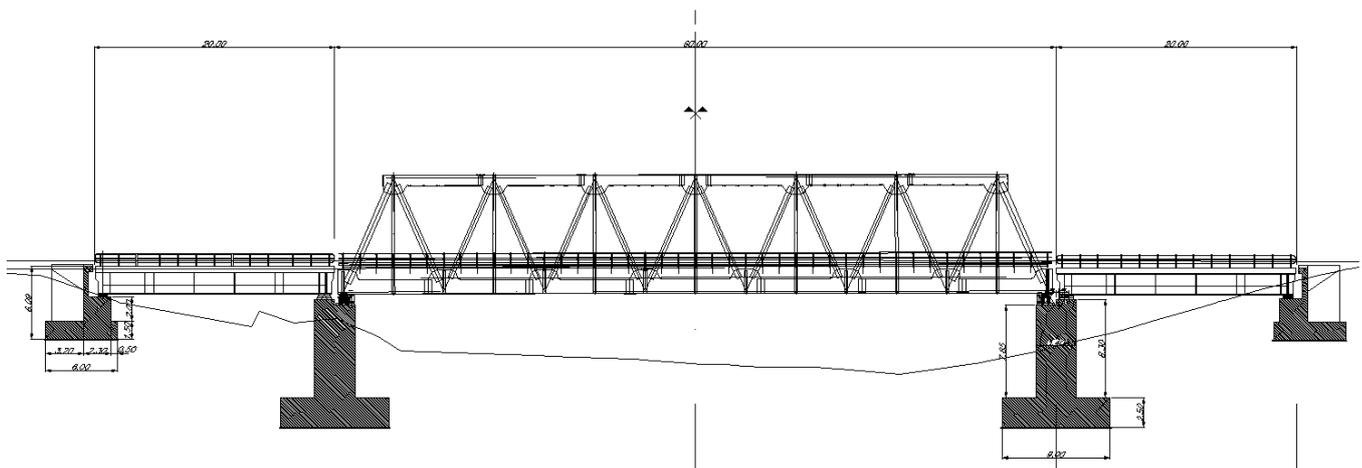
La determinazione dei carichi, il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di resistenza vengono effettuati con i criteri della Scienza delle Costruzioni e con riferimento alle seguenti prescrizioni e norme:

- **Norma CEI - EN50119:** “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Impianti fissi – Linee aeree di contatto per la trazione elettrica”;
- **Norma CEI - EN50423-1:** “Linee elettriche a tensione maggiore di 1 kV fino a 45 kV – Parte 1: Prescrizioni Generali e Specifiche Comuni”
- **Norma CEI - EN50423-3:** “Linee elettriche a tensione maggiore di 1 kV fino a 45 kV – Parte 3: Raccolta degli aspetti normativi nazionali”
- **D.M. del 17.01.2018:** “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- **C.M. del 21.01.2019:** “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018”;
- **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”;
- **Specifica Tecnica di Fornitura RFI DPR IM TE SP IFS 040 A** Fili sagomati in rame-argento, rame-stagno e rame-magnesio per linee aeree di contatto a 3kVc.c.e 25kV c.a.
- **Specifica Tecnica di Fornitura RFI DPR IM TE SP IFS 080 A** Conduttore nudo in lega di alluminio ad alta temperatura con portante in acciaio rivestita di alluminio TACSR diam. 15,82 mm.
- **Norma Tecnica RFI TE 118:** “Costruzione delle condutture di contatto e di alimentazione a corrente continua a 3 Kv”;
- **Dis. RFI E66013f:** “Pali tipo LSU attrezzati”;
- **Standard costruttivi RFI** per le linee di trazione elettrica.

|  |   |                    |                            |                                |                  |                          |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                      | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                          |
| <b>PROGETTISTA:</b><br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                          |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                        | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>6 DI 54</b> |

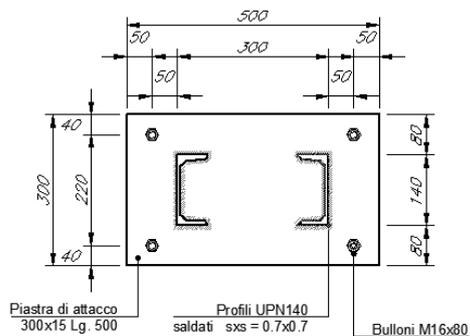
### 3. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'opera in oggetto è costituita da un supporto pendulo per sospensione della linea di contatto, da prevedersi sul viadotto ferroviario Lama S.Giorgio, da realizzarsi nell'ambito del progetto degli impianti TE della variante di tracciato tra Bari C.le e Bari Torre a mare.

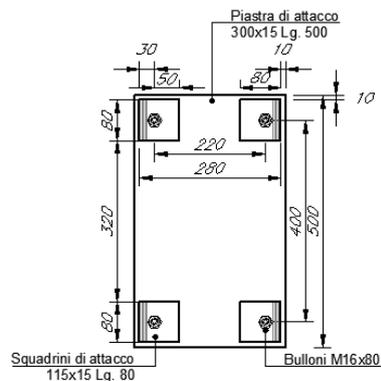


Il pendulo, costituito da un traliccio ricavato da palo LSU14a di lunghezza pari a 1.40m, viene ancorato alla trave trasversale superiore del viadotto, costituita da un profilo "IPE500", mediante una piastra di dimensioni 300x500x15, collegata al profilo mediante n°4 squadri di dimensioni 115x80x15, sagomati ad "L" e serrati mediante l'ausilio di n°4 bulloni M16, in modo da aderire perfettamente al profilato metallico "IPE500". Di seguito si riportano in dettaglio le varie viste ed i particolari costruttivi della giunzione del pendulo.

Vista dal basso



dall'alto



APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

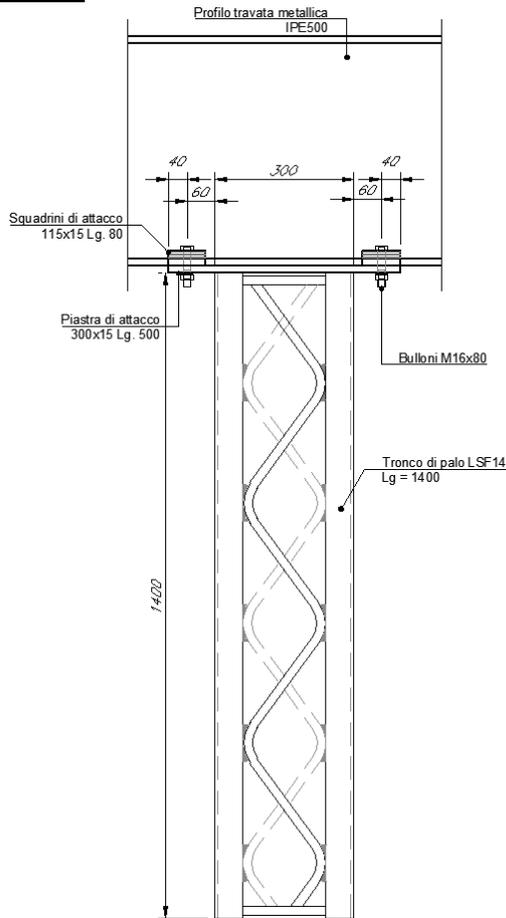
RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

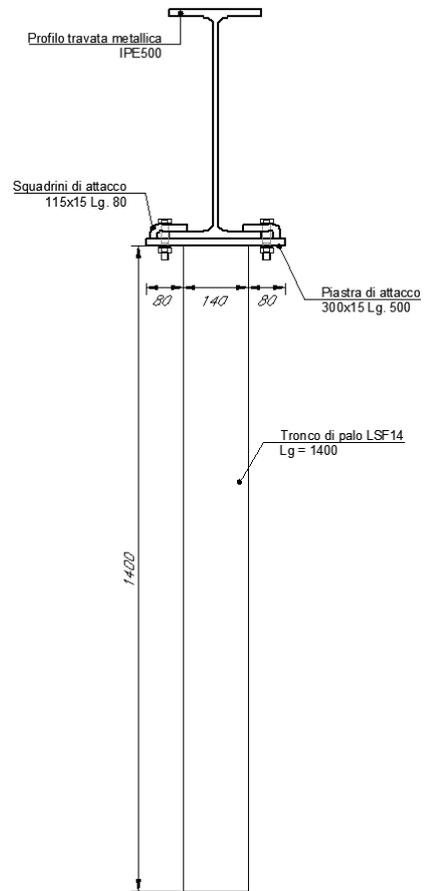
CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 7 DI 54 |

Vista frontale



Vista laterale



Particolare squadri

APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

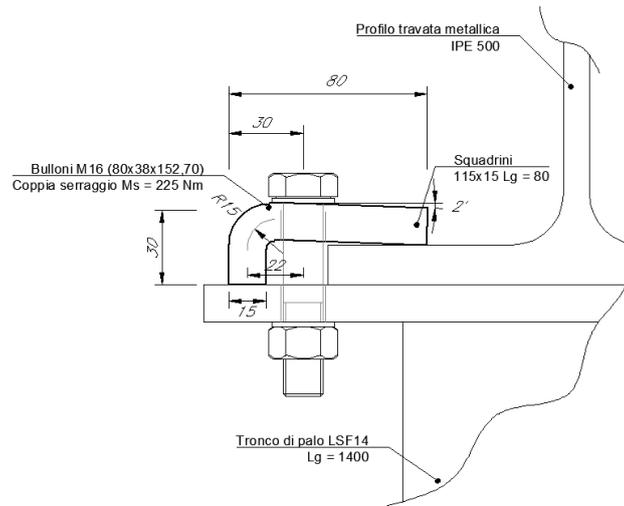
Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 8 DI 54 |

**CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD**



|  |                               |       |          |            |      |         |
|--|-------------------------------|-------|----------|------------|------|---------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> |       |          |            |      |         |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl |                               |       |          |            |      |         |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO                      | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|  | IA3S                          | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 9 DI 54 |

#### 4. DESCRIZIONE DEI MATERIALI

E' previsto l'utilizzo dei seguenti materiali dei quali di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche:

Palo LSU14a: Profili UPN 140: EN 10279 – S355J2

$$f_{yk} = 3550 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

$$f_{tk} = 5100 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

Palo LSU14a: Tondi per tralicciatura Ø20: EN 10060 – S355J2

$$f_{yk} = 3550 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

$$f_{tk} = 5100 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

Attacco in sospensione: Piastre di ancoraggio: EN 10058 – S355J2 .

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$sp = 15 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 3550 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

$$f_{tk} = 5100 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

Attacco in sospensione: Squadrini: EN 10058 – S355J2 .

$$L = 80 \text{ mm}$$

$$B = 115 \text{ mm}$$

$$sp = 15 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 3550 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

$$f_{tk} = 5100 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

Attacco in sospensione: Bulloni M16: UNI EN ISO 898-1:2013 – Viti Classe 8.8 e Dadi Classe 8

$$f_{yb} = 6490 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

$$f_{tb} = 8800 \text{ [daN /cm}^2\text{]}$$

Collegamenti saldati

Saldature per giunzioni palo – piastra di ancoraggio  
Tipo a cordone d'angolo – Parziale ripristino della resistenza

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 10 DI 54 |

## 5. MODELLO DI CALCOLO FEM

### 5.1 Codici di calcolo utilizzati

Per il calcolo delle sollecitazioni gravanti sugli elementi strutturali e per verifiche di resistenza si è fatto ricorso al codice di calcolo FEM SAP2000 v.15.1.0 (CSI).

### 5.2 Affidabilità del software

La documentazione fornita a corredo del software contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali sono forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

### 5.3 Modellazione dell'opera

Per la determinazione delle sollecitazioni si è fatto ricorso al codice di calcolo SAP2000 v.15.1.0 (CSI), i cui tabulati di input e di output sono integralmente allegati alla presente relazione.

La modellazione di tutte le strutture metalliche del palo LSU14a, è stata effettuata mediante degli elementi "beam", mentre per tenere in debito conto dell'eccentricità dei tondi di tralicciatura rispetto al baricentro geometrico degli UPN120, sono stati inseriti dei conci rigidi modellati attraverso elementi "link".

La modellazione della piastra di ancoraggio è stata effettuata inserendo degli elementi "shell", utilizzando poi per la lettura degli sforzi agenti su tale elemento, la particolare funzione "section cutter".

Le condizioni al contorno sono di fatto rappresentate dal vincolo fornito dalla trave superiore del ponte ferroviario, alla quale viene ancorato il pendulo di sospensione; nel modello di calcolo realizzato sono stati inseriti dei vincoli incastro in corrispondenza dei bulloni di collegamento tra la piastra di ancoraggio e la parte inferiore della trave del ponte.

Il calcolo delle sollecitazioni indotte dai carichi verticali e dalle azioni orizzontali è stato quindi impostato in ottemperanza delle nuove norme sulle costruzioni di cui al DM del 17-01-18 e successive integrazioni, tenendo sempre presenti le Normative CEI-EN50119 e CEI-EN50423 nonché della Istruzione Tecnica RFI DMAIMTE SP-IFS-006 A.

Le caratteristiche di sollecitazione prodotte nella struttura dai carichi verticali ed orizzontali sono state determinate mediante un'analisi elastica lineare.

Il calcolo è stato quindi sviluppato sia allo stato limite di esercizio che allo stato limite ultimo, elaborando le combinazioni dettate dalla normativa sia per i carichi verticali che orizzontali.

Sulla base delle caratteristiche delle sollecitazioni di cui alle combinazioni si sono effettuate le verifiche delle varie membrature della struttura metallica.

Di seguito si riportano una vista del render solido del modello realizzato ed una vista dello schema dei vincoli.

APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

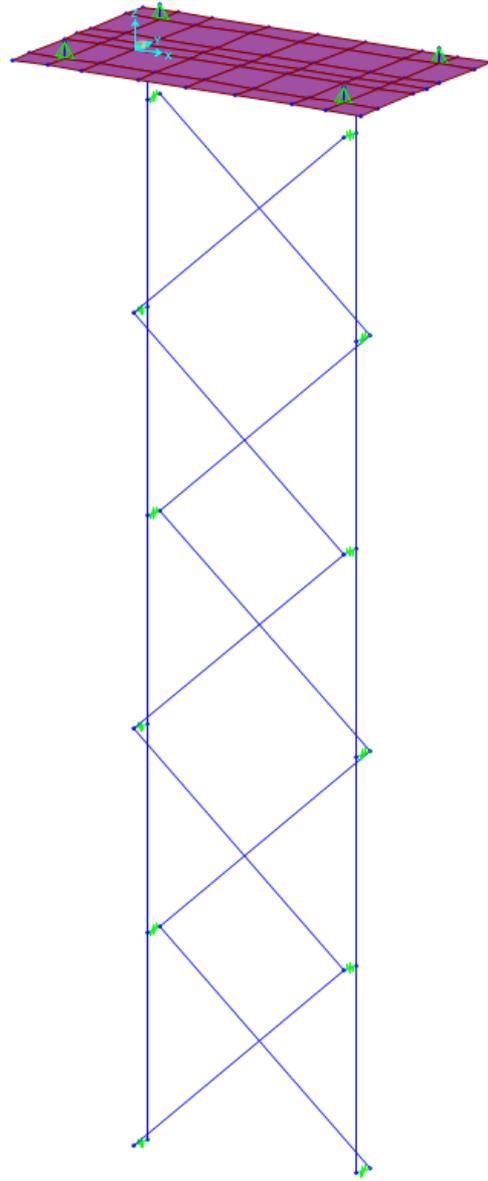
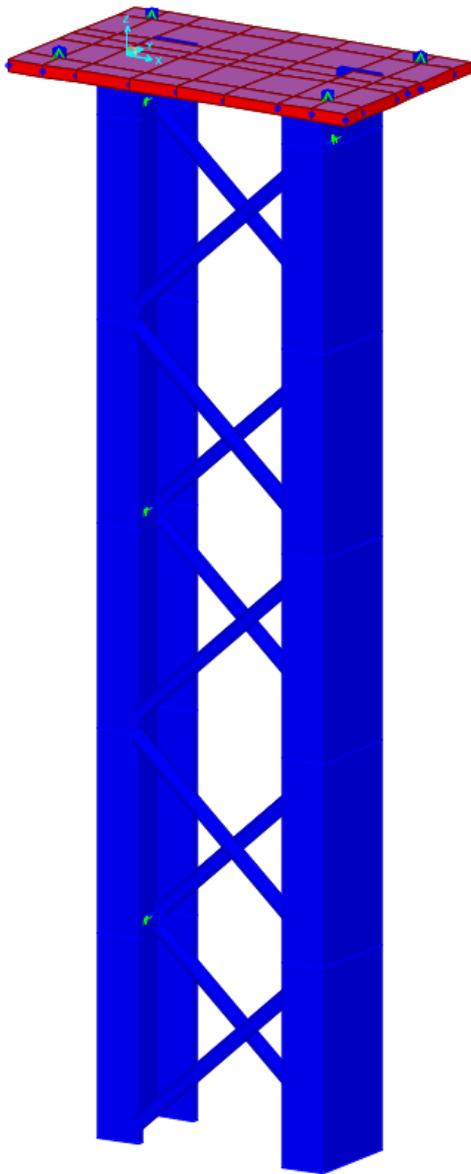
TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 11 DI 54 |



|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br><u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 12 DI 54 |

## 6. 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 dell'edificio. Alcuni carichi infatti sono determinati in maniera automatica dal programma di analisi altri sono inseriti manualmente.

