

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

LINEA DI CONTATTO

LC00 – ELABORATI A CARATTERE GENERALE

Relazione di calcolo sostegno LSU16b con d.r. fuori standard

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio ORSARA - BOVINO AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 30/09/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. De Leo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF3A	00	E	ZZ	CL	LC0000	001	C	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	M. Granzotto	20/12/2021	G. Canneti	20/12/2021	M. Simeone	20/12/2021	Ing. M. Simeone  30/09/2022
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	M. Granzotto	19/05/2022	G. Canneti	19/05/2022	M. Simeone	19/05/2022	
C	C 08.03 - A valle del contraddittorio	M. Granzotto	30/09/2022	G. Canneti	30/09/2022	M. Simeone	30/09/2022	

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 2 di 48

## INDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
2.1	NORMATIVA.....	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>6</b>
3.1	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA E TIRAFONDI.....	6
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>7</b>
4.1	PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE (G1).....	7
4.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	7
4.3	SPINTA DEL VENTO.....	8
4.3.1	SPINTA DEL VENTO SULLA STRUTTURA .....	8
4.3.2	SPINTA DEL VENTO SUI CONDUTTORI .....	9
4.3.3	CARICHI COMBINATI DEL VENTO E DEL GHIACCIO.....	11
4.4	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI.....	13
4.4.1	SUPERFICI VERTICALI PARALLELE AL BINARIO.....	13
4.4.2	SUPERFICI ORIZZONTALI AL DI SOPRA DEL BINARIO .....	13
4.5	NEVE SULLE STRUTTURE .....	14
4.6	AZIONI TERMICHE .....	15
4.7	SISMA .....	15
4.8	CARICHI ACCIDENTALI .....	15
4.9	COMBINAZIONI DI CARICO CONSIDERATE .....	16
<b>5</b>	<b>MODELLAZIONE E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....</b>	<b>20</b>
5.1	MODELLO DI CALCOLO .....	20
5.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	21
<b>6</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE STRUTTURE METALLICHE.....</b>	<b>22</b>
6.1	PILONE VERTICALE.....	29
6.1.1	CORRENTI VERTICALI UPN160 .....	29
6.1.2	TRALICCIATURA Ø20.....	34
6.1.3	VERIFICA DEL GIUNTO DI BASE .....	39
6.1.4	VERIFICA DELLA PIASTRA DI BASE .....	40
<b>7</b>	<b>VERIFICHE IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO .....</b>	<b>45</b>
7.1	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ.....	45

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING              PINI              GCF</b> <b>   ELETTRI-FER              TUNNEL CONSULT</b>	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">EZZCL</td> <td style="text-align: center;">LC0000001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">3 di 48</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	3 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	3 di 48													

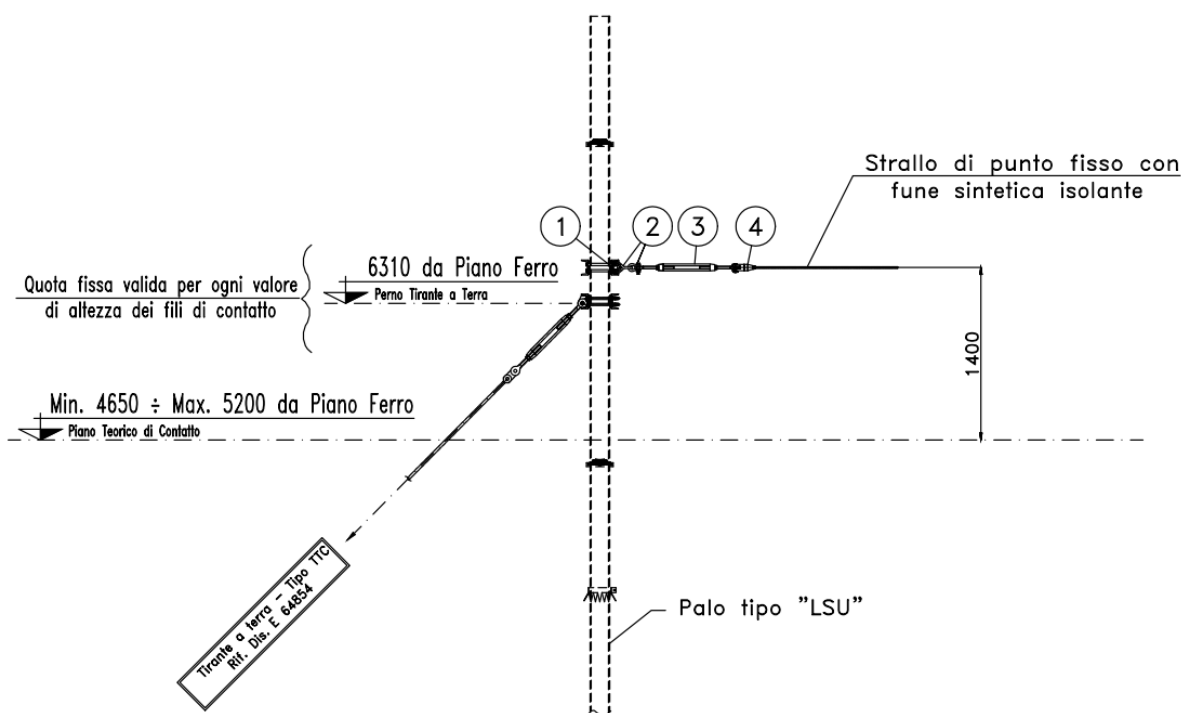
<b>7.2</b>	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI .....	<b>46</b>
<b>7.3</b>	TENSIONI IN ESERCIZIO .....	<b>46</b>
<b>8</b>	REAZIONI ALLA BASE DEL SOSTEGNO.....	<b>48</b>

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandataria	Mandanti					
ROCKSOIL S.P.A	NET ENGINEERING	PINI	GCF	ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT		
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 4 di 48

## 1 DESCRIZIONE GENERALE

Oggetto del presente elaborato consiste nel calcolo e verifica del palo n.29 di sostegno dei cavi di alimentazione della linea ferroviaria e di ormeggio dello strallo di punto fisso, da realizzarsi in corrispondenza della stazione di Orsara di Puglia (FG). I sostegni sono posti in rettilineo ad un interasse di 56m.

La figura che segue illustra uno schema tipico di ormeggio della struttura.



Il palo è formato da una sezione composta da due profili UPN160 di lunghezza pari a 9.6m collegati tramite una doppia tralicciatura diagonale, costituita da toni Ø20 saldati alle ali.

Il palo è ancorato alla sottostruttura tramite una piastra di base nervata di spessore 45mm a cui sono collegati 4 tirafondi M52.

L'ancoraggio a terra tramite tirante diagonali tipo TTC inclinato di 45° non è oggetto di verifica.