### 6.1 Peso proprio elementi strutturali

E' considerato in automatico dal programma di analisi considerando un peso specifico per i profilati metallici pari a 78.00 kN/m<sup>3</sup>.

### 6.2 Sovraccarichi permanenti verticali

Tali carichi sono costituiti dalle forze dovute al peso dei conduttori in sospensione con relativa pendinatura ed al peso delle attrezzature di sospensione, mensole e tiranti applicati nella loro esatta posizione, ovvero eccentricamente rispetto al pendulo.

Considerando una lunghezza di campata massima, ovvero pari a 60m, i carichi a metro lineare previsti, in accordo con le normative sopracitate risultano:

|                            |                 |   |   |                                      |                  |
|----------------------------|-----------------|---|---|--------------------------------------|------------------|
| * Peso 1 corda portante:   | 1.070 daN/m     | → | Peso corde portanti:                                    | $N_c = 2 \times 1.070 \times 60.0 =$ | <b>128.4 daN</b> |
| * Peso 1 filo di contatto: | 0.869 daN/m     | → | Peso fili di contatto:                                  | $N_f = 2 \times 0.869 \times 60.0 =$ | <b>104.3 daN</b> |
| * Peso pendinatura:        | 0.200 daN/m     | → | Peso pendinatura:                                       | $N_{pen} = 0.200 \times 60.0 =$      | <b>12.0 daN</b>  |
| * Peso mensola:            | 9.00 daN/m      | → | Peso mensola:   | $N_m = 9.00 \times 2.50 =$           | <b>22.5 daN</b>  |
| * Peso tirante Ø16:        | 1.63 daN/m      | → | Peso tirante Ø16:                                       | $N_t = 1.63 \times 2.00 =$           | <b>3.26 daN</b>  |
| * Peso sospensione:        | <b>30.0 daN</b> | → | applicato a 0.60m (in orizzontale) dai fili di contatto |                                      |                  |

Di seguito si riporta uno schema in cui vengono schematizzate tutte le azioni precedentemente descritte e successivamente il momento flettente applicato in corrispondenza dell'attacco mensola – palo nel modello realizzato.

APPALTATORE:  
**D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
 GENERALI s.r.l.**

**RIASSETTO NODO DI BARI**

PROGETTISTA:

**TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
 BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE**

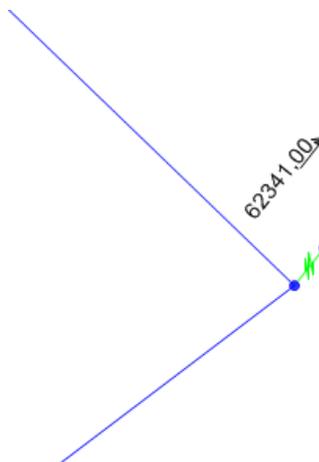
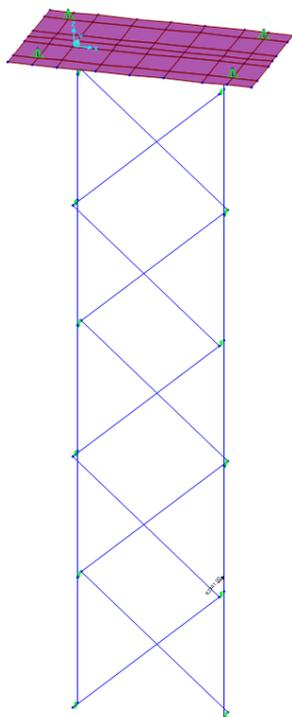
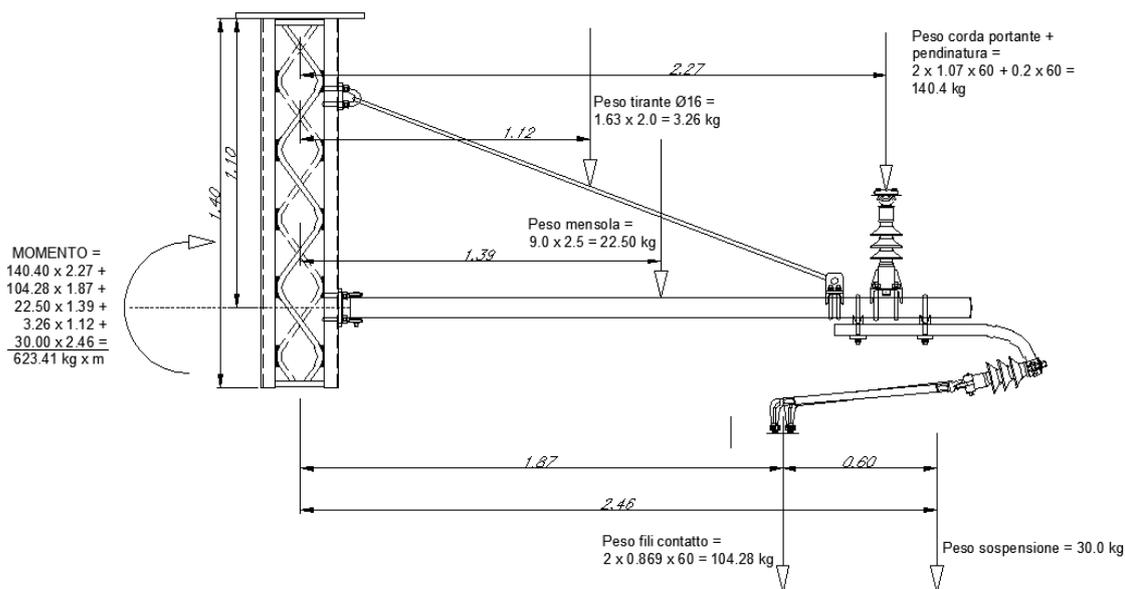
Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 13 DI 54 |

**CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
 STANDARD**



|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br/>GENERALI s.r.l.</b>                  | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>                    | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 14 DI 54 |

### 6.3 Sovraccarichi permanenti orizzontali

Considerato che le condutture sostenute dalle sospensioni in oggetto sono in curva di raggio 1804 m, le azioni orizzontali trasversali prodotte dal tiro dei conduttori saranno quelle dovute alla presenza dei vertici causati dall'effetto curva, mentre si considera ininfluyente l'effetto dovuto alla differenza di poligonazione del filo e della corda, visto che in entrambi i casi la poligonazione risulta costante con direzione esterno curva di entità pari a 20cm nel primo caso ed a 60cm nel secondo caso. Inoltre essendo, le condutture in oggetto, interamente regolate non sarà necessario tenere in considerazione gli effetti dell'escursione termica tra le condizioni standard (15°C) e le peggiori condizioni previste dalla Norma (-5°C).

In accordo con le normative di riferimento le azioni orizzontali trasversali prodotte dal tiro dei conduttori, per effetto della curva, risulteranno pari a:

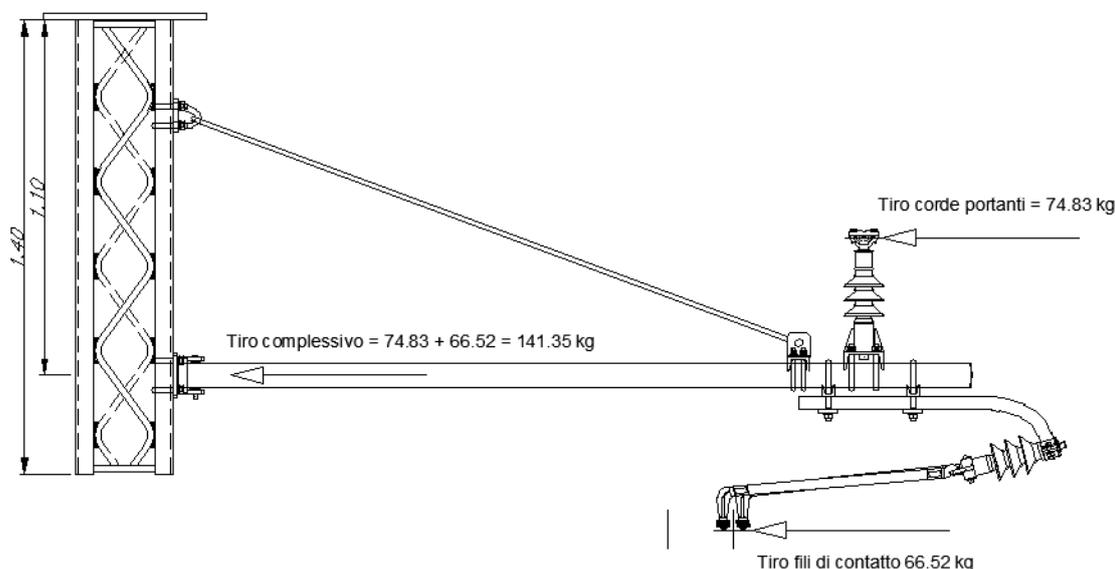
$$H_c = \left\{ n_c \cdot T_c \cdot \left( \frac{C_1}{2 \cdot R} + \frac{C_2}{2 \cdot R} \right) + n_c \cdot T_c \cdot \left[ \frac{(D_p - D_{p_1})}{C_1} + \frac{(D_p - D_{p_2})}{C_2} \right] \right\}$$

$$H_f = \left\{ n_f \cdot T_f \cdot \left( \frac{C_1}{2 \cdot R} + \frac{C_2}{2 \cdot R} \right) + n_f \cdot T_f \cdot \left[ \frac{(D_p - D_{p_1})}{C_1} + \frac{(D_p - D_{p_2})}{C_2} \right] \right\}$$

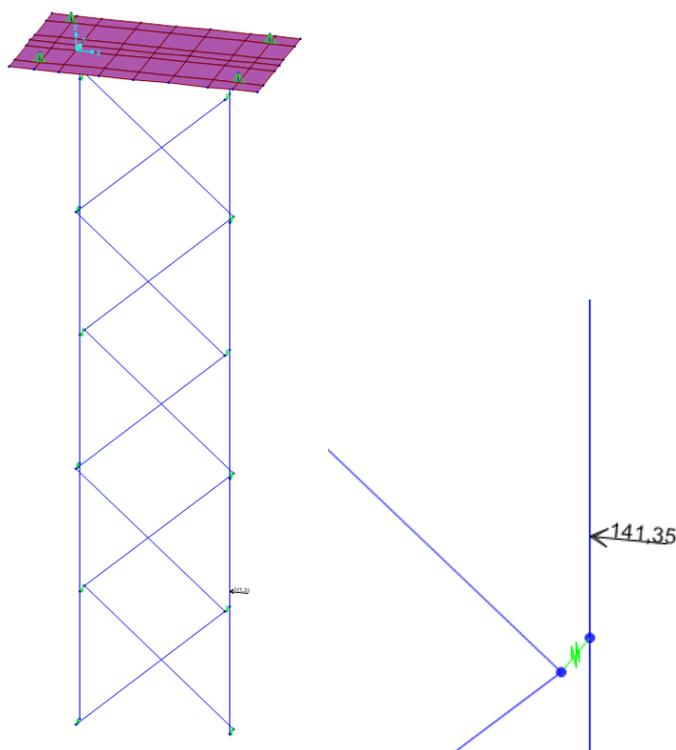
Considerando che le 2 corde portanti da 120mm<sup>2</sup> sono tesate al tiro di 1125daN regolato, e che i 2 fili da 100mm<sup>2</sup> sono tesati al tiro di 1000daN regolato, risulterà:

- \* Tiro 1 corda portante: 1125 daN → Azione orizzontale corde portanti:  $H_c = 2 \times 1125 \times (60/1804) = \mathbf{74.83 \text{ daN}}$
- \* Tiro 1 filo di contatto: 1000 daN → Azione orizzontale fili di contatto:  $H_f = 2 \times 1000 \times (60/1804) = \mathbf{66.52 \text{ daN}}$

Di seguito si riporta uno schema in cui vengono schematizzate tutte le azioni precedentemente descritte e successivamente il taglio applicato in corrispondenza dell'attacco mensola – palo nel modello realizzato.



|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 15 DI 54 |



## 6.4 Sovraccarichi variabili

Tra le azioni variabili rientrano sicuramente le azioni del ghiaccio, che viene considerato come un 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.

### 6.4.1 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.*

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 16 DI 54 |

| Classe<br>Class                       | Carico del ghiaccio<br>Iceload<br>N/m |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| I 0 (nessun ghiaccio_ <i>no ice</i> ) | 0                                     |
| I 1 (bassa_ <i>low</i> )              | 3,5                                   |
| I 2 (medio_ <i>medium</i> )           | 7                                     |
| I 3 (pesante_ <i>heavy</i> )          | 15                                    |

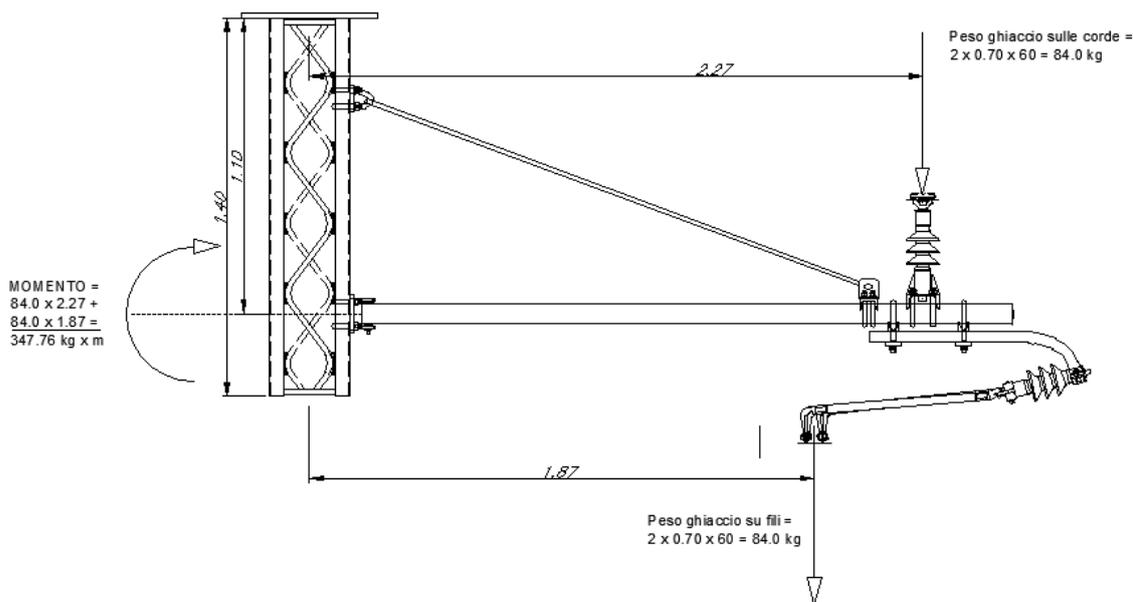
Questi valori sono validi per conduttori con diametro usuale tra 10 mm e 20 mm”.

Considerando quindi, una classe media (I2), il carico a metro lineare del ghiaccio sui conduttori sarà pari a 7N/m.

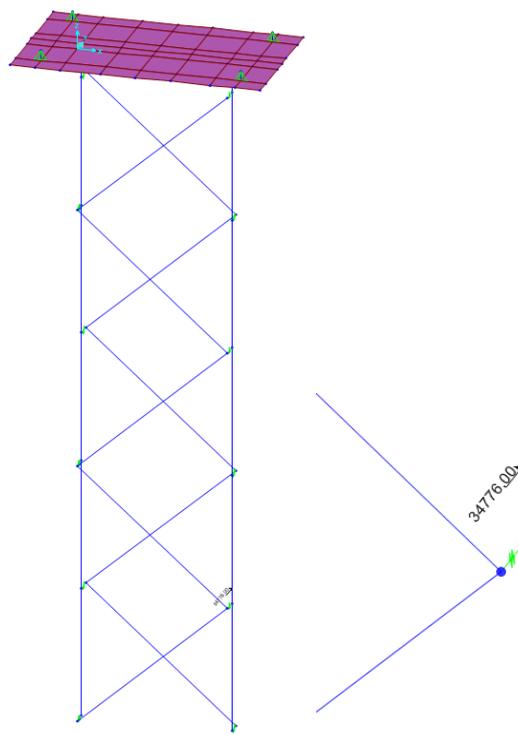
× Carico su 1 corda portante: 0.70 daN/m → Peso su corde portanti:  $N_{g,c} = 2 \times 0.70 \times 60.0 =$   
**84.0 daN**

× Carico su 1 filo di contatto: 0.70 daN/m → Peso su fili di contatto:  $N_{g,f} = 2 \times 0.70 \times 60.0 =$   
**84.0 daN**

Di seguito si riporta uno schema in cui vengono descritte tutte le azioni precedentemente descritte e successivamente il momento applicato in corrispondenza dell’attacco mensola – palo nel modello realizzato.



|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br><u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 17 DI 54 |



## 6.4.2 Azione del vento

Dal paragrafo 6.2.4 della normativa CEI EN 50119 risulta:

*“In molti paesi esistono specifiche disposizioni per le pressioni dinamiche del vento  $q_k$  che tengono in considerazione il fattore di risposta alle raffiche e le date condizioni del vento.*

*Anche questi dati possono essere utilizzati per il progetto delle linee di contatto”.*

**Di conseguenza nel calcolo della pressione media del vento verrà preso in considerazione il DM 17/01/18 e la relativa Circolare Ministeriale del 2019.**

Per l'analisi del vento ci si riferisce al paragrafo 3.3 del D.M. LL.PP. 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

*“La pressione del vento è data dall'espressione:*

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

dove:

- $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione
- $c_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>18 DI 54 |

- $c_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali”.