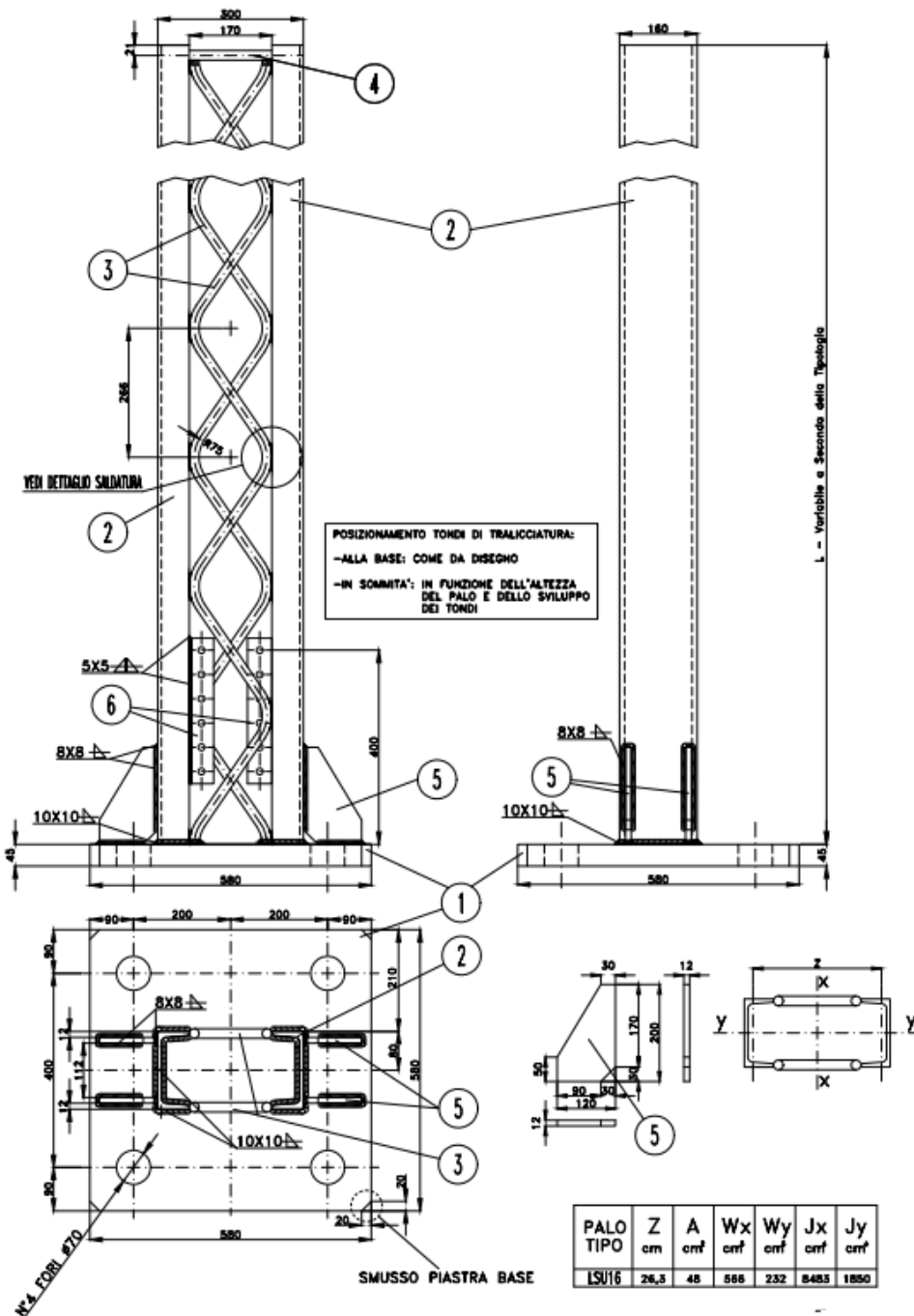
Il giunto tra montante e sottostruttura, realizzato tramite una contropiastra di ancoraggio, per motivi di isolamento elettrico, prevede che la piastra di base sia distanziata dalla superficie di ancoraggio e che i tirafondi siano isolati elettricamente rispetto a tale piastra tramite delle apposite boccole in materiale isolante.

Sia la contropiastra che la sottostruttura non sono oggetto del presente documento.

La figura che segue mostra schematicamente la tipologia di palo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 5 di 48

**PALO TIPO LSU16**



La sottostruttura non è oggetto del calcolo.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 6 di 48

## 2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **NORMATIVA**

Il calcolo di dimensionamento e verifica delle strutture oggetto del presente elaborato viene condotto in ossequio alla seguenti normative ed istruzioni.

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019
- Eurocodice 3
- Eurocodice 2
- Capitolato Tecnico DD.MA – Ed. 2008 – Allegato 4B – Capitolato tecnico per la progettazione e realizzazione di una linea di contatto da 540mm<sup>2</sup> con velocità massima di 250km/h con sospensioni di alluminio
- RFI DTC STS ENE SP IFS TE 210 A – Capitolato Tecnico T.E. – Ed. 2014 – Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3kV cc
- CEI EN 50119 – Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica

Il criterio di verifica, come accennato, è quello semiprobabilistico agli stati limite ultimi.

### 2.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

Si fa riferimento ai seguenti documenti per il calcolo delle azioni, per le caratteristiche del terreno e dei materiali.

- [1] E64864-c – Tabella impiego pali LSU e blocchi di sottostruttura in piena linea.  
[2] E66013-g – Pali tipo LSU attrezzati e predisposti per mensola in alluminio o in acciaio.  
[3] E56000-2s – Linee di trazione – Disposizione dei punti fissi allo scoperto.

## 3 **MATERIALI**

I materiali considerati per le verifiche della struttura in oggetto sono i seguenti:

### 3.1 **ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA E TIRAFONDI**

Tipo acciaio	S355
Modulo elastico	E=210000 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	f <sub>yk</sub> =355 MPa
Tensione di rottura	f <sub>tk</sub> =510 MPa

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 7 di 48

## 4 ANALISI DEI CARICHI

Il calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto è stato condotto con riferimento alle condizioni di carico che vengono sinteticamente elencate nel seguito.

### 4.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE (G1)

Il peso proprio della struttura è calcolato automaticamente dal software di calcolo considerando un peso proprio di  $7850\text{kg/m}^3$ , maggiorato del 25%, per tenere conto delle parti non modellate e della zincatura. Il peso totale del palo risulta di 550kg.

### 4.2 PERMANENTI PORTATI (G2)

I carichi permanenti verticali sono i seguenti:

- peso della linea di contatto da  $540\text{mm}^2$   $G_{LdC} = 5.02 \cdot (52+52)/2 = 261\text{kg}$
- peso mensola  $G_m = 40\text{kg}$
- peso dispositivo di sospensione  $G_s = 17\text{kg}$
- peso cavi "TACSR"  $G_{TACSR,1} = 0.48 \cdot (52+52)/2 = 25\text{kg}$

Si considerano le azioni dovute agli ormeggi:

- Trazione dello strallo di punto fisso  $T_{SPF} = 700\text{kg}$

La risultante della forza  $T_{SPF}$  è disposta in modo da formare un angolo pari a  $\tan^{-1}(3.8/56) \approx 4.2^\circ$  con l'asse ferroviario.

Si avranno quindi:  $T_{SPF,trasversale} = T_{SPF} \cdot \sin(4.2) = 51\text{kg}$   
 $T_{SPF,longitudinale} = T_{SPF} \cdot \cos(4.2) = 698\text{kg}$

Si considera, infine, il contributo trasversale dovuto alla tesatura della linea di contatto, dovuta alla poligonazione della linea:

- Funi di sospensione:  $F_{T,funi} = n_c \cdot T_c \cdot [(Dp-Dp_1)/C_1 + (Dp-Dp_2)/C_2] = 2 \cdot 1500 \cdot (0.4/52 + 0.4/52) = 47\text{kg}$
- Fili di contatto:  $F_{T,fili} = n_c \cdot T_c \cdot [(Dp-Dp_1)/C_1 + (Dp-Dp_2)/C_2] = 2 \cdot 1875 \cdot (0.4/52 + 0.4/52) = 58\text{kg}$

Tali forze saranno applicate nella direzione più sfavorevole in considerazione degli altri carichi permanenti applicati.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 8 di 48

### 4.3 SPINTA DEL VENTO

La pressione del vento sulla struttura viene valutato in ossequio alla norma CEI EN 50119 ed all'istruzione RFI 64864c, da cui si cita:

#### Azioni dovute al vento

- Pressione dinamica del vento  $q_k$  secondo CEI EN 50119:2021-05
  - o Velocità di riferimento  $V_R = 28\text{m/s}$  (valore valido su tutto il territorio nazionale ad esclusione della provincia di Trieste – periodo di ritorno di 50 anni)
  - o Densità dell'aria  $\rho = 1.316\text{kg/m}^3$  (altitudine 0m s.l.m. e temperatura pari a  $-5^\circ\text{C}$ )
  - o Fattore di risposta alle raffiche di vento  $G_q = 2.05$
  - o Fattore caratteristico del terreno  $G_t = 1.00$

#### 6.2.4.2 Pressione dinamica del vento

$$q_k = \frac{1}{2} G_q \times G_t \times \rho V_R^2 \quad [\text{N/m}^2]$$

Gq =	2.05	linea aere di altezza pari a circa 10 m
Gt =	1	
Vr	100.8	[km/h]

$\rho =$	1.32	T [°C] =	-5	
		H [m] =	0	s.l.m.m.

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

$$q_k = 1057 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

#### 4.3.1 SPINTA DEL VENTO SULLA STRUTTURA

L'istruzione RFI 64864c prescrive quanto segue:

- Forza del vento sul palo LSU  $Q_{Wstr}$  secondo CEI EN 50119:2021-05
  - o Fattore di risonanza strutturale del palo  $G_{str} = 1.0$
  - o Coefficiente di resistenza strutturale del palo LSU:
    - $C_{str} = 2.0$  (direzione del vento perpendicolare al binario)
    - $C_{str} = 1.4$  (direzione del vento parallela al binario)

Si ottengono quindi:



APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 9 di 48

**Direzione ortogonale al binario**

$$Q_{W\text{ str}} = q_K \times G_{\text{str}} \times C_{\text{str}} \times A_{\text{str}}$$

Gstr = 1  
Cstr = 2  
Astr = 0.16 [m^2]

**Direzione parallela al binario**

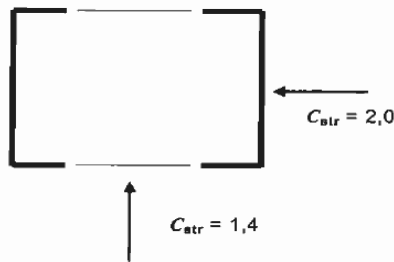
$$Q_{W\text{ str}} = q_K \times G_{\text{str}} \times C_{\text{str}} \times A_{\text{str}}$$

Gstr = 1  
Cstr = 1.4  
Astr = 0.175 [m^2]

**Tabella 13 – Valori raccomandati per il fattore C<sub>str</sub> di diversi tipi di strutture**

Tipo di struttura	C <sub>str</sub>
Strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale circolare	0,7
Strutture tubolari in acciaio con sezione trasversale dodecanale	0,85
Strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale esagonale ed ottagonale	1,0
Strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale quadrata o rettangolare	1,4
Profilato a doppia C con sezione trasversale quadrata o rettangolare	Vedi Fig. 4
Profilati ad H	1,4

**Figura 4 – Definizione del coefficiente di resistenza per strutture a doppia C**



Qwt = 338 [N/m]

Qwt = 259 [N/m]

### 4.3.2 SPINTA DEL VENTO SUI CONDUTTORI

L'istruzione RFI 64864c prescrive quanto segue:

- Forza del vento sui conduttori Q<sub>wc</sub> secondo CEI EN 50119:2021-05
  - o Fattore strutturale dei conduttori G<sub>c</sub> = 0.75
  - o Coefficiente di resistenza dei conduttori C<sub>c</sub> = 1.0
  - o In presenza di conduttori doppi tesati parallelamente viene considerato il carico del vento sul secondo conduttore sottovento all'80% del carico relativo al conduttore sopravvento

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 10 di 48

**Forza del vento sulle corde portanti**

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
d =	0.0140	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	52	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{w,f} = 577 [N] \quad \times 1.8 = 1039 [N]$$

**Forze del vento sui conduttori**

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
d =	0.0145	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	52	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{w,f} = 598 [N] \quad \times 1.8 = 1076 [N]$$

**Azione del vento sui cavi TACSR**

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
d =	0.016	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	52	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{w,tacsr} = 655 [N]$$

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER					PINI
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 11 di 48

#### Forza del vento sullo strallo di punto fisso

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
d =	0.011	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	0	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{w,tacsr} = 227 [N]$$

### 4.3.3 CARICHI COMBINATI DEL VENTO E DEL GHIACCIO

Si considera [1] una condizione di carico in cui si sovrappongono la presenza di ghiaccio attorno ai conduttori e la spinta del vento (ridotta del 50% conformemente al §6.2.6 della CEI EN 50119:2021-05).

Si assume che il peso del ghiaccio ( $\rho_1 = 900\text{kg/m}^3$ ) sia di 7N/m su ciascuna corda. In tal modo la corona circolare di ghiaccio, che si forma attorno ai cavi, ha dimensioni diametro equivalente ( $D_1$ ) diverso a seconda del diametro iniziale (d) dei cavi stessi. Tale dimensione è ottenuta tramite la relazione.

$$D_1 = \sqrt{d^2 + \frac{4 \times g_{IK}}{\pi \times \rho_1}}$$

Si ottiene rispettivamente:

- Diametro equivalente corde portanti  $D_{1,\text{funi}} = 34.4\text{mm}$
- Diametro equivalente conduttori  $D_{1,\text{fili}} = 34.6\text{mm}$
- Diametro equivalente cavi TACSR  $D_{1,\text{TACSR}} = 35.2\text{mm}$
- Diametro equivalente strallo punto fisso  $D_{1,\text{SPF}} = 33.3\text{mm}$

#### Forza del vento con ghiaccio sulle corde portanti

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
DI =	0.0344	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	52	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{w,cg} = 710 [N] \quad \times 1.8 = 1278 [N]$$

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF TUNNEL CONSULT			
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	

**Forza del vento con ghiaccio sui conduttori**

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
dg =	0.0346	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	52	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{w,fg} = 714 [N] \quad \times 1.8 = 1286 [N]$$

**Forza del vento con ghiaccio sui cavi TACSR**

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
dg =	0.0352	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	52	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{tacsr,g} = 727 [N]$$

**Forza del vento con ghiaccio su strallo punto fisso**

$$Q_{wc} = q_k \times G_c \times d \times C_c \times \frac{L_1 + L_2}{2} \times \cos^2 \Phi \quad [N]$$

Gc =	0.75		
dg =	0.0333	[m]	
Cc =	1		
L1 =	52	[m]	campata 1 adiacente
L2 =	0	[m]	campata 2 adiacente

$$Q_{tacsr,g} = 344 [N]$$

A tali valori va aggiunto il peso del ghiaccio che, come detto, è di 7N/m. Si ha quindi:

- Peso del ghiaccio su fili/corde/cavi longitudinali  $Q_{ice,1} = 364N$
- Peso del ghiaccio sullo strallo di punto fisso:  $W_{SPF} = 182N$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 13 di 48

## 4.4 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

La valutazione di tali azioni è svolta in ossequio alla norma "RFI DTC INC PO SP IFS 001 A".

### 4.4.1 SUPERFICI VERTICALI PARALLELE AL BINARIO

Si riporta un estratto della norma.

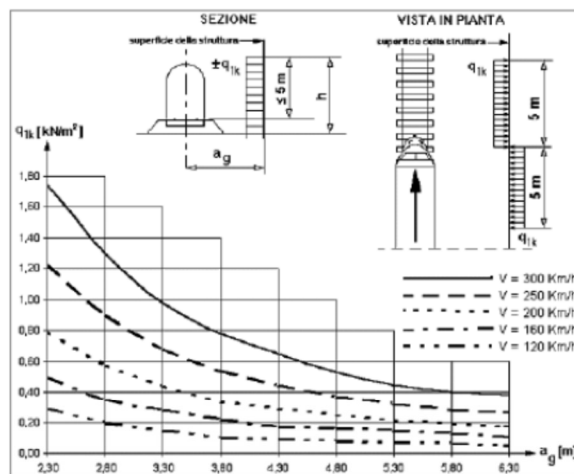


Figura 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni  $q_{1k}$  per superfici verticali parallele al binario

I suddetti valori sono relativi a treni con forme aerodinamiche sfavorevoli; per i casi di forme aerodinamiche favorevoli, questi valori dovranno essere corretti per mezzo del fattore  $k_2$ , ove:

$k_1 = 0,85$  per convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata;

$k_1 = 0,60$  per treni aerodinamici.

Se l'altezza di un elemento strutturale (o parte della sua superficie di influenza) è  $\leq 1,0$  m o se la larghezza è  $\leq 2,50$  m, l'azione  $q_{1k}$  deve essere incrementata del fattore  $k_2 = 1,3$ .

$$a_g \approx 3.1 \text{ m}$$

$$V = 250 \text{ km/h}$$

$$q_h = q_{1k} \cdot k_1 \cdot k_3 = 0.7 \cdot 0.85 \cdot 1.3 = 0.77 \text{ kN/m}^2$$

Avendo applicato, cautelativamente, i seguenti coefficienti:

$$k_1 = 0.85$$

$$k_2 = 1.3$$

### 4.4.2 SUPERFICI ORIZZONTALI AL DI SOPRA DEL BINARIO

Si riporta un estratto della norma.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 14 di 48

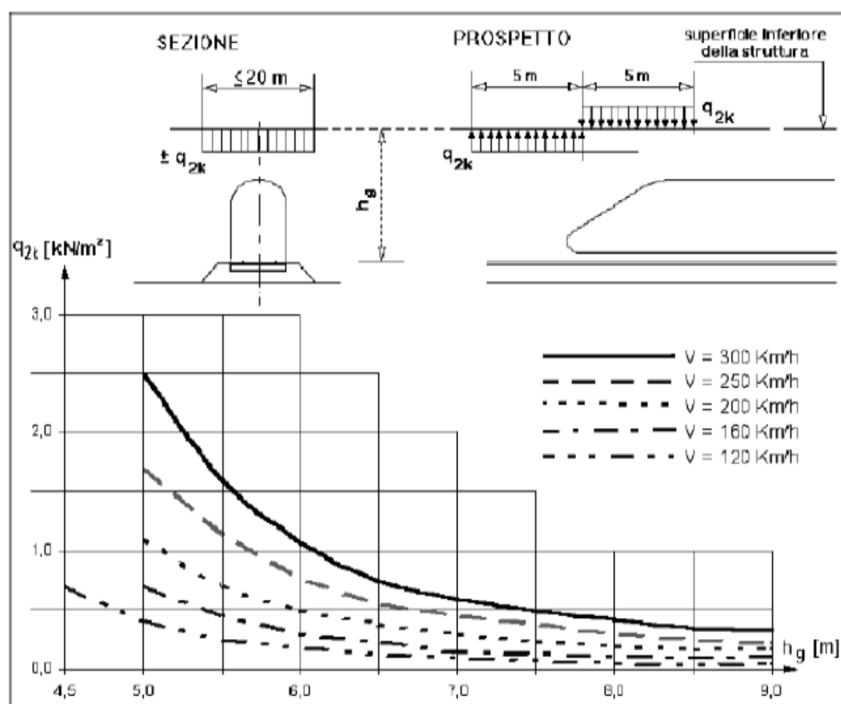


Figura 5.2.9 - Valori caratteristici delle azioni  $q_{2k}$  per superfici orizzontali al di sopra del binario

La larghezza d'applicazione del carico per gli elementi strutturali da considerare si estende sino a 10 m da ciascun lato a partire dalla mezzeria del binario.