Procediamo ora al calcolo dei vari termini per il calcolo della pressione del vento.

### 1) Pressione cinetica di riferimento

“La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  (in  $N/m^2$ ) è data dall’espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

Dove:

- $v_b$  è la velocità di riferimento del vento (in  $m/s$ );
- $\rho$  è la densità dell’aria assunta convenzionalmente costante e pari a  $1,25 \text{ kg/m}^3$

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:

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

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

- $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$  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”.

**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       |

Per cui essendo nel caso in esame,  $a_s = 6 \text{ m}$  e  $v_b = 27 \text{ m/s}$  risulterà:

$$q_b = 0.5 \rho v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \times 27^2 = 455.625 \text{ N/m}^2$$

|   |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                           |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>19 DI 54</b> |

## 2) Coefficiente di Esposizione e di topografia

“Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

$$c_e = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II delle NTC '18, in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

$c_t$  è il coefficiente di topografia.

**Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione**

| Categoria di esposizione del sito | $k_r$ | $z_0$ [m] | $z_{\min}$ [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|----------------|
| I                                 | 0,17  | 0,01      | 2              |
| II                                | 0,19  | 0,05      | 4              |
| III                               | 0,20  | 0,10      | 5              |
| IV                                | 0,22  | 0,30      | 8              |
| V                                 | 0,23  | 0,70      | 12             |

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 del D.M. 2018 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III. Nelle fasce entro i 2 km dalla costa di tutte le zone, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Il coefficiente di topografia  $c_t$  è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 20 DI 54 |

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione   |
|--------------------------------|---|
| A                              | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m  |
| B                              | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive  |
| C                              | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D                                 |
| D                              | Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...) |

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

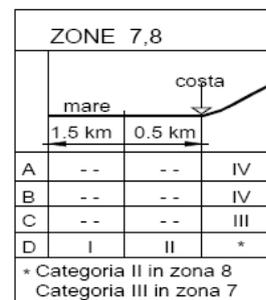
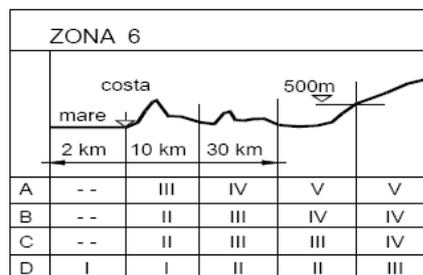
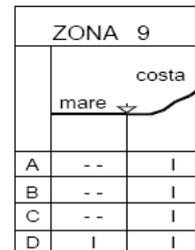
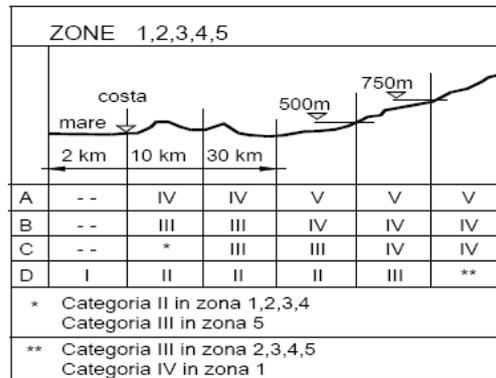


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

In sintesi essendo la struttura in oggetto in classe di rugosità del terreno C, e trovandosi il sito entro 10 km dalla costa, siamo in classe di esposizione II, e riferendoci alla seconda riga della Tab. 3.3.II si ha :  
 $k_r = 0.19$  ,  $z_0 = 0.05 \text{ m}$  ,  $z_{\min} = 4\text{m}$  e  $z = 10.00 \text{ m}$  per cui si ha :

$$c_e = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + \ln(z/z_0)] = 2.35$$

### 3) Coefficiente di forma

|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b> | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:  | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl                            |   |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>   | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 21 DI 54 |

Il coefficiente di forma è definito nelle istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al DM 17 gennaio 2018, a seconda del particolare tipo di struttura coinvolta, di conseguenza nel caso in esame risulterà:

- **Vento agente sui conduttori** → Corpi cilindrici (§3.3.10.6):

*“Per i corpi cilindrici a sezione circolare di diametro  $d$  e altezza  $h$  (ambidue espressi in metri) i coefficienti  $c_p$  sono i seguenti:*

$$c_p = \begin{cases} 1,2 & \text{per } d\sqrt{q} \leq 2,2 \\ (1,783 - 0,263d\sqrt{q}) & \text{per } 2,2 < d\sqrt{q} < 4,2 \\ 0,7 & \text{per } 4,2 \leq d\sqrt{q} \end{cases}$$

per  $q = q_b c_e$  ( $N/m^2$ ), con  $q_b$  e  $c_e$  definiti rispettivamente ai §§ 3.3.6 e 3.3.7 delle NTC.

*L'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento”.*

- **Vento agente sul supporto in direzione trasversale** → Torri e pali a traliccio a sezione rettangolare o quadrata (§3.3.10.5):

*“Per torri e pali a traliccio a sezione rettangolare o quadrata e vento diretto normalmente ad una delle pareti, salvo più accurate valutazioni, i coefficienti di forma sono da valutare nel modo seguente:*

$$c_p = \begin{cases} 2,4 & \text{per torri con elementi tubolari a sezione circolare} \\ 2,8 & \text{per torri con elementi aventi sezione di forma diversa dalla circolare} \end{cases}$$

*L'azione di insieme esercitata dal vento spirante normalmente ad una delle pareti va valutata con riferimento alla superficie della parte piena di una sola faccia.*

*Per vento spirante secondo la bisettrice dell'angolo formato da due pareti, l'azione d'insieme è pari a 1,15 volte quella sopra definita.*

*Salvo documentazione specifica, i medesimi coefficienti si adottano cautelativamente anche per torri a sezione triangolare, per le quali non è da applicare il coefficiente 1,15 suddetto”.*

#### 4) Coefficiente dinamico

Il coefficiente dinamico tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente.

In definitiva per la struttura in esame le azioni da **vento trasversale** (ortogonale al binario) saranno pari a:

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| * Vento sulla corda sopravvento pari a: | $0.456 \times 2.35 \times 1.2 \times 0.0140 \times 60 = 1.08 \text{ kN} =$ | <b>108.0 kg</b>   |
| * Vento sulla corda sottovento pari a:  | $0.456 \times 2.35 \times 0.6 \times 0.0140 \times 60 = 0.54 \text{ kN} =$ | <b>54.00 kg</b>   |
| * Vento sul filo sopravvento pari a:    | $0.456 \times 2.35 \times 1.2 \times 0.0118 \times 60 = 0.91 \text{ kN} =$ | <b>91.00 kg</b>   |
| * Vento sul filo sottovento pari a:     | $0.456 \times 2.35 \times 0.6 \times 0.0118 \times 60 = 0.46 \text{ kN} =$ | <b>46.00 kg</b>   |
| * Vento sul sostegno sopravvento:       | $0.456 \times 2.35 \times 2.8 \times 0.12 = 0.360 \text{ kN/m} =$          | <b>36.00 kg/m</b> |
| * Vento sul sostegno sottovento:        | $0.456 \times 2.35 \times 1.4 \times 0.12 = 0.180 \text{ kN/m} =$          | <b>18.00 kg/m</b> |

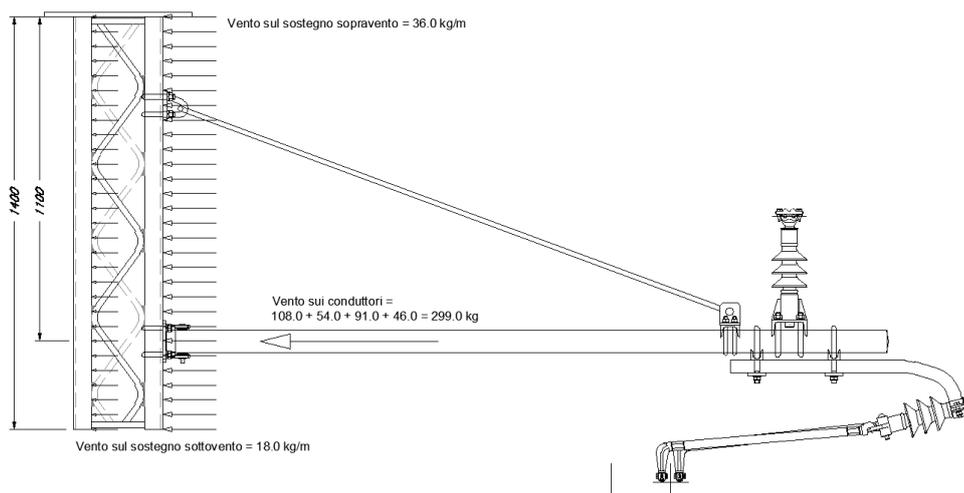
|  |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTISTA:</b><br><u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>22 DI 54</b> |

In definitiva per la struttura in esame le azioni da **vento longitudinale** (parallelo al binario) saranno pari a:

× Vento sul sostegno:  $0.456 \times 2.35 \times 2.8 \times (2 \times 0.055 \times 1.40 + 5 \times 0.019 \times 0.266) / (2 \times 1.40) = 0.192 \text{ kN/m} = \mathbf{19.20 \text{ kg/m}}$

Di seguito si riporta uno schema in cui vengono schematizzate tutte le azioni precedentemente descritte e successivamente il carico ed il momento applicato in corrispondenza dell'attacco mensola – palo nel modello realizzato.

**Vento trasversale**



APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

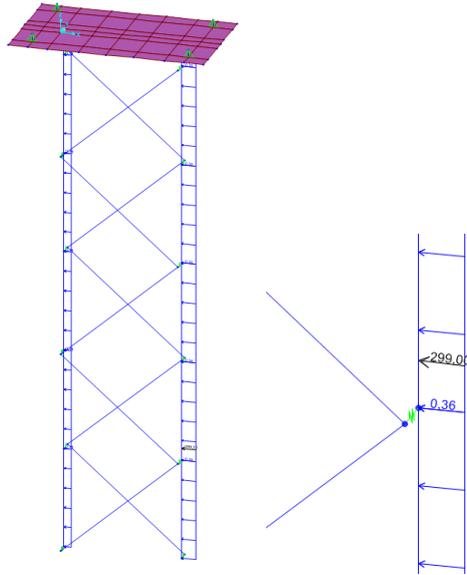
RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

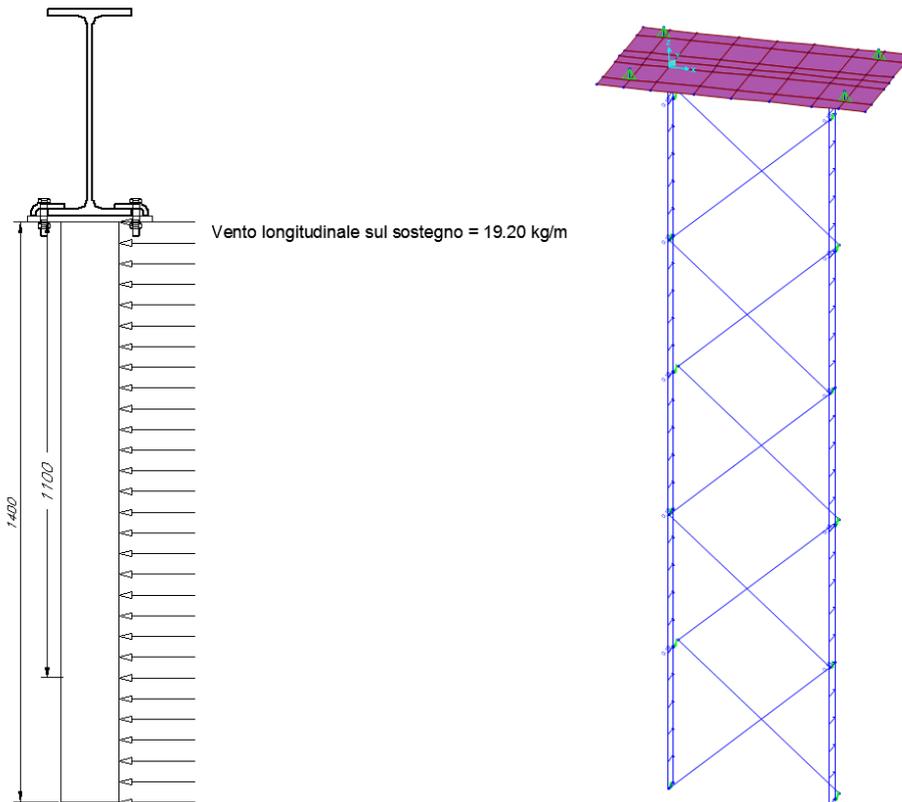
PROGETTO ESECUTIVO:

CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 23 DI 54 |



### Vento longitudinale



|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.             | RIASSETTO NODO DI BARI  |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br>STANDARD               | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 24 DI 54 |

## 6.5 Condizioni di carico

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.

Per quanto riguarda le combinazioni del ghiaccio e del vento, si cita di seguito la norma CEI 50119:

*“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, come agente sulle strutture e sulle apparecchiature senza ghiaccio e sui conduttori coperti da ghiaccio. 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 dell'acquirente, 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.”

L'incremento di diametro sulle **corde** per effetto dell'accumulo di ghiaccio risulterà:

$$D_i = \{0.014^2 + [(4 \times 7) / (\pi \times 920)]\} = 0.010 \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

L'incremento di diametro sui **fili** per effetto dell'accumulo di ghiaccio risulterà:

$$D_i = \{0.010^2 + [(4 \times 7) / (\pi \times 920)]\} = 0.0098 \text{ m} = 9.8 \text{ mm}$$

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 25 DI 54 |

Prendendo in considerazione un vento al 50%, con un area dei conduttori così maggiorata, risulterà sempre un valore dell'azione orizzontale da vento minore rispetto a quella calcolata per vento al 100% e assenza di ghiaccio:

Vento sulla corda sopravvento pari a:

$$0.5 \times 0.456 \times 2.35 \times 1.2 \times (0.014 + 0.010) \times 60.0 = \mathbf{0.926kN} < \mathbf{1.08kN}$$

Vento sulla corda sottovento pari a:

$$0.5 \times 0.456 \times 2.35 \times 0.6 \times (0.014 + 0.010) \times 60.0 = \mathbf{0.463kN} < \mathbf{0.54kN}$$

Vento sul filo sopravvento pari a:

$$0.5 \times 0.456 \times 2.35 \times 1.2 \times (0.0118 + 0.0098) \times 60.0 = \mathbf{0.833kN} < \mathbf{0.91kN}$$

Vento sul filo sottovento pari a:

$$0.5 \times 0.456 \times 2.35 \times 0.6 \times (0.0118 + 0.0098) \times 60.0 = \mathbf{0.417kN} < \mathbf{0.46kN}$$

Di conseguenza tale combinazione di carico non verrà presa in considerazione, e le tre condizioni di carico:

- Carico Ghiaccio
- Carico Vento trasversale
- Carico Vento longitudinale

saranno considerati come dei carichi variabili non contemporanei.

Di seguito si riportano le tipologie di carico elementari prese in considerazione e successivamente si riportano due paragrafi in cui si elencano le combinazioni dei carichi di progetto (SLU) e di esercizio (SLE).

#### Condizioni di carico

| TABLE: Load Pattern Definitions |            |            |
|---------------------------------|------------|------------|
| LoadPat                         | DesignType | SelfWtMult |
| Text                            | Text       | Unitless   |
| DEAD                            | DEAD       | 1          |
| Sovraccarichi perm vert         | SUPER DEAD | 0          |
| Sovraccarichi perm orizz        | SUPER DEAD | 0          |
| Ghiaccio                        | SNOW       | 0          |
| Vento trasv                     | WIND       | 0          |
| Vento long                      | WIND       | 0          |

## 6.6 Combinazioni dei carichi di progetto (SLU)

Di seguito si riportano le combinazioni allo SLU considerate nel calcolo di verifica, queste sono state costruite secondo il paragrafo 2.5.3 di normativa e calcolate con coefficienti parziali A1.