Per convogli transitanti in due direzioni opposte le azioni saranno sommate. Nel caso di presenza di più binari andranno considerati solo due binari.

Anche l'azione  $q_{2k}$  andrà ridotta del fattore  $k_1$ , in accordo a quanto previsto nel precedente § 5.2.2.7.1.

Le azioni agenti sul bordo di elementi nastriformi che attraversano i binari, come ad esempio le passerelle, possono essere ridotte con un fattore pari a 0,75 per una larghezza fino a 1,50 m.

Nel caso in esame si ha:

$$h_g \approx 6\text{m}$$

$$k_1 = 0.6$$

$$V = 250\text{km/h}$$

$$q_{2k} = 0.8 \cdot 0.6 = 0.48\text{kN/m}^2$$

## 4.5 NEVE SULLE STRUTTURE

Data la geometria della struttura si trascura l'effetto del peso della neve.

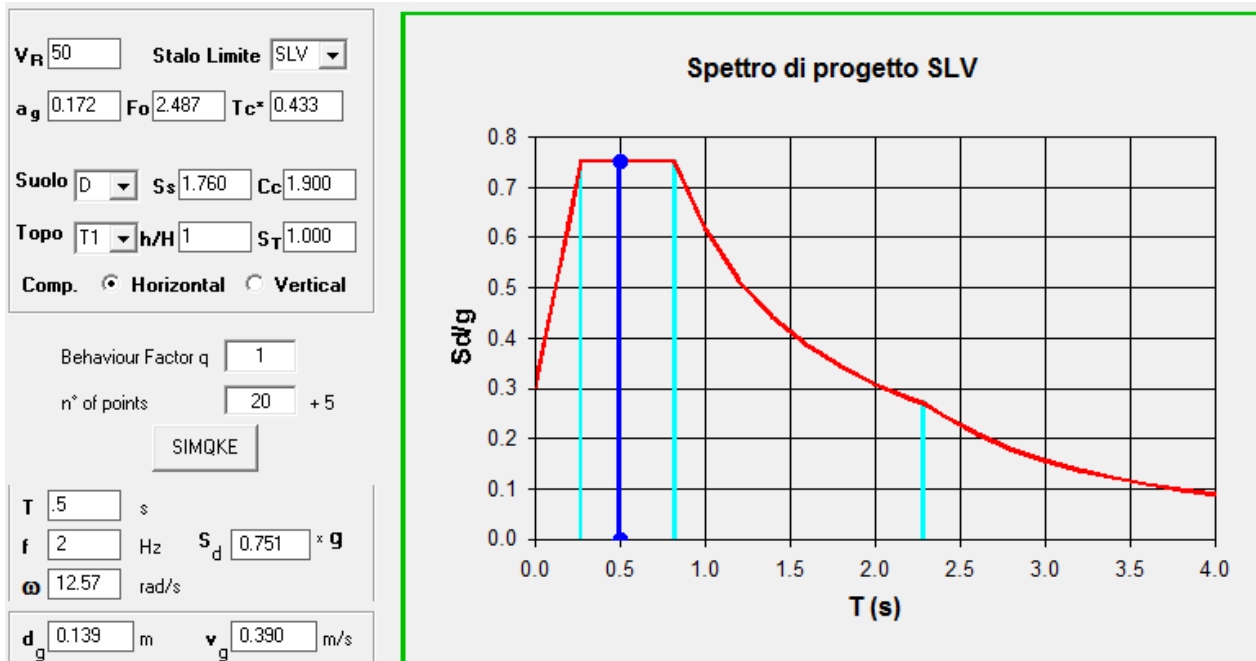
APPALTATORE: Conorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 15 di 48

## 4.6 AZIONI TERMICHE

In base alla tabella 3.5.II delle NTC2018, si applica una variazione termica uniforme di  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  (struttura in metallo non protetta). Tale azione risulta comunque marginale rispetto alle azioni permanenti e del vento.

## 4.7 SISMA

Come riportato in [1], i pali sono verificati tenendo conto di un'accelerazione pari a  $0.75g$  o della massima accelerazione orizzontale prevista dal DM 17/01/2018 per il sito, assumendo le ipotesi più gravose per il calcolo dello spettro.



Nel caso in esame anche le due accelerazioni coincidono.

L'analisi svolta è di tipo statico lineare e le azioni sono applicate sottoforma di accelerazione orizzontale nelle due direzioni principali.

## 4.8 CARICHI ACCIDENTALI

In base alla norma CEI EN 50119-2021, le azioni accidentali (A) sono i carichi legati al contenimento dei guasti, ecc. Il valore rappresentativo è un valore caratteristico  $A_k$  corrispondente ad uno specificato valore. Nella fattispecie si considera la rottura di un filo di contatto, che si traduce nell'applicazione di una forza trasversale:

$$A_{k,fil} = 1875 \cdot \sin(4.2) = 137\text{kg}$$

Tale forza sarà applicata all'altezza della staffa porta corde nella direzione più sfavorevole in considerazione dei carichi permanenti applicati.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER					PINI	GCF	TUNNEL CONSULT
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A					LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001

#### 4.9 COMBINAZIONI DI CARICO CONSIDERATE

Per quanto riguarda i coefficienti di combinazione da utilizzare per il calcolo secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, si fa riferimento a quanto prescritto in DM 17.01.2018.

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

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

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

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

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

**Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.



APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA					<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	TUNNEL CONSULT		
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Nel seguito verranno analizzati i risultati più gravosi fra le seguenti combinazioni di carico. I simboli utilizzati sono i seguenti:

G1 = peso proprio delle strutture

G2 = carichi permanenti non strutturali

Q1 = peso del ghiaccio

Q2 = vento ortogonale al binario in assenza di ghiaccio

Q3 = vento ortogonale al binario in presenza di ghiaccio

Q4 = vento parallelo al binario

Q5 = effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli

DT = variazione di temperatura uniforme

ACC = carico eccezionale

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT									
PROGETTO ESECUTIVO				COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 18 di 48

Name	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	DT	ACC	Sisma X	Sisma Y
STR 1	1	1					1.5	0.9			
STR 2	1.3	1.5					1.5	0.9			
STR 3	1.3	1.5	1.5		0.9		0.9	-0.9			
STR 4	1.3	1.5	0.75		1.5		1.5	-0.9			
STR 5	1.3	1.5		1.5			1.5	0.9			
STR 6	1.3	1.5		1.05		1.05	1.5	0.9			
STR 7	1.3	1.5	1.5		0.63	1.05	0.9	-0.9			
STR 8	1.3	1.5	0.75		1.05	1.05	1.5	-0.9			
STR 9	1.3	1.5	1.5		-0.9		-0.9	-0.9			
STR 10	1.3	1.5	0.75		-1.5		-1.5	-0.9			
STR 11	1.3	1.5		-1.5			-1.5	0.9			
STR 12	1.3	1.5		-1.05		1.05	-1.5	0.9			
STR 13	1.3	1.5	1.5		-0.63	1.05	-0.9	-0.9			
STR 14	1.3	1.5	0.75		-1.05	1.05	-1.5	-0.9			
STR 15	1.3	1.5	0.9		0.9		0.9	-1.5			
STR 16	1.3	1.5	0.75		0.9		0.9	-1.5			
STR 17	1.3	1.5		0.9			0.9	1.5			
STR 18	1.3	1.5		0.63		0.63	0.9	1.5			
STR 19	1.3	1.5	0.9		0.63	0.63	0.9	-1.5			
STR 20	1.3	1.5	0.75		0.63	0.63	0.9	-1.5			
STR 21	1.3	1.5	0.9		-0.63		-0.9	-1.5			
STR 22	1.3	1.5	0.75		-0.9		-0.9	-1.5			
STR 23	1.3	1.5		-0.9			-0.9	1.5			
STR 24	1.3	1.5		-0.63		0.63	-0.9	1.5			
STR 25	1.3	1.5	0.9		-0.63	0.63	-0.9	-1.5			
STR 26	1.3	1.5	0.75		-0.63	0.63	-0.9	-1.5			
SLV 1	1	1								1	0.3
SLV 2	1	1								1	-0.3
SLV 3	1	1								-1	0.3
SLV 4	1	1								-1	-0.3
SLV 5	1	1								0.3	1
SLV 6	1	1								-0.3	1
SLV 7	1	1								0.3	-1
SLV 8	1	1								-0.3	-1
SLE R 1	1	1					1	0.6			
SLE R 2	1	1					1	0.6			
SLE R 3	1	1	1		0.6		0.6	-0.6			
SLE R 4	1	1	0.5		1		1	-0.6			
SLE R 5	1	1		1			1	0.6			
SLE R 6	1	1		0.7		0.7	1	0.6			
SLE R 7	1	1	1		0.42	0.7	0.6	-0.6			
SLE R 8	1	1	0.5		0.7	0.7	1	-0.6			
SLE R 9	1	1	1		-0.6		-0.6	-0.6			
SLE R 10	1	1	0.5		-1		-1	-0.6			
SLE R 11	1	1		-1			-1	0.6			
SLE R 12	1	1		-0.7		0.7	-1	0.6			
SLE R 13	1	1	1		-0.42	0.7	-0.6	-0.6			
SLE R 14	1	1	0.5		-0.7	0.7	-1	-0.6			
SLE R 15	1	1	0.6		0.6		0.6	-1			
SLE R 16	1	1	0.5		0.6		0.6	-1			
SLE R 17	1	1		0.6			0.6	1			
SLE R 18	1	1		0.42		0.42	0.6	1			
SLE R 19	1	1	0.6		0.42	0.42	0.6	-1			
SLE R 20	1	1	0.5		0.42	0.42	0.6	-1			
SLE R 21	1	1	0.6		-0.42		-0.6	-1			
SLE R 22	1	1	0.5		-0.6		-0.6	-1			
SLE R 23	1	1		-0.6			-0.6	1			
SLE R 24	1	1		-0.42		0.42	-0.6	1			
SLE R 25	1	1	0.6		-0.42	0.42	-0.6	-1			
SLE R 26	1	1	0.5		-0.42	0.42	-0.6	-1			
ECC	1	1							1		

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">EZZCL</td> <td style="text-align: center;">LC0000001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">19 di 48</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	19 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	19 di 48												
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consortio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 20 di 48

## 5 MODELLAZIONE E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Nel seguito si riporta la descrizione del modello di calcolo utilizzato per l'analisi della struttura e dell'applicazione ad esso dei carichi di progetto.

### 5.1 MODELLO DI CALCOLO

Il calcolo dello stato di sollecitazione e di deformazione sulla struttura è condotto realizzando un modello tridimensionale, completo agli elementi finiti del portale in oggetto.

Il software utilizzato per l'analisi della struttura è Midas Gen. La geometria del modello riflette in maniera fedele la reale geometria della struttura e le caratteristiche elastiche ed inerziali delle aste corrispondono a quelle effettivamente utilizzate per la realizzazione del traliccio. I correnti del montante sono realizzati in elementi beam a due nodi. Anche la tralicciatura è costituita da elementi di tipo beam, a cui viene liberato il grado di libertà corrispondente alla rotazione fuori dal piano del traliccio.

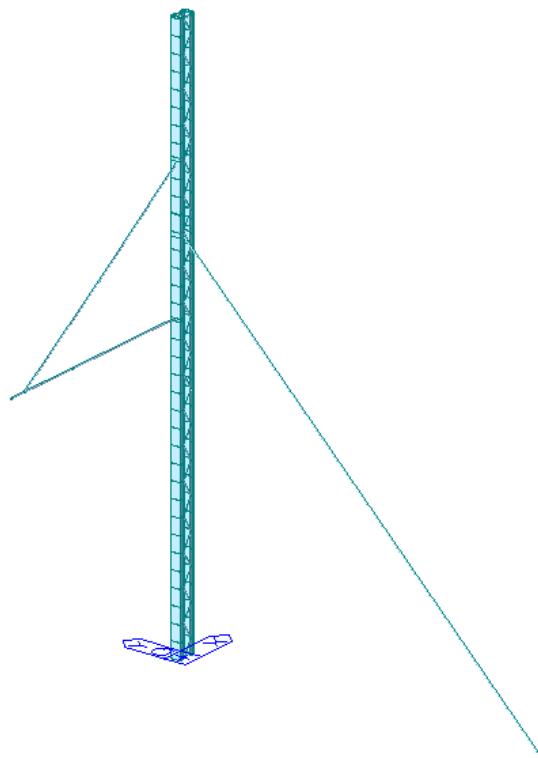
La mensola, che non è oggetto di verifica, è realizzata anch'essa attraverso elementi di tipo beam, per il traverso e truss per il tirante.

L'eccentricità dei tralicci rispetto all'asse dei correnti e della sospensione rispetto alla mensola, sono modellate tramite link rigidi.

Il modello viene vincolato alla base del montante con un incastro. In particolare si realizza una connessione per mezzo di link rigidi ad un nodo baricentrico vincolato con un incastro.

Le azioni derivanti dai cavi sono applicate sottoforma di forze concentrate ai nodi, mentre le azioni sulla struttura sono applicate sottoforma di forze equamente distribuite ai montanti o alla mensola. Il peso proprio e le accelerazioni sismiche sono applicate sottoforma di accelerazioni date all'intero sistema.

Nella figura che segue si riporta il modello utilizzato.



<b>APPALTATORE:</b> <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">EZZCL</td> <td style="text-align: center;">LC0000001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">21 di 48</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	21 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	21 di 48												
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	

Nel modello, come nei calcoli successivi, l'asse verticale corrisponde all'asse Z, mentre l'asse Y è parallelo ai binari e l'asse X è ad essi ortogonale.

## 5.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Il modello viene risolto con un solutore statico lineare che consente di valutarne sia lo stato sollecitativo, che deformativo, che tensionale sulle membrature.

Le sollecitazioni, le tensioni e le deformazioni vengono poi restituite sia in forma grafica che numerica, anche sotto forma di involuipi. Nel seguito saranno riportate direttamente nel capitolo di verifica le sollecitazioni e i risultati più significativi.

I risultati per esteso sono disponibili nelle minute di calcolo conservate in archivio.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 22 di 48

## 6 VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE STRUTTURE METALLICHE

Nel seguito saranno riportate le verifiche delle strutture con riferimento allo stato limite ultimo. In particolare saranno riportati sia gli output grafici del modello che mostrano le mappe delle tensioni sullo stesso, sia le verifiche di resistenza e stabilità delle aste condotte con riferimento a quanto prescritto in UNI EN 1993-1.

Per i coefficienti di penalizzazione relativi alle altre verifiche si fa riferimento alla tabella che segue estratta dall'appendice nazionale.

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)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Il metodo di verifica per le sollecitazioni di presso flessione biassiale prevede l'applicazione delle seguenti limitazioni:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Dove:

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$

sono i valori di progetto della compressione assiale e dei momenti attorno all'asse y e z;

$\Delta M_{y,Ed}$ ,  $\Delta M_{z,Ed}$

sono i momenti dovuti all'eccentricità del baricentro della sezione efficace rispetto al baricentro della sezione lorda;

$\chi_y$  e  $\chi_z$

sono i fattori di riduzione dovuti all'instabilità flessionale

$\chi_{LT}$

è il fattore di riduzione dovuto all'instabilità flesso-torsionale (posto pari a 1 in quanto il contributo torsionale è trascurabile)

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$

sono i coefficienti di interazione ricavati dall'appendice B all'eurocodice 3 (metodo alternativo 2)

$N_{Rk}$ ,  $M_{y,Rk}$ ,  $M_{z,Rk}$  sono valutati con riferimento alla seguente tabella:

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER					PINI	GCF	TUNNEL CONSULT
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A					LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001

**Table 6.7: Values for  $N_{Rk} = f_y A_i$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$  and  $\Delta M_{i,Ed}$**

Class	1	2	3	4
$A_i$	A	A	A	$A_{eff}$
$W_y$	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$
$W_z$	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$	$W_{eff,z}$
$\Delta M_{y,Ed}$	0	0	0	$e_{N,y} N_{Ed}$
$\Delta M_{z,Ed}$	0	0	0	$e_{N,z} N_{Ed}$

Nei casi in esame si considerano direttamente i momenti calcolati col programma di calcolo e si utilizzano i parametri statici efficaci nel caso si tratti di 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  $\bar{\lambda}$ , dalla seguente formula

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad (4.2.45)$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \text{ per le sezioni di classe 1, 2 e 3, e a} \quad (4.2.46)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \text{ per le sezioni di classe 4.} \quad (4.2.47)$$

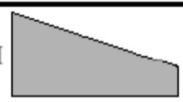
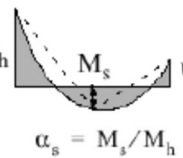
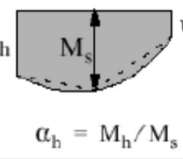
La valutazione dei coefficienti di interazione, come anticipato, è effettuata tramite il metodo alternativo 2, riportato nell'appendice B all'eurocodice 3 e di cui si riporta un estratto.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 24 di 48

Interaction factors	Type of sections	Design assumptions	
		elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
$k_{yy}$	I-sections RHS-sections	$C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
$k_{yz}$	I-sections RHS-sections	$k_{zz}$	$0,6 k_{zz}$
$k_{zy}$	I-sections RHS-sections	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
$k_{zz}$	I-sections	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	RHS-sections	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
For I- and H-sections and rectangular hollow sections under axial compression and uniaxial bending $M_{y,Ed}$ the coefficient $k_{zy}$ may be $k_{zy} = 0$ .			



APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA								
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER						PINI	GCF	TUNNEL CONSULT	
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A						LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C

Moment diagram	range		$C_{my}$ and $C_{mz}$ and $C_{mLT}$	
			uniform loading	concentrated load
 $\psi M$	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $M_s$ $\psi M_h$ $\alpha_s = M_s / M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	
 $M_s$ $\psi M_h$ $\alpha_h = M_h / M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
For members with sway buckling mode the equivalent uniform moment factor should be taken $C_{my} = 0,9$ or $C_{Mz} = 0,9$ respectively.				
$C_{my}$ . $C_{mz}$ and $C_{mLT}$ should be obtained according to the bending moment diagram between the relevant braced points as follows:				
moment factor	bending axis	points braced in direction		
$C_{my}$	y-y	z-z		
$C_{mz}$	z-z	y-y		
$C_{mLT}$	y-y	y-y		

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 26 di 48

La valutazione della classe della sezione dell'asta viene condotta con riferimento al prospetto seguente.

**Tabella 4.2.II - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse**

Piattabande esterne						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$ Per $k_e$ vedere EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

**Tabella 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse**

Angolari	
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti	
Classe	Sezione in compressione
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)	
3	$h/t \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$

Per quanto concerne la valutazione dei parametri efficaci della sezione si farà riferimento all'Eurocodice 3 parte 1.5. di cui nel seguito si riporta un estratto.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA				
		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>			
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF		
		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA			
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C
					FOGLIO 27 di 48

- (2) Si raccomanda di usare i prospetti 4.1 (per elementi interni) e 4.2 (per elementi esterni) per ottenere le aree efficaci di elementi piatti in compressione. Si raccomanda inoltre di calcolare l'area efficace di un piatto o della parte compressa di un piatto con area  $A_c$  attraverso l'espressione:

$$A_{c,eff} = \rho A_c \quad [4.1]$$

dove:

$\rho$  è il fattore di riduzione per l'instabilità locale.

$$\text{quando } \bar{\lambda}_p \leq 0,673 \quad \rho = 1 \quad [4.2]$$

$$\text{quando } \lambda_p > 0,673 \quad \rho = (\bar{\lambda}_p - 0,22) / \bar{\lambda}_p^2 \quad [4.3]$$

con:

$$\bar{\lambda}_p = \left[ \frac{f_y}{\sigma_{cr}} \right]^{0,5} = \frac{b_p/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad [4.4]$$

$b_p$  è la larghezza appropriata riportata come segue (per le definizioni, vedere prospetto 5.3.1 della ENV 1993-1-1);

$b_w$  per le anime;

$b$  per elementi interni di flange (escluse le sezioni rettangolari cave);

$b - 3 \cdot t$  per le flange delle sezioni rettangolari cave;

$c$  per flange esterne.

$(b + h)/2$  per angolari a lati uguali;

$h$  oppure  $(b + h)/2$  per angolari a lati disuguali;

$k_\sigma$  è il fattore di instabilità corrispondente al rapporto di sforzo  $\psi$  desumibile dai prospetti 4.1 o 4.2 a seconda dei casi;

$t$  è lo spessore;

$\sigma_{cr}$  è lo sforzo critico elastico di piastra.

APPALTATORE: Conorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 28 di 48

prospetto 4.2 Elementi compressi esterni

Distribuzione dello sforzo (compressione positiva)	Larghezza efficace $b_{eff}$			
	$1 > \psi \geq 0$  $b_{eff} = \rho c$			
	$\psi < 0$  $b_{eff} = \rho b_c = \rho d(1 - \psi)$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -1$
Fattore di instabilità $k_\sigma$	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$

	$1 > \psi \geq 0$  $b_{eff} = \rho c$				
	$\psi < 0$  $b_{eff} = \rho b_c = \rho d(1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Fattore di instabilità $k_\sigma$	0,43	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

Le verifiche saranno effettuate direttamente dal post-processore integrato nel software di calcolo Midas Gen.

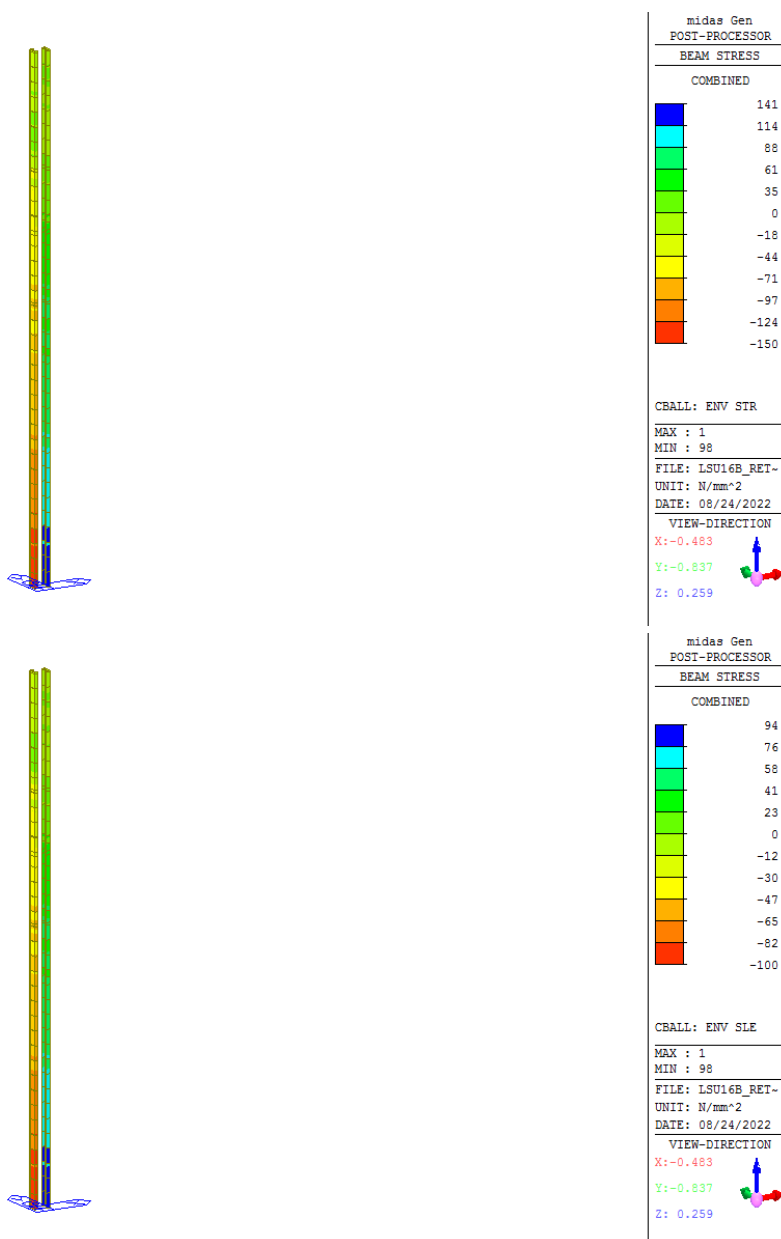
APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 29 di 48

## 6.1 PILONE VERTICALE

Si riportano le verifiche differenziate per tipologia di asta.