#### Combinazioni di progetto dei carichi

| TABLE: Combination Definitions |            |            |               |                         |             |             |
|--------------------------------|------------|------------|---------------|-------------------------|-------------|-------------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType      | CaseName                | ScaleFactor | SteelDesign |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text          | Text                    | Unitless    | Text        |
| SLU1                           | Linear Add | No         | Linear Static | DEAD                    | 1,3         | Strength    |
| SLU1                           |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm vert | 1,5         |             |

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br/>GENERALI s.r.l.</b>            | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>              | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 26 DI 54 |

|               |            |    |                |                          |     |          |
|---------------|------------|----|----------------|--------------------------|-----|----------|
| SLU1          |            |    | Linear Static  | Sovraccarichi perm orizz | 1,5 |          |
| SLU1          |            |    | Linear Static  | Ghiaccio                 | 1,5 |          |
| SLU2          | Linear Add | No | Linear Static  | DEAD                     | 1,3 | Strength |
| SLU2          |            |    | Linear Static  | Sovraccarichi perm vert  | 1,5 |          |
| SLU2          |            |    | Linear Static  | Sovraccarichi perm orizz | 1,5 |          |
| SLU2          |            |    | Linear Static  | Vento trasv              | 1,5 |          |
| SLU3          | Linear Add | No | Linear Static  | DEAD                     | 1,3 | Strength |
| SLU3          |            |    | Linear Static  | Sovraccarichi perm vert  | 1,5 |          |
| SLU3          |            |    | Linear Static  | Sovraccarichi perm orizz | 1,5 |          |
| SLU3          |            |    | Linear Static  | Vento long               | 1,5 |          |
| Inviluppo SLU | Envelope   | No | Response Combo | SLU1                     | 1   | None     |
| Inviluppo SLU |            |    | Response Combo | SLU2                     | 1   |          |
| Inviluppo SLU |            |    | Response Combo | SLU3                     | 1   |          |

## 6.7 Combinazioni dei carichi di esercizio (SLE)

Di seguito si riportano le combinazioni allo stato limite elastico considerate nel calcolo di verifica, queste sono state costruite secondo il paragrafo 2.5.3 della normativa, in particolare di seguito sono riportate le combinazioni “rare”, “frequenti” e “quasi permanenti”, che verranno utilizzate nelle verifiche delle massime deformazioni nelle strutture in acciaio.

### Combinazioni di esercizio dei carichi

| TABLE: Combination Definitions |            |            |               |                          |             |             |
|--------------------------------|------------|------------|---------------|--------------------------|-------------|-------------|
| ComboName                      | ComboType  | AutoDesign | CaseType      | CaseName                 | ScaleFactor | SteelDesign |
| Text                           | Text       | Yes/No     | Text          | Text                     | Unitless    | Text        |
| SLE - Qperm                    | Linear Add | No         | Linear Static | DEAD                     | 1           | Deflection  |
| SLE - Qperm                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1           |             |
| SLE - Qperm                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1           |             |
| SLE - Freq1                    | Linear Add | No         | Linear Static | DEAD                     | 1           | Deflection  |
| SLE - Freq1                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1           |             |
| SLE - Freq1                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1           |             |
| SLE - Freq1                    |            |            | Linear Static | Ghiaccio                 | 0,2         |             |
| SLE - Freq2                    | Linear Add | No         | Linear Static | DEAD                     | 1           | Deflection  |
| SLE - Freq2                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1           |             |
| SLE - Freq2                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1           |             |
| SLE - Freq2                    |            |            | Linear Static | Vento trasv              | 0,2         |             |
| SLE - Freq3                    | Linear Add | No         | Linear Static | DEAD                     | 1           | Deflection  |
| SLE - Freq3                    |            |            | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1           |             |

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br/>GENERALI s.r.l.</b>                                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br><u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>                                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 27 DI 54 |

|             |            |    |               |                          |     |            |
|-------------|------------|----|---------------|--------------------------|-----|------------|
| SLE - Freq3 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1   |            |
| SLE - Freq3 |            |    | Linear Static | Vento trasv              | 0,2 |            |
| SLE - Rara1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD                     | 1   | Deflection |
| SLE - Rara1 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1   |            |
| SLE - Rara1 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1   |            |
| SLE - Rara1 |            |    | Linear Static | Ghiaccio                 | 0,5 |            |
| SLE - Rara2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD                     | 1   | Deflection |
| SLE - Rara2 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1   |            |
| SLE - Rara2 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1   |            |
| SLE - Rara2 |            |    | Linear Static | Vento trasv              | 0,6 |            |
| SLE - Rara3 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD                     | 1   | Deflection |
| SLE - Rara3 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm vert  | 1   |            |
| SLE - Rara3 |            |    | Linear Static | Sovraccarichi perm orizz | 1   |            |
| SLE - Rara3 |            |    | Linear Static | Vento long               | 0,6 |            |

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>28 DI 54 |

## 7. CRITERI DI VERIFICA

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:

### 7.1 Verifiche allo Stato Limite Ultimo

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 resistenza dei materiali  $f_{yk}$  e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione;
- $\gamma_M$  è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato.

Tab. 4.2.VII - 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 4.2.I)

Tab. 4.2.I - Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento |                               |                               |                               |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                           |                               | 40 mm < t ≤ 80 mm             |                               |
|                              | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]       | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
| 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                           |
| S460 Q/QL/QL1                | 460                                 | 570                           | 440                           | 580                           |
| UNI EN 10025-5               |                                     |                               |                               |                               |
| S 235 W                      | 235                                 | 360                           | 215                           | 340                           |
| S 355 W                      | 355                                 | 510                           | 335                           | 490                           |

|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 29 DI 54 |

### 7.1.1 Verifica delle membrature

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

In accordo con il paragrafo 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:

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

Per le sezioni di classe 3, in assenza di azioni di taglio, la verifica a presso o tenso-flessione retta o biassiale è condotta in termini tensionali utilizzando le verifiche elastiche; la tensione agente è calcolata considerando la eventuale presenza dei fori.

Per le sezioni di classe 4, le verifiche devono essere condotte con riferimento alla resistenza elastica (verifica tensionale); si possono utilizzare le proprietà geometriche efficaci della sezione trasversale considerando la eventuale presenza dei fori.

In caso di verifica per azioni sismiche viene adottata la maggiorazione delle azioni non sismiche come da formula 7.5.7 del DM18.

#### Verifica a taglio

In accordo con il paragrafo 4.2.4.1.2.4 del DM18, 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

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

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

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

|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 30 DI 54 |

$A_v = Ab / (b+h)$  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  $\gamma_{Rd} \omega$ .

#### Verifica assiale

La resistenza assiale è di fatto insita nella verifica presso flessionale ma nel caso di verifica per azioni sismiche è prevista una specifica restrizione dettata dalla formula 7.5.4 del DM18 per le travi e 7.5.6 per le colonne. Nel caso delle travi è previsto un fattore massimo di sfruttamento pari a 0.15 che corrisponde ad un fattore di sicurezza minimo di 6.66.

#### Stabilità delle membrature

##### **Aste compresse**

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere

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

dove

$N_{Ed}$  è l'azione di compressione di calcolo,

$N_{b,Rd}$  è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa, data da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3}$$

e da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 4.}$$

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

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

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>31 DI 54 |

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

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

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

#### **Instabilità a taglio**

Viene verificata la instabilità a taglio come da criteri esposti nella Circolare al paragrafo C4.2.4.1.3.4.1 "Stabilità dei pannelli soggetti a taglio". Questa verifica viene effettuata solo se sussistono le condizioni per cui si possa verificare l'instabilità.

#### **Instabilità flessionale e flessio-torsionale**

Viene verificata la instabilità flessionale come da criteri esposti nel paragrafo 4.2.4.1.3.2 del DM18 "Travi inflesse".

Una trave con sezione ad I o H soggetta a flessione nel piano dell'anima, con la piattabanda compressa non sufficientemente vincolata lateralmente, deve essere verificata nei riguardi dell'instabilità flessio torsionale secondo la formula:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

dove:

$M_{Ed}$  è il massimo momento flettente di calcolo;

$M_{b,Rd}$  è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto per i fenomeni di instabilità di una trave lateralmente non vincolata può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

dove

$W_y$  è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico  $W_{pl,y}$ , per le sezioni di classe 1 e 2, al modulo elastico  $W_{el,y}$ , per le sezioni di classe 3 e che può essere assunto pari al modulo efficace  $W_{eff,y}$ , per le sezioni di classe 4. Il fattore  $\chi_{LT}$  è il fattore di riduzione per l'instabilità flessio-torsionale, dipendente dal tipo di profilo impiegato; può essere determinato per profili laminati o composti saldati dalla formula:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \begin{cases} 1,0 \\ \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \cdot \frac{1}{\beta} \end{cases}$$

dove  $\Phi_{LT} = 0.5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$

Il coefficiente di snellezza adimensionale  $\bar{\lambda}_{LT}$  è dato dalla formula

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yk}}{M_{cr}}}$$

|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                  | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 32 DI 54 |

in cui  $M_{cr}$  è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme. Il fattore di imperfezione  $\alpha_{LT}$  è ottenuto dalle indicazioni riportate nella Tab. 4.2.IX(b).

Tab. 4.2.IX (b) - Definizione delle curve di stabilità per le varie tipologie di sezione e per gli elementi inflessi

| Sezione trasversale       | Limiti       | Curva di instabilità da Tab. 4.2.VIII |
|---------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Sezione laminata ad I     | $h/b \leq 2$ | b                                     |
|                           | $h/b > 2$    | c                                     |
| Sezione composta saldata  | $h/b \leq 2$ | c                                     |
|                           | $h/b > 2$    | d                                     |
| Altre sezioni trasversali | -            | d                                     |

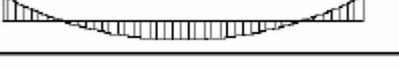
Il coefficiente  $\bar{\lambda}_{LT,0}$  può essere assunto in generale pari a 0,2 e comunque mai superiore a 0,4 (consigliato per sezioni laminata e composte saldate) mentre il coefficiente b può essere assunto in generale pari ad 1 e comunque mai inferiore a 0,75 (valore consigliato per sezioni laminata e composte saldate).

Il fattore f considera la reale distribuzione del momento flettente tra i ritegni torsionali dell'elemento inflesso ed è definito dalla formula:

$$f = 1 - 0,5(1 - k_c) \left[ 1 - 2,0(\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2 \right]$$

in cui il fattore correttivo  $k_c$  assume i valori riportati in Tab. 4.2.X.

Tab. 4.2.X - Coefficiente correttivo del momento flettente per la verifica a stabilità delle travi inflesse

| Distribuzione del momento flettente   | Fattore correttivo $k_c$    |
|---|-----------------------------|
| <br>$\psi = M_{dx} / M_{sx} = 1$ | 1,0                         |
| <br>$-1 \leq \psi \leq 1$        | $\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$ |
|                                  | 0,94                        |
|                                  | 0,90                        |
|                                  | 0,91                        |
|                                  | 0,86                        |
|                                  | 0,77                        |
|                                  | 0,82                        |

|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br/>GENERALI s.r.l.</b> | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:  | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl                                |   |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>   | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 33 DI 54 |

## 7.1.2 Verifica collegamenti bullonati

### 7.1.2.9 Unioni soggette a taglio

Bisogna considerare, per ciascuna caratteristica della sollecitazione, i due possibili meccanismi di rottura per taglio e verificare che la resistenza del collegamento risulti sempre non minore delle azioni sollecitanti:

#### Taglio bullone

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni e dei chiodi  $F_{v,Rd}$ , per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8;}$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 6.8 e 10.9;}$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tr} A_0 / \gamma_{M2}, \text{ per i chiodi.}$$

#### Rifollamento piastra

La resistenza di calcolo a rifollamento  $F_{b,Rd}$  del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}$$

dove:

$d$  è il diametro nominale del gambo del bullone,

$t$  è lo spessore della piastra collegata,

$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,

$\alpha = \min \{ e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_t ; 1 \}$  per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato,

$\alpha = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1 \}$  per bulloni interni nella direzione del carico applicato,

$k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$  per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,

$k = \min \{ 1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$  per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato,

essendo  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $p_1$  e  $p_2$  indicati in Fig. 4.2.3 e  $d_0$  il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone,

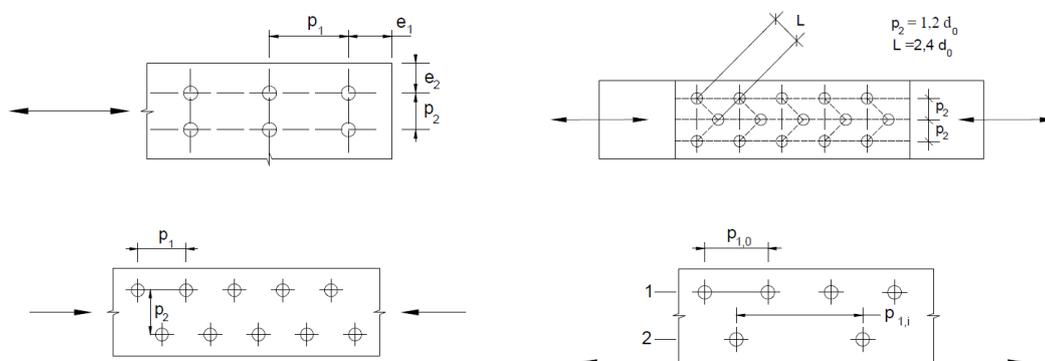


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>34 DI 54 |

### 7.1.2.10 Unioni soggette a trazione

La resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione  $F_{t,Rd}$  può essere assunta pari a:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} \times A_{res} / \gamma_{M2}$$

Inoltre, nelle unioni bullonate soggette a trazione è necessario verificare la piastra a punzonamento.

La resistenza a punzonamento del piatto collegato è pari a

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_{tk} / \gamma_{M2}$$

dove  $d_m$  è il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone;  $t_p$  è lo spessore del piatto e  $f_{tk}$  è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto.

### 7.1.2.11 Unioni soggette a taglio per attrito

In accordo con il D.M.2018, le unioni a taglio per attrito si calcolano nel seguente modo (§ 4.2.8.1.1):

“La resistenza di calcolo allo scorrimento  $F_{s,Rd}$  di un bullone di classe 8.8 precaricato può essere assunta pari a:

$$F_{s,Rd} = n \mu F_{p,C} / \gamma_{M3}$$

dove:

- $n$  è il numero delle superfici di attrito,
- $\mu$  è il coefficiente di attrito di cui al § 4.2.8.1.1,
- $F_{p,C}$  è la forza di precarico del bullone che, in caso di serraggio controllato, può essere assunta pari a  $0,7x f_{tb} \times A_{res}$ , invece che pari a  $0,7x f_{tb} \times A_{res} / \gamma_{M7}$ .

Poiché è noto che un eccesso del momento di serraggio comporta lo snervamento e, talvolta, anche la rottura della vite, gli operatori devono prestare la massima attenzione ai dati che sono riportati sulle targhette delle confezioni dei bulloni conformi alla nuova normativa armonizzata al fine della determinazione del momento di serraggio.

Nel caso il momento di serraggio non sia riportato sulle targhette delle confezioni, ma compaia il solo fattore  $k$  secondo la classe funzionale, per facilitare gli operatori addetti ai montaggi, si può fare riferimento alla seguente Tabella C4.2.XX (che si riferiscono alle viti di classe 8.8) per definire il momento di serraggio dei bulloni”.

Tabella C4.2.XX - Coppie di serraggio per bulloni 8.8

| Vite | Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m] |          |          |          |          |          |          | $F_{p,C}$ [kN] | $A_{res}$ [mm <sup>2</sup> ] |
|------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|------------------------------|
|      | $k=0.10$                                | $k=0.12$ | $k=0.14$ | $k=0.16$ | $k=0.18$ | $k=0.20$ | $k=0.22$ |                |                              |
| M12  | 56.6                                    | 68.0     | 79.3     | 90.6     | 102      | 113      | 125      | 47.2           | 84.3                         |
| M14  | 90.2                                    | 108      | 126      | 144      | 162      | 180      | 198      | 64.4           | 115                          |
| M16  | 141                                     | 169      | 197      | 225      | 253      | 281      | 309      | 87.9           | 157                          |
| M18  | 194                                     | 232      | 271      | 310      | 348      | 387      | 426      | 108            | 192                          |
| M20  | 274                                     | 329      | 384      | 439      | 494      | 549      | 604      | 137            | 245                          |
| M22  | 373                                     | 448      | 523      | 597      | 672      | 747      | 821      | 170            | 303                          |
| M24  | 474                                     | 569      | 664      | 759      | 854      | 949      | 1044     | 198            | 353                          |
| M27  | 694                                     | 833      | 972      | 1110     | 1249     | 1388     | 1527     | 257            | 459                          |
| M30  | 942                                     | 1131     | 1319     | 1508     | 1696     | 1885     | 2073     | 314            | 561                          |
| M36  | 1647                                    | 1976     | 2306     | 2635     | 2965     | 3294     | 3624     | 457            | 817                          |

|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 35 DI 54 |

### 7.1.3 Verifica dei collegamenti saldati

#### Saldature a completa 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.

#### Saldature a cordone d'angolo

La resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone stesso.

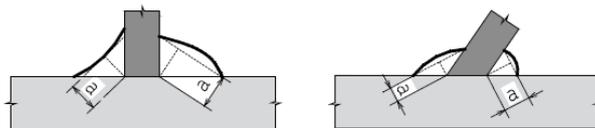


Figura 4.2.4 - Definizione dell'area di gola per le saldature a cordone d'angolo.

La lunghezza di calcolo L è quella intera del cordone, purché questo non abbia estremità palesemente mancanti o difettose.

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, si indicano con  $n_{\perp}$  e con  $t_{\perp}$  la tensione normale e la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone.