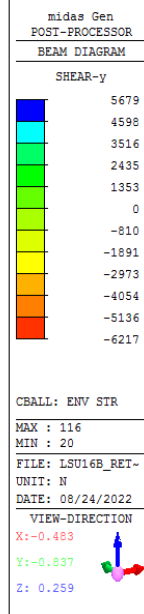
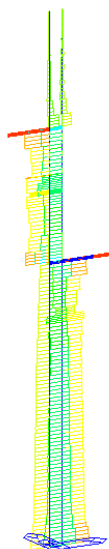
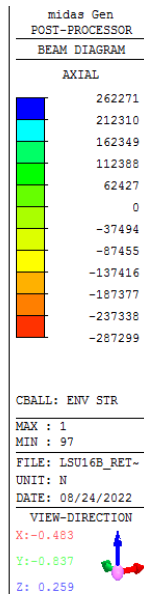
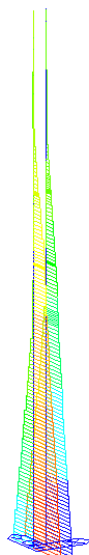
### 6.1.1 CORRENTI VERTICALI UPN160

Si tratta delle aste correnti verticali continue del pilone. La figure che seguono mostrano l'involuppo tensionale su dette aste allo SLU.

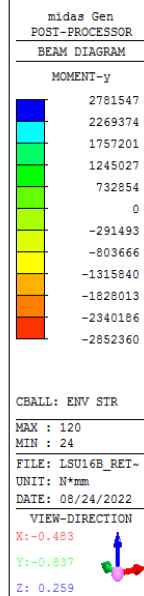
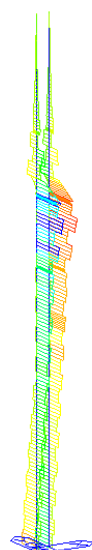
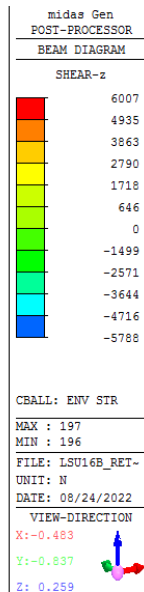
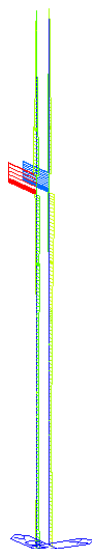


La figure che seguono mostrano i diagrammi di involuppo allo SLU di tutti i parametri di sollecitazione su tali elementi.

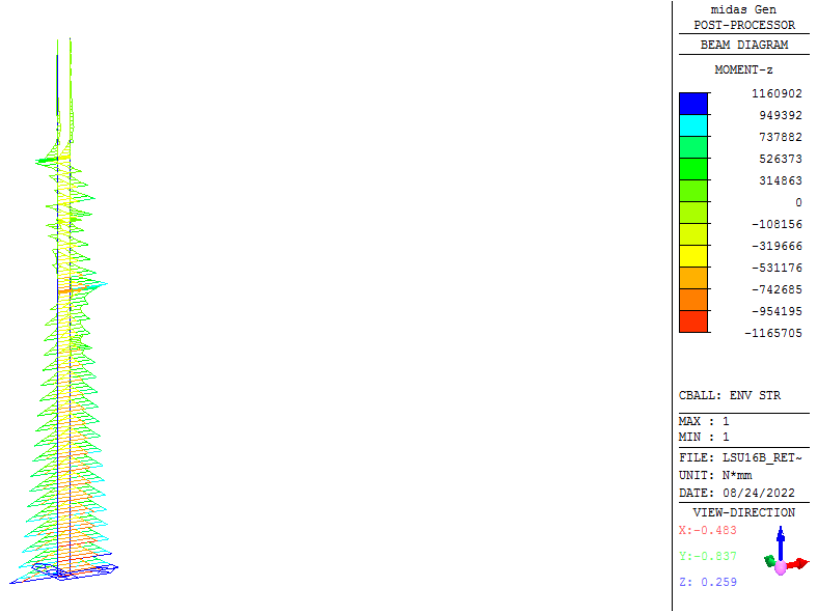
<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING              PINI              GCF</b> <b>   ELETTRI-FER              TUNNEL CONSULT</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>EZZCL</b>	DOCUMENTO <b>LC0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>30 di 48</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA            PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A            NET ENGINEERING            PINI            GCF</b> <b>                                  ELETTRI-FER            TUNNEL CONSULT</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>EZZCL</b>	DOCUMENTO <b>LC0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>31 di 48</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>EZZCL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LC0000001</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>32 di 48</b>




Si riporta la verifica dei profili, nella combinazione di carico SLU più gravosa, svolta automaticamente dal software di calcolo.



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 33 di 48

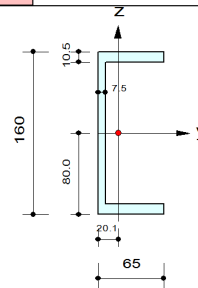
## midas Gen

## Steel Checking Result

	<b>Company</b>		<b>Project Title</b>	
	<b>Author</b>	Microsoft	<b>File Name</b>	C:\...\Fem\LSU16b_rettilineo.mgb

### 1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
Unit System : N, mm  
Member No : 98  
Material : S355 (No:1)  
(Fy = 355.000, Es = 210000)  
Section Name : UPN160 (No:1)  
(Rolled : UPN160).  
Member Length : 266.000



### 2. Member Forces

Axial Force Fxx = -276754 (LCB: 10, POS:I)  
Bending Moments My = -1270777, Mz = -1005677  
End Moments Myi = -1270777, Myj = -1155330 (for Ly)  
Myi = -1270777, Myj = -1155330 (for Ly)  
Mzi = -1005677, Mzj = -463530 (for Lz)  
Shear Forces Fyy = 3036.53 (LCB: 4, POS:I)  
Fzz = -647.78 (LCB: 34, POS:I)

Depth	160.000	Web Thick	7.50000
Top F Width	65.0000	Top F Thick	10.5000
Bot.F Width	65.0000	Bot.F Thick	10.5000
Area	2400.00	Asz	1200.00
Qyb	9217.38	Qzb	1010.22
Iyy	9250000	Izz	853000
Ybar	20.0506	Zbar	80.0000
Wely	116000	Welz	18300.0
ry	62.1000	rz	18.9000

### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 266.000, Lz = 266.000, Lb = 266.000  
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

### 4. Checking Results

Slenderness Ratio

$$KL/r = 14.1 < 200.0 \text{ (Memb:98, LCB: 10)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Axial Resistance

$$N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 276754/852000 = 0.325 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 1270777/48848000 = 0.026 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 1005677/13921307 = 0.072 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$RNRd = MAX[ M_{Edy}/M_{ny_{Rd}}, M_{Edz}/M_{nz_{Rd}} ]$$

$$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny_{Rd}})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{nz_{Rd}})^{\beta}$$

$$R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y_{Rd}} + M_{Edz}/M_{z_{Rd}}$$

$$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{b\_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{b\_LT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{max} = MAX[ RNRd, R_{max1}, (R_{com} + R_{bend}), MAX(R_{c\_LT1} + R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2} + R_{b\_LT2}) ] = 0.423 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

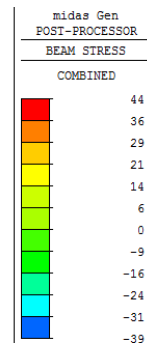
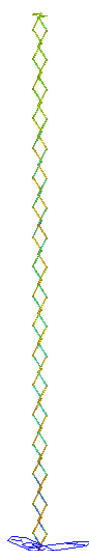
$$V_{Edy}/V_{y_{Rd}} = 0.011 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z_{Rd}} = 0.003 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

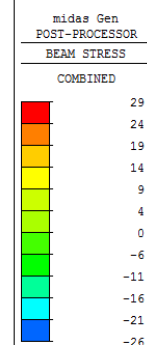
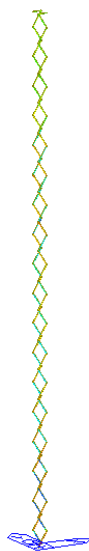
APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 34 di 48

## 6.1.2 TRALICCIATURA Ø20

La figure che seguono mostrano l'inviluppo tensionale su dette aste allo SLU ed allo SLE.