La verifica dei cordoni d'angolo si effettua controllando che siano soddisfatte simultaneamente le due condizioni:

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

$$|n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$$

dove  $f_{yk}$  è la tensione di snervamento caratteristica ed i coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$  sono dati, in funzione del grado di acciaio, in Tab. 4.2.XIX.

Tab. 4.2.XIX - Valori dei coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$

|           | S235 | S275 - S355 | S420 - S460 |
|-----------|------|-------------|-------------|
| $\beta_1$ | 0,85 | 0,70        | 0,62        |
| $\beta_2$ | 1,0  | 0,85        | 0,75        |

### 7.2 Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Si devono effettuare le seguenti verifiche :

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.

Nel caso in esame non è possibile definire un limite preciso di deformabilità della struttura, ma tramite il calcolo delle deformazioni nella condizione quasi permanente, possono effettuarsi delle considerazioni riguardo allo strapiombo da attribuire al sostegno in modo da garantire in esercizio una perfetta altezza della linea di contatto.

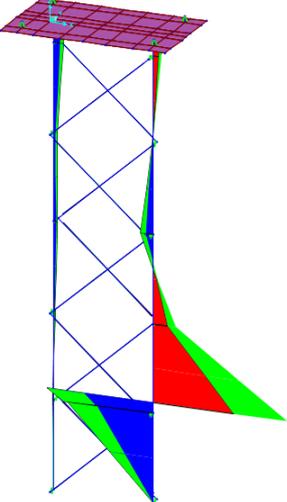
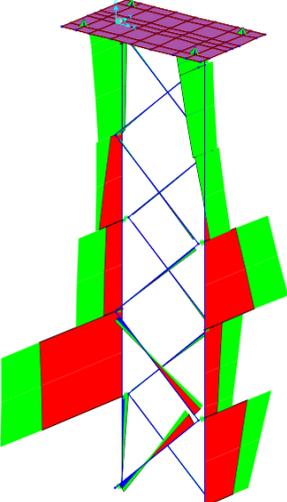
|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br><u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 36 DI 54 |

## 8. RISULTATI DEL CALCOLO

In quanto segue si riporta una rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi effettuata.

Si effettua dapprima una restituzione dei diagrammi di involuppo del momento flettente, degli sforzi di taglio e degli sforzi normali sul modello spaziale nel suo insieme.

Ancora sullo stesso modello spaziale si riporta la rappresentazione del diagramma della deformata per le più significative condizioni di esercizio.

|   |  |
|---|--|
| <i>Diagramma di involuppo del momento flettente globale allo SLU in senso trasversale (ortogonale ai binari)</i><br><b>Massimo = 815.79 daNxm</b> | <i>Diagramma di involuppo del momento flettente globale allo SLU in senso longitudinale (parallelo ai binari)</i><br><b>Massimo = 112.05 daNxm</b> |
|    |   |
| <i>Diagramma di involuppo del taglio globale allo SLU in senso trasversale (ortogonale ai binari)</i><br><b>Massimo = 3114.92 daN</b>             | <i>Diagramma di involuppo del taglio globale allo SLU in senso longitudinale (parallelo ai binari)</i><br><b>Massimo = 206.41 daN</b>              |

APPALTATORE:  
**D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
 GENERALI s.r.l.**

**RIASSETTO NODO DI BARI**

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

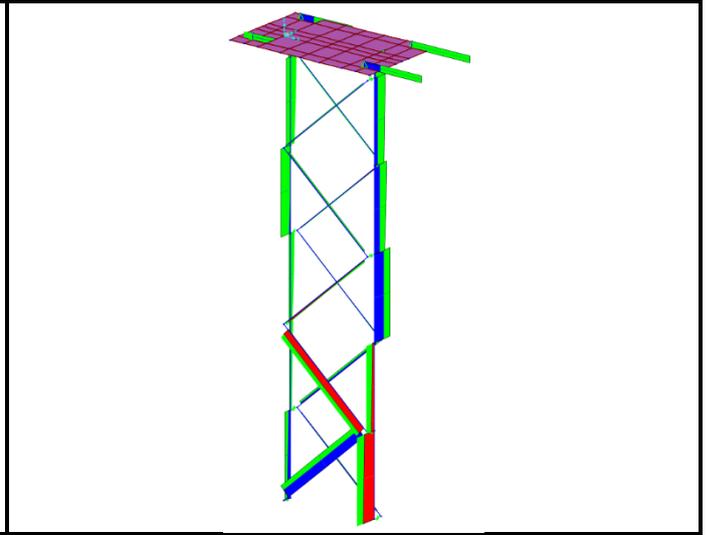
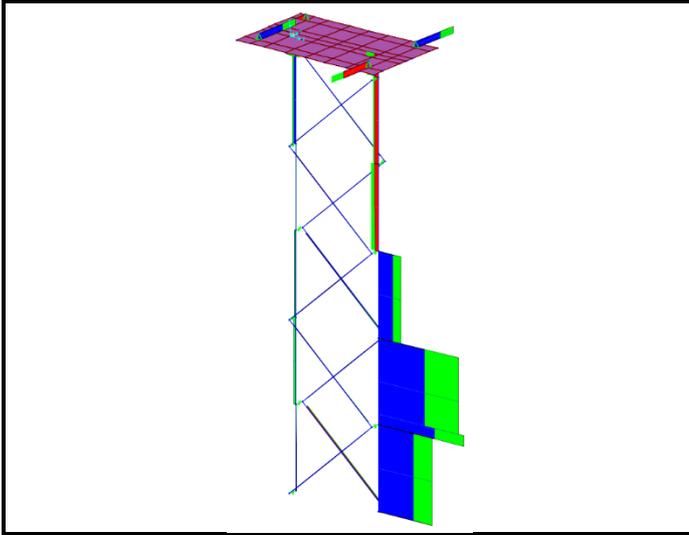
RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

**TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
 BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE**

PROGETTO ESECUTIVO:

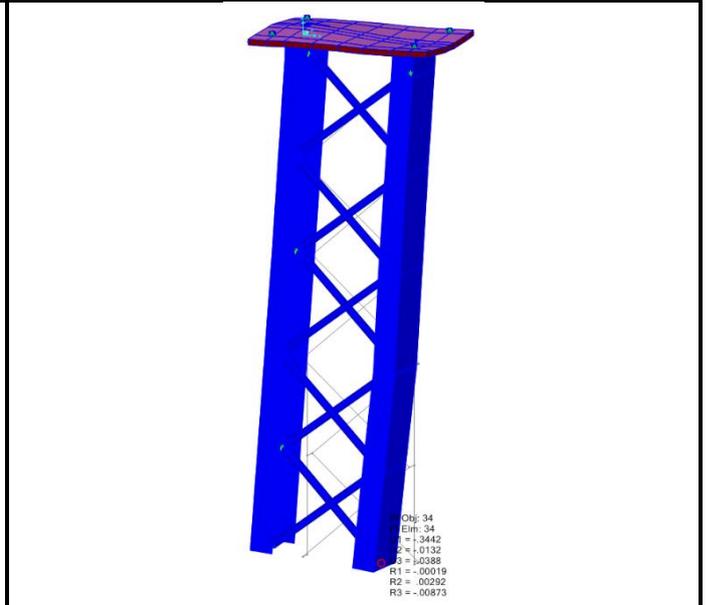
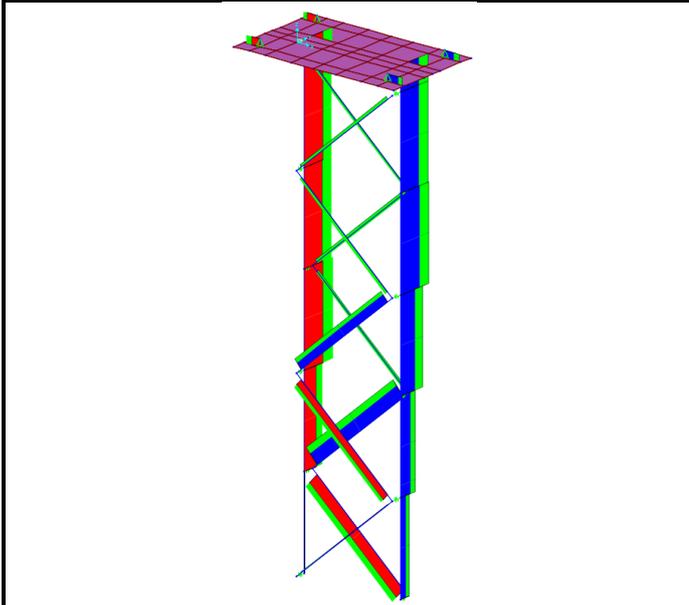
**CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
 STANDARD**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 37 DI 54 |



*Diagramma di involuppo dello sforzo normale globale allo SLU*  
 Massimo = **5401.62 daN**

*Grafico delle deformate tipo globale allo SLE – Quasi Permanente: (CV)*  
 Massimo = **0.344 cm**



*Grafico delle deformate tipo globale allo SLE – Rara1: (CV + Ghiaccio)*  
 Massimo = **0.422 cm**

*Grafico delle deformate tipo globale allo SLE – Rara2: (CV + Vento trasversale)*  
 Massimo = **0.468 cm**

APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

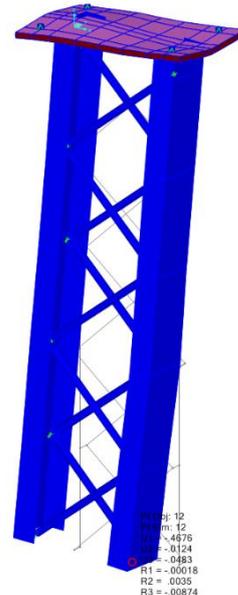
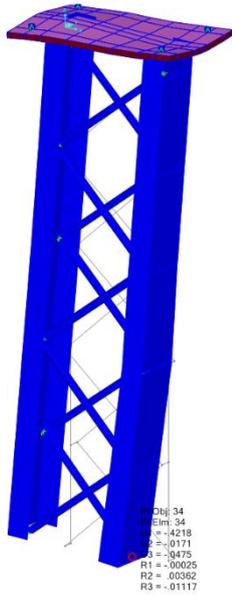
TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 38 DI 54 |



|   |   |       |          |            |      |          |
|---|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br><u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|   | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 39 DI 54 |

## 9. VERIFICA STRUTTURA METALLICA

Tutte le membrature sono state verificate dal programma di calcolo SAP2000 v15.1.0 di comprovata validità. In rispetto alla vigente normativa per le verifiche si è fatto ricorso al c.d. EC3 (UNI EN 1993-1-1:2005), modificando i coefficienti parziali di sicurezza in ottemperanza alle NTC 18.

Dall'analisi dei tabulati emerge che, con riferimento alla geometria della struttura, ai vincoli esterni ed interni, alla sezione dei profili, ai materiali utilizzati ed ai carichi agenti, i profili maggiormente sollecitati raggiungono aliquote accettabili della resistenza massima.

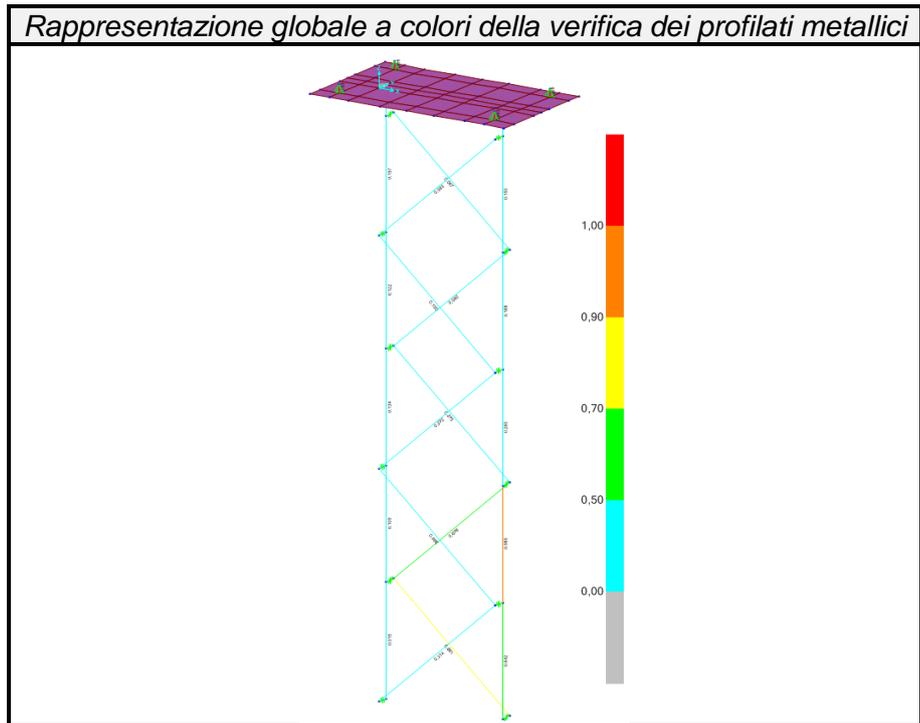
Le piastre di ancoraggio vengono verificate a parte, per la particolare modellazione effettuata, così come per i collegamenti bullonati e saldati.

In quanto segue si riportano per ogni elemento strutturale, lo schema con la numerazione dei nodi e delle aste e successivamente i tabulati di verifica riassuntivi prodotti dal programma di calcolo.

I tabulati di seguito riportati contengono i seguenti dati:

- Frame: Numerazione elemento;
- Design Sect: Sezione strutturale;
- Design Type: Tipo di elemento (column=montante; beam=trave; brace=diagonale);
- Status: Eventuali cambiamenti di caratteristiche inerziali del profilo;
- Ratio: Fattore di utilizzo (max 0.99 = 99%);
- Ratio Type: Tipo di rottura prevista (PMM=pressoflessione deviata;  $V_{sheare}$ =taglio);
- Combo: comb. dei carichi per la quale si attinge il massimo fattore di utilizzo;
- Location: posizione della massima sollecitazione all'interno dell'elemento;
- ErrMsg: Messaggi errore (Si=Verifica non soddisfatta; No=Verifica soddisfatta);
- WarnMsg: Messaggi mal condizionamento di alcuni elementi (es.  $N_{Ed} > N_{crit}$ ).

|  |   |                           |                                   |                                       |                         |                                  |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                           |                                   |                                       |                         |                                  |
| <b>PROGETTISTA:</b><br><u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                           |                                   |                                       |                         |                                  |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | <b>PROGETTO</b><br><b>IA3S</b>  | <b>LOTTO</b><br><b>01</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>V ZZ CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>LC0000 001</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>40 DI 54</b> |



### 9.1 Verifica tronco Palo LSU14 a

Di seguito si riportano elemento gli schemi con le numerazioni e degli elementi e contestualmente delle rappresentazioni riepilogative a colori delle verifiche maggiormente significative effettuate. Successivamente si riportano, elemento per elemento costituente il pilastro, i tabulati di verifica relativi.

APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

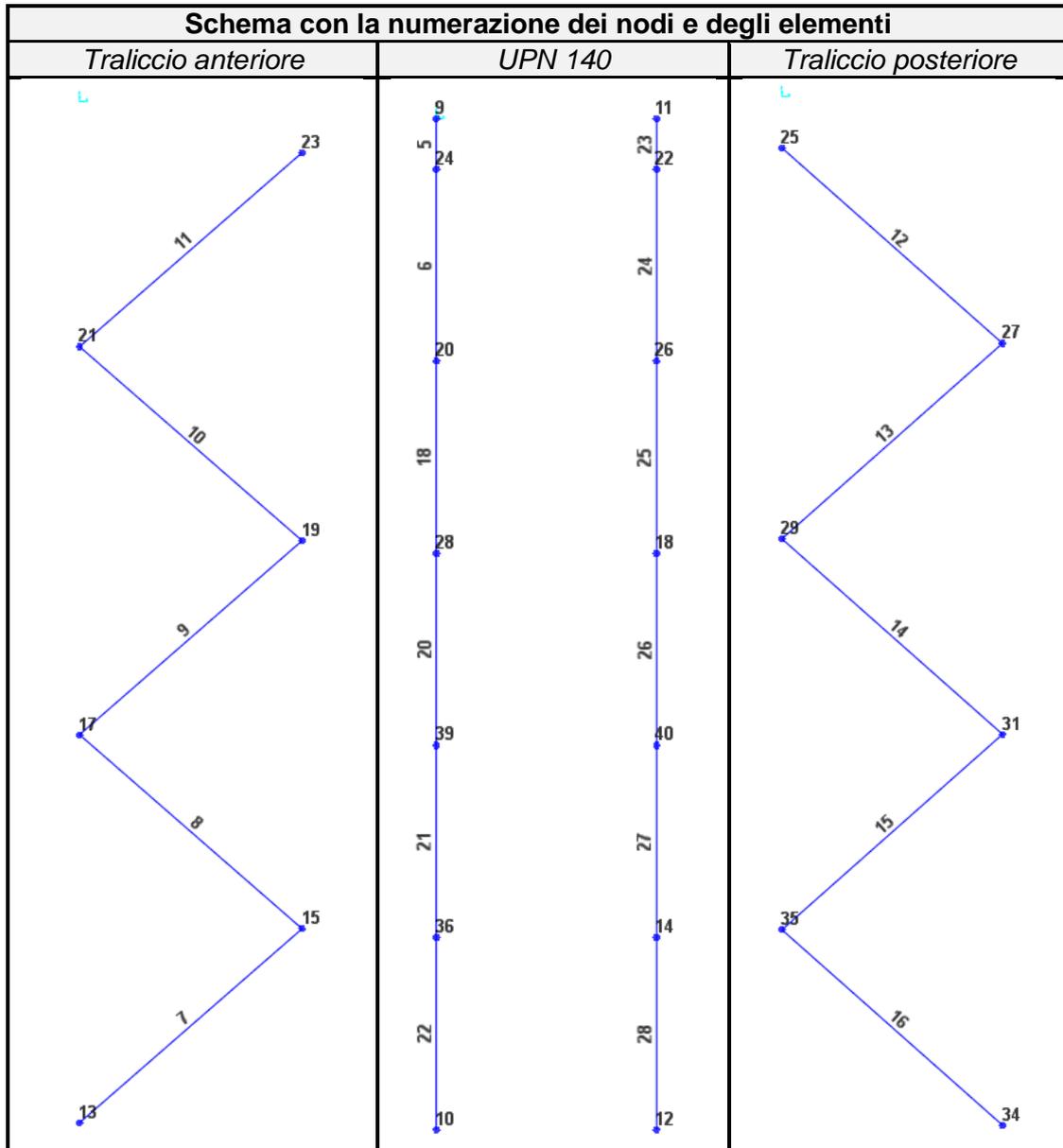
Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 41 DI 54 |

**CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD**



APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

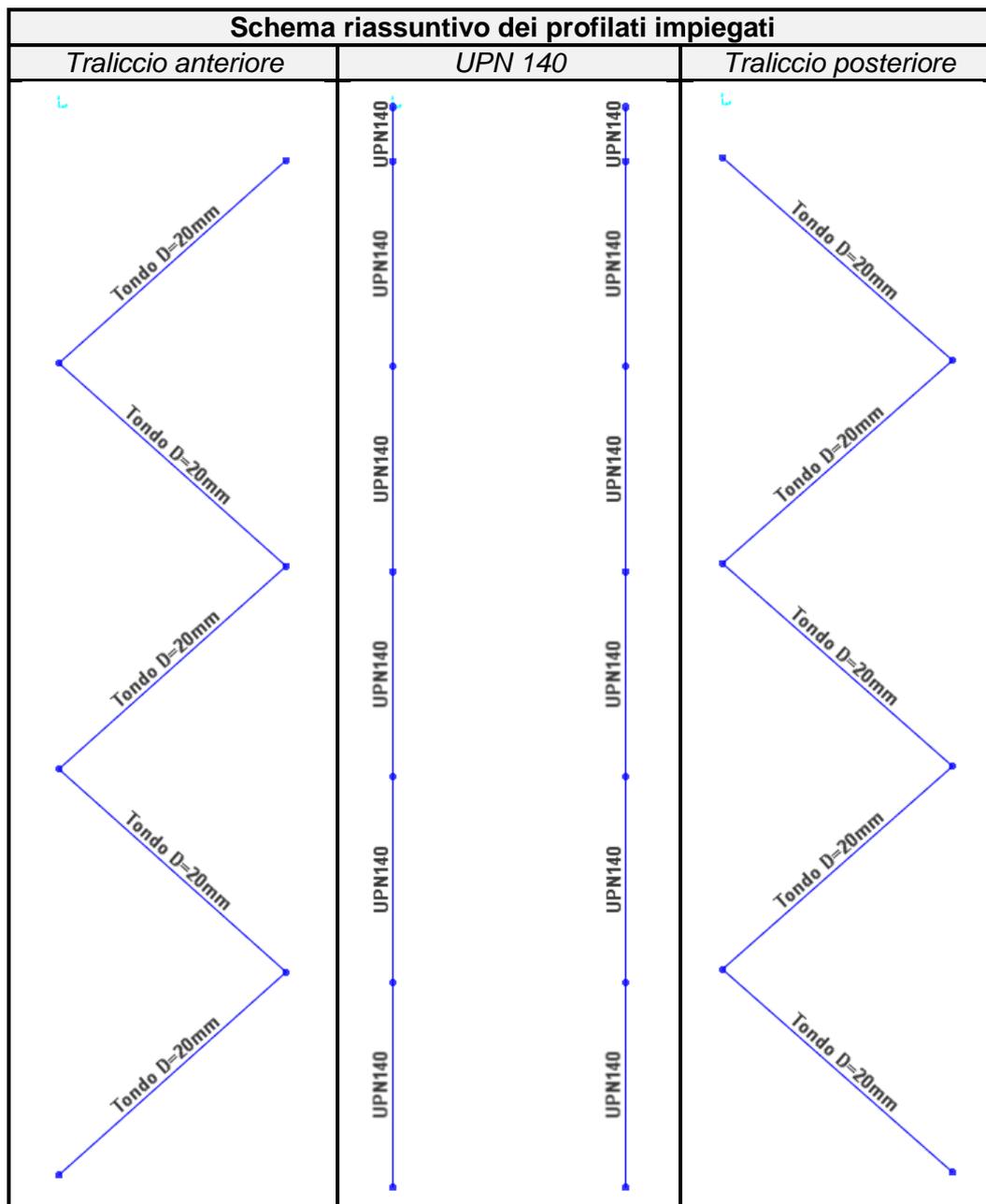
Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 42 DI 54 |

**CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD**



APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

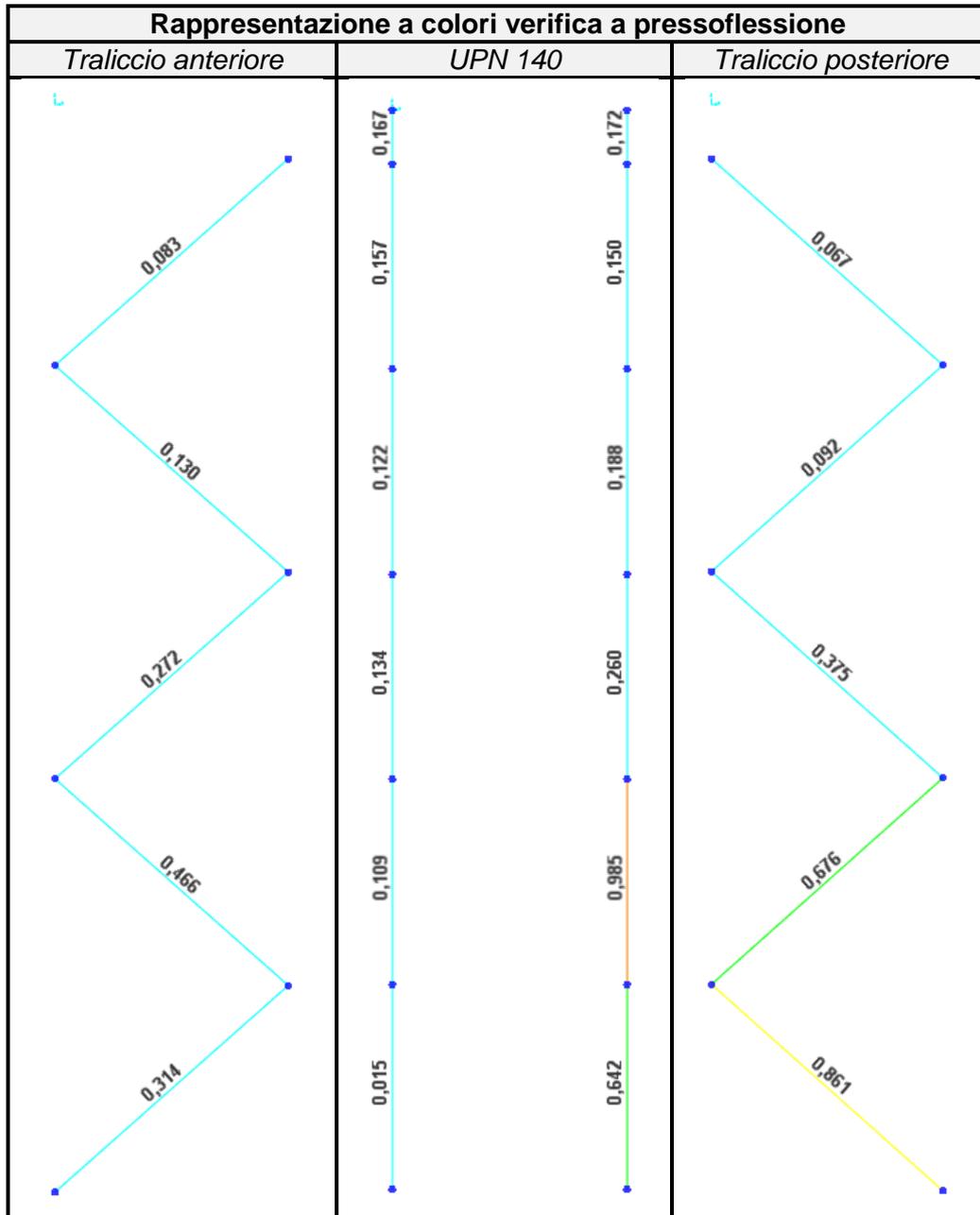
Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 43 DI 54 |

**CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD**



|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br/>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>44 DI 54 |

### 9.1.1 Verifica profili UPN140

Di seguito si riporta il tabulato riassuntivo delle verifiche effettuate.

| TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005 |            |            |        |          |           |       |          |        |         |
|--|------------|------------|--------|----------|-----------|-------|----------|--------|---------|
| Frame  | DesignSect | DesignType | Status | Ratio    | RatioType | Combo | Location | ErrMsg | WarnMsg |
| Text   | Text       | Text       | Text   | Unitless | Text      | Text  | cm       | Text   | Text    |
| 5  | UPN140     | Column     | No     | 0,167429 | PMM       | SLU2  | 0        | No     | No      |
| 6  | UPN140     | Column     | No     | 0,156867 | PMM       | SLU1  | 0        | No     | No      |
| 18   | UPN140     | Column     | No     | 0,121774 | PMM       | SLU1  | 26,6     | No     | No      |
| 20   | UPN140     | Column     | No     | 0,134445 | PMM       | SLU1  | 0        | No     | No      |
| 21   | UPN140     | Column     | No     | 0,108997 | PMM       | SLU1  | 26,6     | No     | No      |
| 22   | UPN140     | Column     | No     | 0,015299 | PMM       | SLU1  | 0        | No     | No      |
| 23   | UPN140     | Column     | No     | 0,171743 | PMM       | SLU2  | 0        | No     | No      |
| 24   | UPN140     | Column     | No     | 0,150264 | PMM       | SLU1  | 0        | No     | No      |
| 25   | UPN140     | Column     | No     | 0,187595 | PMM       | SLU1  | 26,6     | No     | No      |
| 26   | UPN140     | Column     | No     | 0,259843 | PMM       | SLU1  | 26,6     | No     | No      |
| 27   | UPN140     | Column     | No     | 0,985499 | PMM       | SLU1  | 23,4     | No     | No      |
| 28   | UPN140     | Column     | No     | 0,641602 | PMM       | SLU1  | 0        | No     | No      |

### 9.1.2 Verifica tondi $\Phi 20$

Di seguito si riporta il tabulato riassuntivo delle verifiche effettuate.

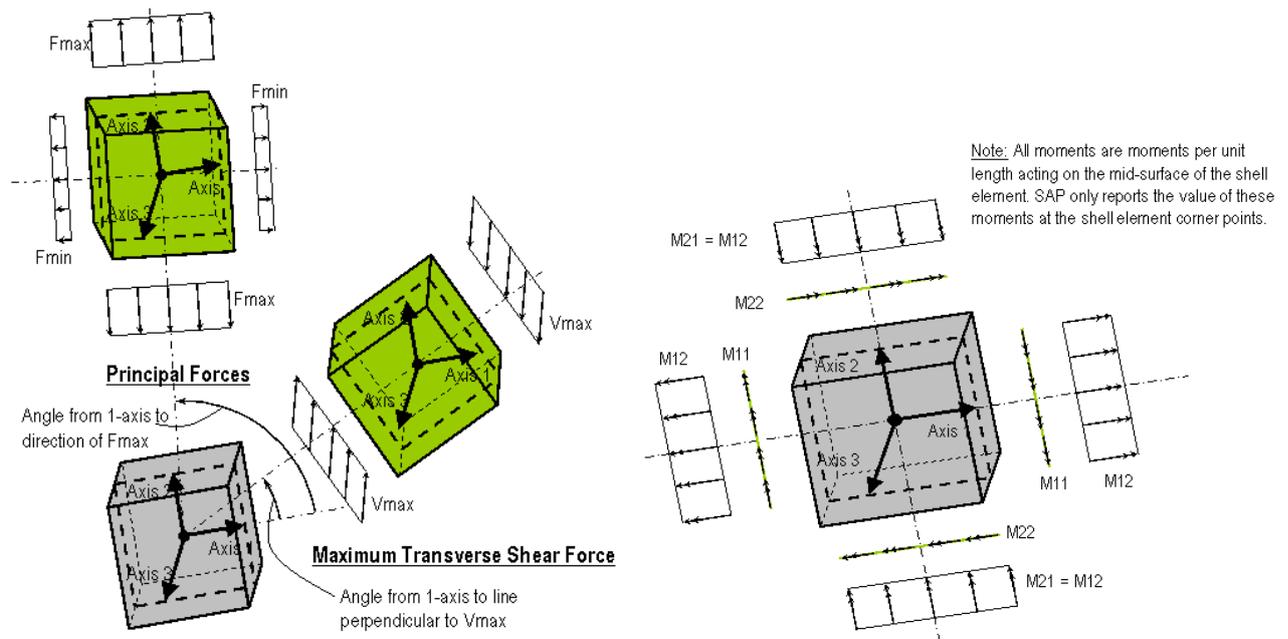
| TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005 |              |            |        |          |           |       |          |        |         |
|--|--------------|------------|--------|----------|-----------|-------|----------|--------|---------|
| Frame  | DesignSect   | DesignType | Status | Ratio    | RatioType | Combo | Location | ErrMsg | WarnMsg |
| Text   | Text         | Text       | Text   | Unitless | Text      | Text  | cm       | Text   | Text    |
| 7  | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,314174 | PMM       | SLU1  | 38,094   | No     | No      |
| 8  | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,465982 | PMM       | SLU1  | 2        | No     | No      |
| 9  | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,271535 | PMM       | SLU1  | 38,094   | No     | No      |
| 10   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,129642 | PMM       | SLU2  | 2        | No     | No      |
| 11   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,083414 | PMM       | SLU2  | 38,094   | No     | No      |
| 12   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,067336 | PMM       | SLU2  | 38,094   | No     | No      |
| 13   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,092205 | PMM       | SLU1  | 38,094   | No     | No      |
| 14   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,375186 | PMM       | SLU1  | 38,094   | No     | No      |
| 15   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,676426 | PMM       | SLU1  | 2        | No     | No      |
| 16   | Tondo D=20mm | Brace      | No     | 0,861055 | PMM       | SLU1  | 38,094   | No     | No      |

|  |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                      | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTISTA:</b><br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                        | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>45 DI 54</b> |

## 9.2 Verifica piastra di ancoraggio

La verifica delle piastre di ancoraggio viene effettuata manualmente, in base alle sollecitazioni di progetto derivanti dal calcolo effettuato per le varie combinazioni allo Stato Limite Ultimo, di cui ai paragrafi dedicati. Il programma di calcolo utilizza le seguenti ipotesi per la convenzione dei segni inerenti le forze interne agli elementi "shell" modellati.

Le figure seguenti mostrano le direzioni positive delle forze principali  $F_{max}$  e  $F_{min}$ , della massima forza di taglio trasversale  $V_{max}$ , ed inoltre delle direzioni positive per i momenti  $M_{11}$ ,  $M_{22}$  e  $M_{12}$  negli elementi shell.



Di seguito si riportano i diagrammi a colori degli sforzi più significativi registrati negli elementi shell, con i risultati dell'analisi nella combinazione maggiormente gravosa per la piastra di ancoraggio, ovvero SLU2 (CV + Vento trasversale).

APPALTATORE:  
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI  
GENERALI s.r.l.

## RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA  
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI  
STANDARD

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA3S     | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 46 DI 54 |

Diagramma a colori dello sforzo  $F_{max}$  (massimo sforzo principale) per la combinazione dei carichi SLU2 (CV + Vento trasversale)

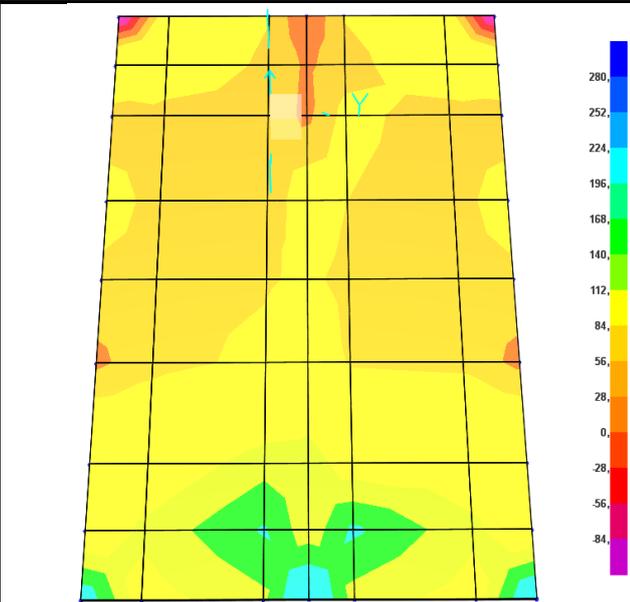


Diagramma a colori dello sforzo  $F_{min}$  (minimo sforzo principale) per la combinazione dei carichi SLU2 (CV + Vento trasversale)

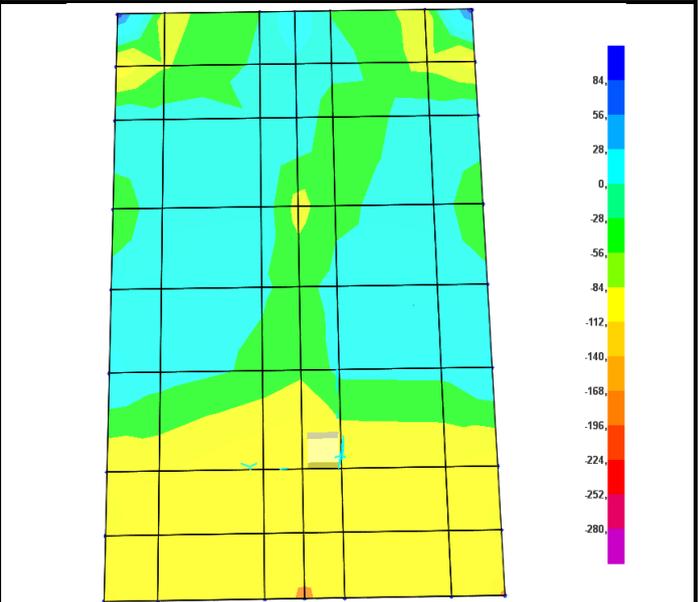


Diagramma a colori dello sforzo  $M_{max}$  (massimo momento) per la combinazione dei carichi SLU2 (CV + Vento trasversale)

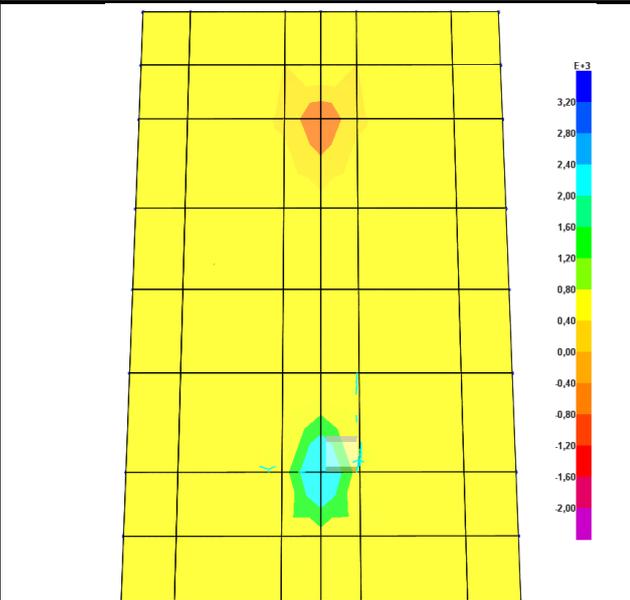
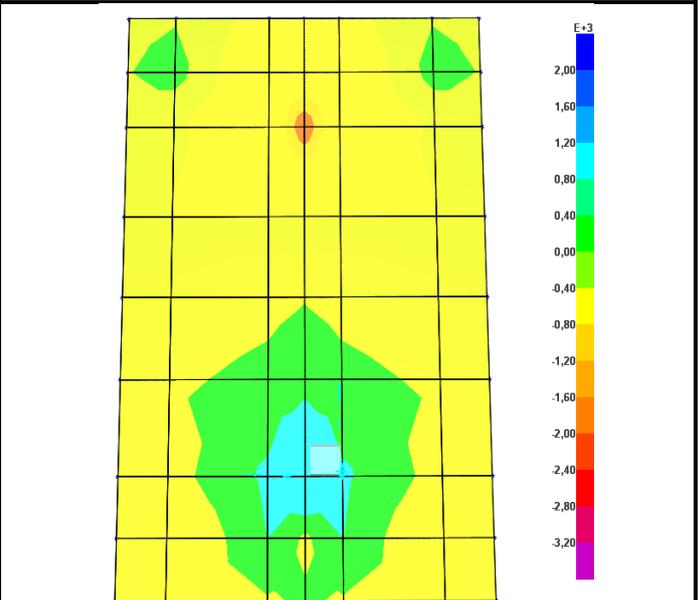
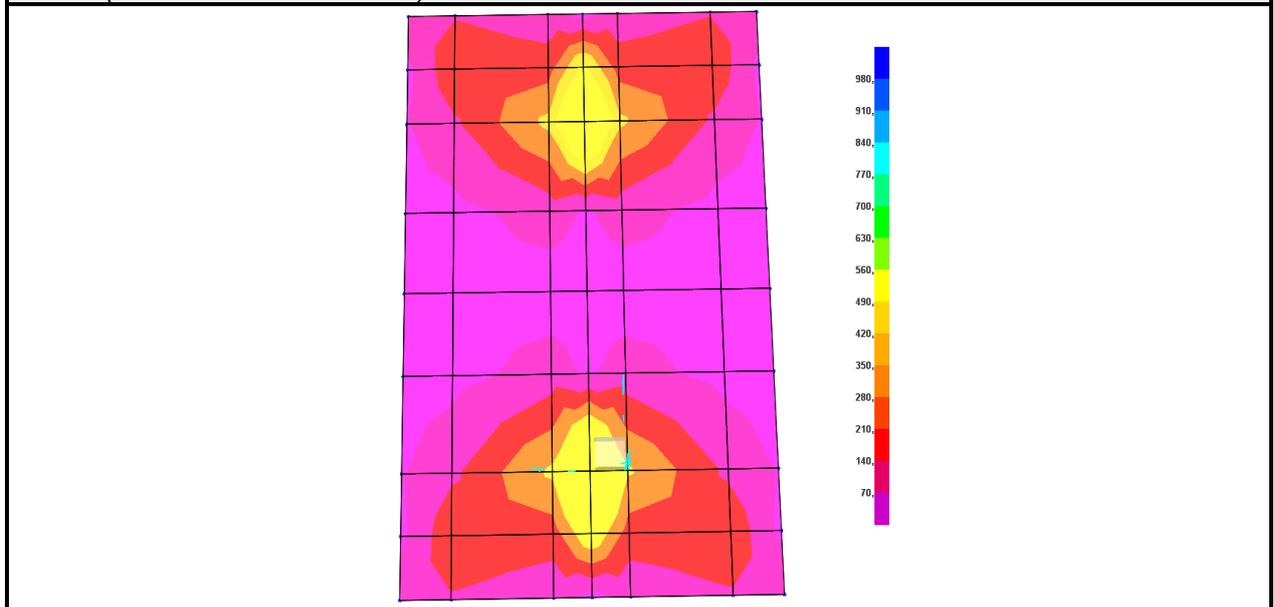


Diagramma a colori dello sforzo  $M_{min}$  (massimo momento) per la combinazione dei carichi SLU2 (CV + Vento trasversale)



|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 47 DI 54 |

Diagramma a colori dello sforzo  $V_{max}$  (massimo sforzo di taglio) per la combinazione dei carichi SLU2 (CV + Vento trasversale)



Utilizzando la particolare funzione di SAP2000, “section cutter”, sono state definite le sezioni maggiormente sollecitate della piastra nelle due direzioni principali, deducendo, in tal modo le caratteristiche della sollecitazione maggiormente significative.

Successivamente sono state effettuate le verifiche globali sulle varie sezioni definite per tutte le combinazioni di carico allo SLU.

Di seguito si riporta il tabulato di calcolo riassuntivo delle verifiche effettuate.

| <b>Sezione XZ - Y = - 8,25 cm (in corrispondenza dei bulloni)</b>   |         |                 |                |                 |                |      |      |                        |                        |      |            |
|---|---------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------|------|------------------------|------------------------|------|------------|
| Comb.   | N       | T <sub>  </sub> | T <sub>⊥</sub> | M <sub>  </sub> | M <sub>⊥</sub> | B    | s    | $\sigma_{id}$          | $f_{yd}$               | CS   | Verifica   |
|   | [daN]   | [daN]           | [daN]          | [daNxm]         | [daNxm]        | [mm] | [mm] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] |      |            |
| SLU1  | -37,81  | -98,11          | 34,49          | 654,50          | 841,47         | 500  | 15   | 462,16                 | 2571,43                | 5,56 | verificato |
| SLU2  | -37,81  | -383,31         | 32,98          | 656,71          | 869,44         | 500  | 15   | 483,60                 | 2571,43                | 5,32 | verificato |
| SLU3  | -301,72 | -101,17         | 73,37          | 450,41          | 582,09         | 500  | 15   | 324,56                 | 2571,43                | 7,92 | verificato |
| <b>Sezione XZ - Y = 2,75 cm (in corrispondenza dei profili UPN)</b> |         |                 |                |                 |                |      |      |                        |                        |      |            |
| Comb.   | P       | T <sub>  </sub> | T <sub>⊥</sub> | M <sub>  </sub> | M <sub>⊥</sub> | B    | s    | $\sigma_{id}$          | $f_{yd}$               | CS   | Verifica   |
|   | [daN]   | [daN]           | [daN]          | [daNxm]         | [daNxm]        | [mm] | [mm] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] |      |            |
| SLU1  | 37,81   | 113,91          | 34,49          | 6549,72         | -848,94        | 500  | 15   | 560,82                 | 2571,43                | 4,59 | verificato |
| SLU2  | 37,81   | 390,62          | 32,98          | 6569,29         | -872,95        | 500  | 15   | 580,24                 | 2571,43                | 4,43 | verificato |
| SLU3  | -226,11 | 110,85          | -7,27          | 4507,03         | -586,68        | 500  | 15   | 390,59                 | 2571,43                | 6,58 | verificato |
| <b>Sezione YZ - X = 0,0 cm (in mezzeria)</b>                        |         |                 |                |                 |                |      |      |                        |                        |      |            |

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>48 DI 54 |

| Comb.   | P        | T <sub>  </sub> | T <sub>⊥</sub> | M <sub>  </sub> | M <sub>⊥</sub> | B    | s    | σ <sub>id</sub>        | f <sub>yd</sub>        | CS    | Verifica   |
|---|----------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------|------|------------------------|------------------------|-------|------------|
|   | [daN]    | [daN]           | [daN]          | [daNxm]         | [daNxm]        | [mm] | [mm] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] |       |            |
| SLU1  | -4191,92 | 88,41           | -4,34          | -0,80           | 1,71           | 100  | 15   | 294,57                 | 2571,43                | 8,73  | verificato |
| SLU2  | -4349,99 | 362,36          | -2,01          | -0,67           | 7,19           | 100  | 15   | 351,28                 | 2571,43                | 7,32  | verificato |
| SLU3  | -2887,82 | 81,78           | -42,98         | -15,45          | 1,58           | 100  | 15   | 213,58                 | 2571,43                | 12,04 | verificato |
| <b>Sezione YZ - X = 30,0 cm (in corrispondenza dei profili UPN)</b> |          |                 |                |                 |                |      |      |                        |                        |       |            |
| Comb.   | P        | T <sub>  </sub> | T <sub>⊥</sub> | M <sub>  </sub> | M <sub>⊥</sub> | B    | s    | σ <sub>id</sub>        | f <sub>yd</sub>        | CS    | Verifica   |
|   | [daN]    | [daN]           | [daN]          | [daNxm]         | [daNxm]        | [mm] | [mm] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] |       |            |
| SLU1  | 989,16   | 47,02           | -15,16         | -0,05           | 69,91          | 100  | 15   | 258,10                 | 2571,43                | 9,96  | verificato |
| SLU2  | 968,21   | 17,29           | -8,02          | 4,95            | 68,68          | 100  | 15   | 251,87                 | 2571,43                | 10,21 | verificato |
| SLU3  | 677,05   | 18,28           | -9,50          | -12,31          | 48,28          | 100  | 15   | 181,20                 | 2571,43                | 14,19 | verificato |
| <b>Sezione YZ - X = 35,0 cm (in corrispondenza dei bulloni)</b>     |          |                 |                |                 |                |      |      |                        |                        |       |            |
| Comb.   | P        | T <sub>  </sub> | T <sub>⊥</sub> | M <sub>  </sub> | M <sub>⊥</sub> | B    | s    | σ <sub>id</sub>        | f <sub>yd</sub>        | CS    | Verifica   |
|   | [daN]    | [daN]           | [daN]          | [daNxm]         | [daNxm]        | [mm] | [mm] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] |       |            |
| SLU1  | -4279,02 | -123,62         | -4,34          | 2,06            | 211,48         | 100  | 15   | 864,32                 | 2571,43                | 2,98  | verificato |
| SLU2  | -4437,08 | -411,57         | -2,01          | 0,96            | 213,62         | 100  | 15   | 913,38                 | 2571,43                | 2,82  | verificato |
| SLU3  | -2974,92 | -130,24         | 37,66          | -26,96          | 146,14         | 100  | 15   | 614,48                 | 2571,43                | 4,18  | verificato |

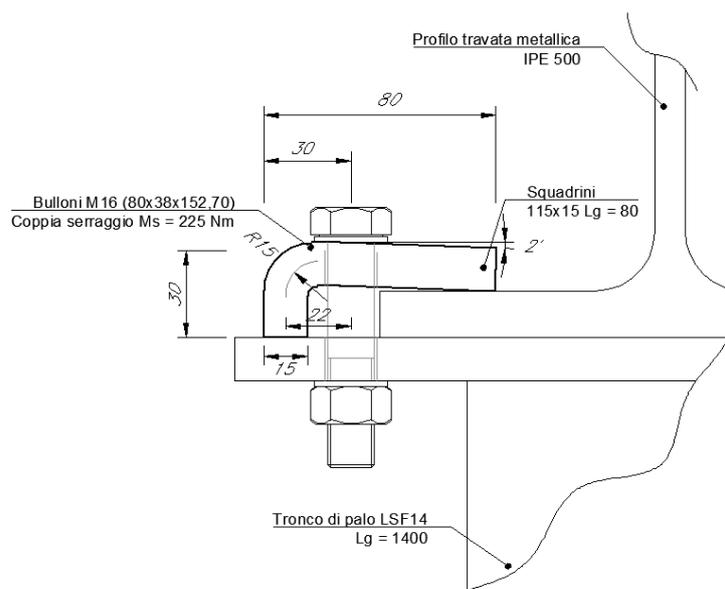
**Le verifiche risultano quindi ampiamente soddisfatte.**

### 9.3 Verifica squadrini

Per la verifica di tali elementi strutturali si fa riferimento ad unno schema statico notevole, ovvero una trave doppiamente appoggiata con carico concentrato in mezzeria, di entità pari allo sforzo di pretensione impresso nel bullone per effetto del serraggio.

Di seguito si riporta un particolare dell'elemento da verificarsi:

|  |   |       |          |            |      |          |
|--|---|-------|----------|------------|------|----------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.                   | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |       |          |            |      |          |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |       |          |            |      |          |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>             | PROGETTO  | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA3S  | 01    | V ZZ CL  | LC0000 001 | A    | 49 DI 54 |



Di conseguenza avendo imposto una coppia di serraggio di entità pari a 225 Nxm, risulterà:

| Coppia serraggio<br>[Nxm] | k    | $F_{p,Cd}$<br>[kN] | $M_{Ed}$<br>[daN x cm] | $W_{el}$<br>[daN/cm <sup>3</sup> ] | $\sigma_{Ed}$<br>[daN/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{Rd}$<br>[daN/cm <sup>2</sup> ] | Verifica a<br>flessione | CS<br>Flessione |
|---------------------------|------|--------------------|------------------------|------------------------------------|---|---|-------------------------|-----------------|
| 225                       | 0,16 | 87,89              | 8239,75                | 3,00                               | 2746,58                                 | 4095,24                                 | verificato              | 1,49            |

**La verifica a momento flettente risulta quindi ampiamente soddisfatta.**

#### 9.4 Verifiche collegamenti bullonati

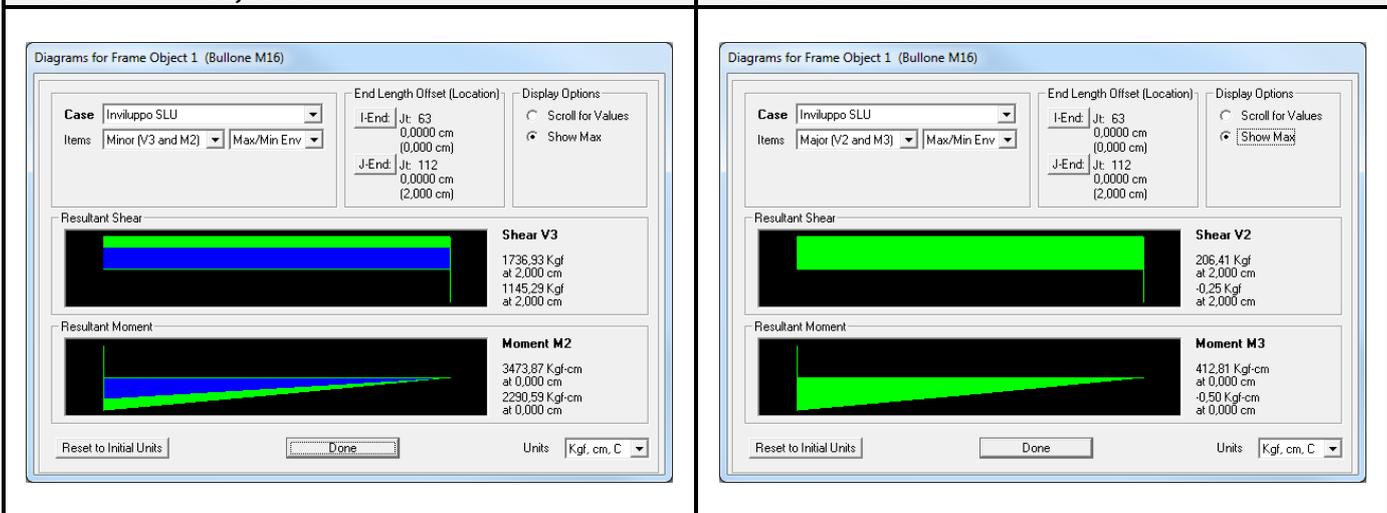
I collegamenti bullonati in esame, sono realizzati mediante bulloni M16x80 di classe di resistenza 8.8. Tale tipo di unione deve garantire che sia assicurata la resistenza a taglio ed a trazione, ma essendo tale collegamento progettato come una unione a taglio per attrito, bisognerà anche effettuare una verifica a scorrimento.

Le sollecitazioni di calcolo sono state valutate direttamente dal modello di calcolo. Di seguito si riportano i diagrammi di involuppo dello sforzo normale e del taglio.

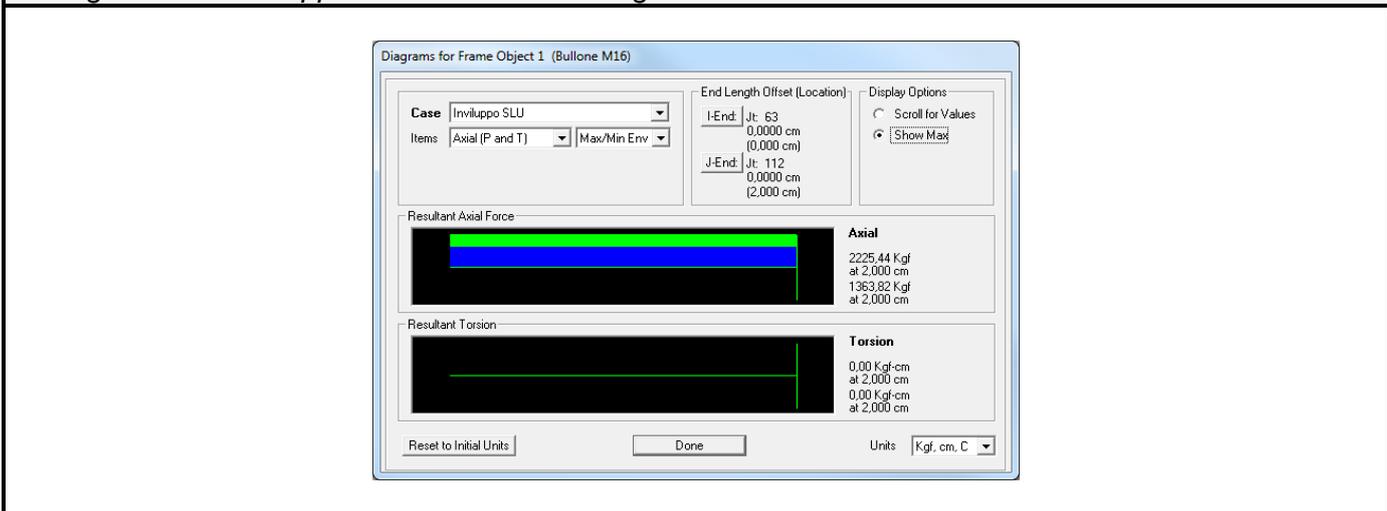
|  |   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
|--|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                      | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b><br><br><b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b>  |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| <b>PROGETTISTA:</b><br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> |   |          |            |          |           |      |        |      |    |         |            |   |          |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                        | <table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IA3S</td> <td>01</td> <td>V ZZ CL</td> <td>LC0000 001</td> <td>A</td> <td>50 DI 54</td> </tr> </table> | PROGETTO | LOTTO      | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IA3S | 01 | V ZZ CL | LC0000 001 | A | 50 DI 54 |
| PROGETTO   | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV.     | FOGLIO    |      |        |      |    |         |            |   |          |
| IA3S   | 01  | V ZZ CL  | LC0000 001 | A        | 50 DI 54  |      |        |      |    |         |            |   |          |

*Diagramma di involuppo del taglio globale sui bulloni allo SLU in senso trasversale (ortogonale ai binari) Massimo = 1736,93 daN*

*Diagramma di involuppo del taglio globale allo SLU in senso longitudinale (parallelo ai binari) Massimo = 206.41 daN*



*Diagramma di involuppo dello sforzo normale globale sui bulloni allo SLU - Massimo = 2225.44 daN*



Di seguito si riportano i calcoli delle resistenze di progetto a trazione del bullone ed a punzonamento della piastra:

| D <sub>bullone</sub><br>mm | A <sub>res</sub><br>mm <sup>2</sup> | Classe | f <sub>yb</sub><br>MPa | f <sub>tb</sub><br>MPa | F <sub>tRd</sub><br>[daN] |
|----------------------------|-------------------------------------|--------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 16                         | 157                                 | 8,8    | 640                    | 800                    | 9043,2                    |

|  |   |             |                     |                         |           |                    |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:<br>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI<br>GENERALI s.r.l.             | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTISTA:<br>Mandataria: Mandante:<br>RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl | TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA<br>BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE |             |                     |                         |           |                    |
| PROGETTO ESECUTIVO:<br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI<br/>STANDARD</b>       | PROGETTO<br>IA3S  | LOTTO<br>01 | CODIFICA<br>V ZZ CL | DOCUMENTO<br>LC0000 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>51 DI 54 |

| D <sub>testa</sub><br>mm | D <sub>dado</sub><br>mm | t <sub>p</sub><br>mm | Piastra<br>tipo | f <sub>yk</sub><br>MPa | f <sub>tk</sub><br>MPa | B <sub>pRd</sub><br>[daN] |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 27,7                     | 27,7                    | 15                   | S275            | 275                    | 430                    | 26942,0                   |

Di seguito si riportano i calcoli delle resistenze di progetto a taglio del bullone ed a rifollamento della piastra:

| D <sub>bullone</sub><br>mm | A <sub>res</sub><br>mm <sup>2</sup> | Classe | f <sub>yb</sub><br>MPa | f <sub>tb</sub><br>MPa | F <sub>vRd</sub><br>[daN] |
|----------------------------|-------------------------------------|--------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 16                         | 157                                 | 8,8    | 640                    | 800                    | 6028,8                    |

| e <sub>1</sub><br>mm | e <sub>2</sub><br>mm | a     | k     | Piastra<br>tipo | f <sub>yk</sub><br>MPa | f <sub>tk</sub><br>MPa | t<br>mm | F <sub>vRd</sub><br>[daN] |
|----------------------|----------------------|-------|-------|-----------------|------------------------|------------------------|---------|---------------------------|
| 50                   | 50                   | 1,000 | 2,500 | S275            | 275                    | 430                    | 15      | 20640                     |

Sulla base di quanto esposto di seguito si riportano le verifiche a trazione e taglio del collegamento.

| Comb. | V2 <sub>max</sub><br>[daN] | V3 <sub>max</sub><br>[daN] | V <sub>max</sub><br>[daN] | N <sub>max</sub><br>[daN] | Verifica a<br>taglio | CS<br>Taglio | Verifica a<br>trazione | CS<br>Trazione |
|-------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------|------------------------|----------------|
| SLU1  | 66,06                      | 1703,96                    | 1705,24                   | 2216,27                   | verificato           | 3,54         | verificato             | 4,08           |
| SLU2  | 206,41                     | 1736,93                    | 1749,15                   | 2225,44                   | verificato           | 3,45         | verificato             | 4,06           |
| SLU3  | 130,49                     | 1182,95                    | 1190,13                   | 1615,77                   | verificato           | 5,07         | verificato             | 5,60           |

Vista la particolare conformazione del collegamento, di seguito si riporta la verifica a scorrimento.

| Coppia serraggio<br>[Nxm] | k    | F <sub>p,Cd</sub><br>[kN] | n | m   | V <sub>Ed</sub><br>[daN] | F <sub>sRd</sub><br>[daN] | Verifica<br>taglio/ attrito | CS<br>taglio/attrito |
|---------------------------|------|---------------------------|---|-----|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 225                       | 0,16 | 87,89                     | 2 | 0,3 | 1749,15                  | 4218,75                   | verificato                  | 2,41                 |

**Le verifiche risultano quindi ampiamente soddisfatte.**

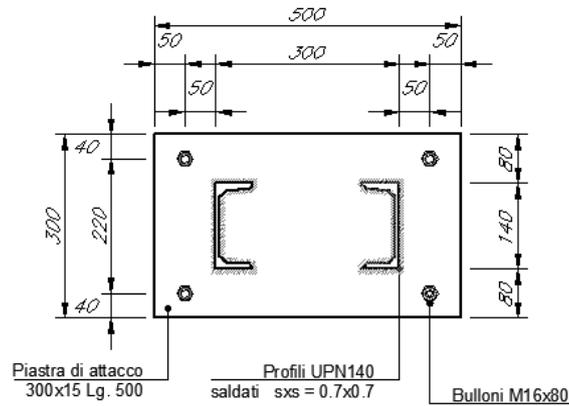
## 9.5 Verifiche collegamenti saldati

L'unico collegamento saldato da verificare risulta quello a cordone d'angolo da eseguire tra il palo LSU14a e la piastra di ancoraggio.

Le saldature previste tutt'intorno ai profili UPN140, verranno realizzate con cordoni d'angolo del lato di 10mm, avranno quindi altezza di gola pari a 7.0mm.

|  |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                      | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTISTA:</b><br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                        | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>52 DI 54</b> |

Di seguito si riporta la geometria e le caratteristiche del collegamento saldato.

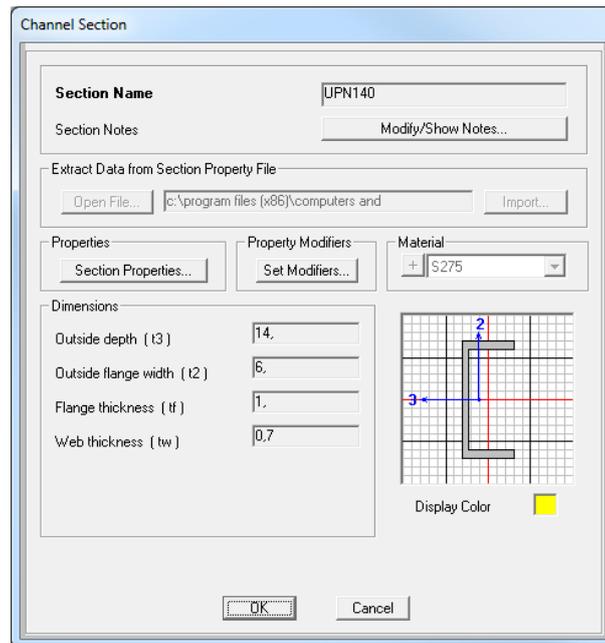


L'unica verifica da effettuare su tali saldature è quella nei confronti dello sforzo normale, del momento e del taglio massimo agente sui profili UPN140.

|   |   |
|---|---|
| <b>Diagramma di involuppo momento flettente e taglio globale sui profili UPN140 allo SLU</b><br>$M_{Max} = 428,86 \text{ daNxm}$ ; $T_{Max} = 67,63 \text{ daN}$  | <b>Diagramma di involuppo dello sforzo normale globale sui profili UPN140 allo SLU</b><br>$N_{Max} = 5401,62 \text{ daN}$   |
| <p>Diagrams for Frame Object 23 (UPN140)</p> <p>Case: Involuppo SLU</p> <p>Items: Minor (V3 and M2)   Max/Min Env</p> <p>End Length Offset (Location): I-End: Jt: 11 (0,00000 m) ; J-End: Jt: 22 (0,00000 m)</p> <p>Location: 0,00000 m</p> <p>Resultant Shear: <b>Shear V3</b><br/>-148,52 Kgf<br/>-428,86 Kgf at 0,00000 m</p> <p>Resultant Moment: <b>Moment M2</b><br/>-43,84 Kgf-m<br/>-67,63 Kgf-m at 0,00000 m</p> <p>Units: Kgf, m, C</p> | <p>Diagrams for Frame Object 23 (UPN140)</p> <p>Case: Involuppo SLU</p> <p>Items: Axial (P and T)   Max/Min Env</p> <p>End Length Offset (Location): I-End: Jt: 11 (0,00000 m) ; J-End: Jt: 22 (0,00000 m)</p> <p>Location: 0,00000 m</p> <p>Resultant Axial Force: <b>Axial</b><br/>5401,62 Kgf<br/>3648,29 Kgf at 0,00000 m</p> <p>Resultant Torsion: <b>Torsion</b><br/>5,55 Kgf-m<br/>0,44 Kgf-m at 0,00000 m</p> <p>Units: Kgf, m, C</p> |

Considerando la geometria del profilo UPN140

|  |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                      | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTISTA:</b><br>Mandataria: Mandante:<br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                        | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>53 DI 54</b> |



### Verifiche saldature a cordone d'angolo

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, si possono considerare a vantaggio di sicurezza le sole tensioni tangenziali perpendicolari all'asse della saldatura sull'anima e sulle ali del profilo, ovvero le  $\tau_{\perp}$ , per la verifica nei confronti dello sforzo normale:

$$\tau_{\perp} = 5402 / \{2 \times [6.0 + (6.0 - 0.7) + (14 - 2 \times 1.0)] \times 0.7\} = \mathbf{165.60 \text{ daN/cm}^2} \leq \beta_1 \times f_{yk} = 0.7 \times 2750 = \mathbf{1925 \text{ daN/cm}^2}$$

$$\leq \beta_2 \times f_{yk} = 0.85 \times 2750 = \mathbf{2337 \text{ daN/cm}^2}$$

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, si possono considerare a vantaggio di sicurezza le sole tensioni tangenziali perpendicolari all'asse della saldatura sulla metà delle ali, ovvero le  $\tau_{\perp}$ , per la verifica nei confronti del momento flettente:

$$\tau_{\perp} = (68 / 0.06) / \{[6.0 + (6.0 - 0.7)] \times 0.7\} = \mathbf{1432.79 \text{ daN/cm}^2} \leq \beta_1 \times f_{yk} = 0.7 \times 2750 = \mathbf{1925 \text{ daN/cm}^2}$$

$$\leq \beta_2 \times f_{yk} = 0.85 \times 2750 = \mathbf{2337 \text{ daN/cm}^2}$$

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, si possono considerare a vantaggio di sicurezza le sole tensioni tangenziali parallele all'asse della saldatura sulle ali del profilo, ovvero le  $\tau_{\parallel}$ , per la verifica nei confronti dello sforzo di taglio:

$$\tau_{\parallel} = 429 / \{2 \times [6.0 + (6.0 - 0.7)] \times 0.7\} = \mathbf{27.12 \text{ daN/cm}^2} \leq \beta_1 \times f_{yk} = 0.7 \times 2750 = \mathbf{1925 \text{ daN/cm}^2}$$

**Le verifiche risultano quindi ampiamente soddisfatte.**

|  |   |                    |                            |                                |                  |                           |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>APPALTATORE:</b><br><b>D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.</b>                                    | <b>RIASSETTO NODO DI BARI</b>   |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTISTA:</b><br><u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u><br><b>RPA srl    Technital SpA    HUB Engineering Scarl</b> | <b>TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> |                    |                            |                                |                  |                           |
| <b>PROGETTO ESECUTIVO:</b><br><b>CALCOLO DI VERIFICA STRUTTURE FUORI STANDARD</b>                                      | PROGETTO<br><b>IA3S</b>   | LOTTO<br><b>01</b> | CODIFICA<br><b>V ZZ CL</b> | DOCUMENTO<br><b>LC0000 001</b> | REV.<br><b>A</b> | FOGLIO<br><b>54 DI 54</b> |

## 10. CONCLUSIONI

In virtù di tutto quanto sopra premesso, con particolare riferimento:

- alle caratteristiche geometriche della struttura in oggetto, descritte nel capitolo [ 3 ] e chiaramente individuata negli elaborati grafici;
- alle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, chiaramente individuate nel capitolo [ 4 ];
- alla tipologia dei vincoli esterni ed interni, come descritti nel capitolo [ 5 ];
- ai carichi agenti (permanenti e variabili), descritti nel capitolo [ 6 ];
- alle verifiche di resistenza delle membrature e dei collegamenti di cui al capitolo [ 9 ] ;

si conclude che la struttura oggetto della presente relazione è conforme ai criteri di progettazione e di resistenza indicati della normativa vigente.