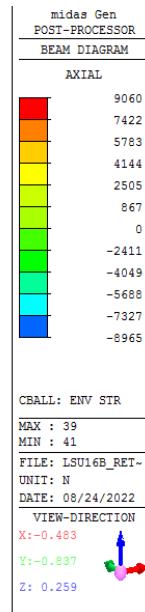
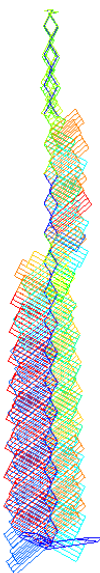
CBALL: ENV STR  
MAX : 35  
MIN : 36  
FILE: LSU16B\_RET-  
UNIT: N/mm<sup>2</sup>  
DATE: 08/24/2022  
VIEW-DIRECTION  
X: -0.483  
Y: -0.837  
Z: 0.259



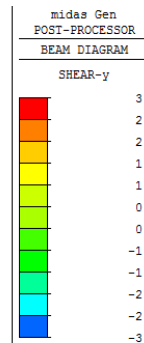
CBALL: ENV SLE  
MAX : 35  
MIN : 36  
FILE: LSU16B\_RET-  
UNIT: N/mm<sup>2</sup>  
DATE: 08/24/2022  
VIEW-DIRECTION  
X: -0.483  
Y: -0.837  
Z: 0.259

La figure che seguono vengono riportate le sollecitazioni di inviluppo estratte dal modello.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>EZZCL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LC0000001</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>35 di 48</b>



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA       PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING              PINI              GCF</b> <b>   ELETTRI-FER              TUNNEL CONSULT</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>EZZCL</b>	DOCUMENTO <b>LC0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>36 di 48</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						

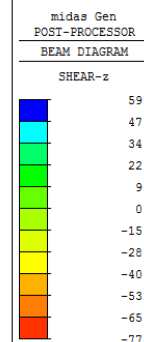


CBALL: ENV STR

MAX : 183  
MIN : 184

FILE: LSU16B\_RET-  
UNIT: N  
DATE: 08/24/2022

VIEW-DIRECTION  
X: -0.483  
Y: -0.837  
Z: 0.259



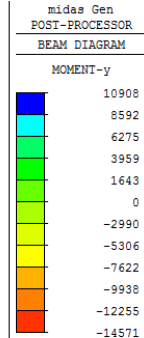
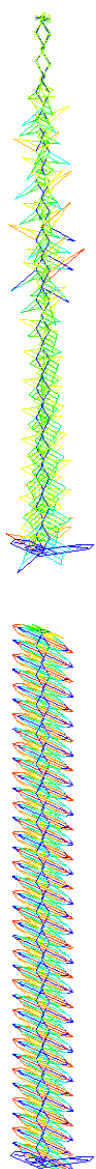
CBALL: ENV STR

MAX : 77  
MIN : 72

FILE: LSU16B\_RET-  
UNIT: N  
DATE: 08/24/2022

VIEW-DIRECTION  
X: -0.483  
Y: -0.837  
Z: 0.259

APPALTATORE: Conorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA            PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A            NET ENGINEERING            PINI            GCF</b> <b>ELETTRI-FER            TUNNEL CONSULT</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>EZZCL</b>	DOCUMENTO <b>LC0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>37 di 48</b>

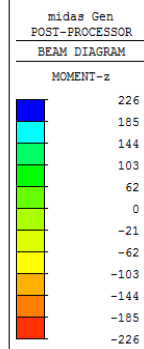


CBALL: ENV STR

MAX : 78  
MIN : 72

FILE: LSU16B\_RET-  
UNIT: N\*mm  
DATE: 08/24/2022

VIEW-DIRECTION  
X: -0.483  
Y: -0.837  
Z: 0.259



CBALL: ENV STR

MAX : 183  
MIN : 184

FILE: LSU16B\_RET-  
UNIT: N\*mm  
DATE: 08/24/2022


VIEW-DIRECTION  
X: -0.483  
Y: -0.837  
Z: 0.259

Si riporta la verifica dei profili, nella combinazione di carico SLU più gravosa, svolta automaticamente dal software di calcolo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 38 di 48

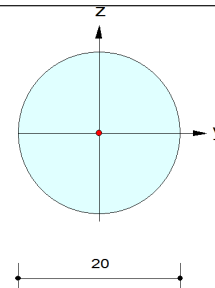
## midas Gen

## Steel Checking Result

	<b>Company</b>		<b>Project Title</b>	
	<b>Author</b>	Microsoft	<b>File Name</b>	C:\...\Fem\LSU16b_rettilineo.mgb

### 1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
Unit System : N, mm  
Member No : 37  
Material : S355 (No:1)  
(Fy = 355.000, Es = 210000)  
Section Name : Tondo 20 (No:3)  
(Built-up Section).  
Member Length : 315.683



### 2. Member Forces

Axial Force Fxx = -8828.4 (LCB: 4, POS:J)  
Bending Moments My = 7385.44, Mz = 0.00000  
End Moments Myi = 1066.63, Myj = 7385.44 (for Lb)  
Myi = 1066.63, Myj = 7385.44 (for Ly)  
Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
Shear Forces Fyy = 2.86293 (LCB: 32, POS:J)  
Fzz = -36.359 (LCB: 2, POS:I)

Outer Dia.	20.0000	
Area	314.159	Asz 282.743
Qyb	33.3333	Qzb 33.3333
Iyy	7853.98	Izz 7853.98
Ybar	10.0000	Zbar 10.0000
Wely	785.398	Welz 785.398
ry	5.00000	rz 5.00000

### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 315.683, Lz = 315.683, Lb = 315.683  
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

### 4. Checking Results

Slenderness Ratio  
 $KL/r = 63.1 < 200.0$  (Memb:37, LCB: 4)..... O.K

Axial Resistance  
 $N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 8828.4/72007.3 = 0.123 < 1.000$  ..... O.K

Bending Resistance  
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 7385/473333 = 0.016 < 1.000$  ..... O.K  
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 0/473333 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

Combined Resistance  
 $RNRd = MAX[M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd}]$   
 $Rcom = N_{Ed}/(A*fy/Gamma_{M0}), Rbend = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$   
 $Rc\_LT1 = N_{Ed}/(Xiy*A*fy/Gamma_{M1})$   
 $Rb\_LT1 = (kyy*M_{Edy})/(Xi\_LT*Wply*fy/Gamma_{M1}) + (kyz*Msdz)/(Wplz*fy/Gamma_{M1})$   
 $Rc\_LT2 = N_{Ed}/(Xiz*A*fy/Gamma_{M1})$   
 $Rb\_LT2 = (Kzy*M_{Edy})/(Xi\_LT*Wply*fy/Gamma_{M1}) + (Kzz*Msdz)/(Wplz*fy/Gamma_{M1})$   
 $Rmax = MAX[RNRd, (Rcom+Rbend), MAX(Rc\_LT1+Rb\_LT1, Rc\_LT2+Rb\_LT2)] = 0.139 < 1.000$  .. O.K

Shear Resistance  
 $V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.000 < 1.000$  ..... O.K  
 $V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.001 < 1.000$  ..... O.K

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>EZZCL</b>	DOCUMENTO <b>LC0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>39 di 48</b>

La connessione dei tralicci ai correnti avviene per mezzo di una saldatura a cordone d'angolo di gola pari a 5mm e lunghezza 55mm. Lo sforzo parallelo all'asse della saldatura è pari alla massima variazione di sforzo assiale sul corrente in corrispondenza della saldatura, pari a circa 25kN.

$$a = 5\text{mm} \cdot L = 55\text{mm}$$

$$A = a \cdot L = 275\text{mm}^2$$

$$F = 25\text{kN}$$

La verifica sulla saldatura condotta con riferimento al §6.6.5.3 di UNI EN 1993-1-8:

$$\tau_{//} = F / A = 91 \text{ MPa}$$

$$(3 \cdot \tau_{//}^2)^{1/2} = 157\text{MPa} < f_{tk}/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 453\text{MPa}$$

dove  $\beta_w = 0.9$  (S355)

La verifica è soddisfatta.

### 6.1.3 VERIFICA DEL GIUNTO DI BASE

Il giunto tra montante e sottostruttura è realizzato tramite 4 barre filettate M52 in acciaio S355 connesse tramite una piastra di spessore 45mm, opportunamente irrigidita, alla base del montante. Per consentire l'isolamento tra la sottostruttura e la struttura metallica, la piastra risulta sollevata di circa 90mm ed i fori per il passaggio dei tirafondi risultano maggiorati per consentire l'inserimento del materiale isolante.

La verifica è effettuata per l'involuppo delle sollecitazioni massime:

$$N_{\max} = 28.6\text{kN}$$

$$V_x = 15.8\text{kN}$$

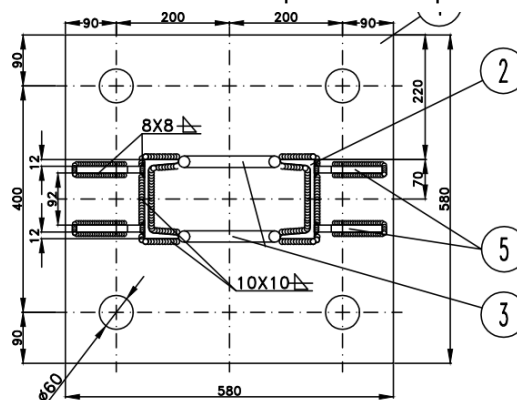
$$V_y = 1.4\text{kN}$$

$$M_x = 2.1\text{kNm}$$

$$M_y = 75.4\text{kNm}$$

$$M_z = 0\text{kNm}$$

La sezione resistente è costituita unicamente dai tirafondi disposti come riportato nell'immagine seguente.



Le forze massime agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato sono quindi calcolate tramite un foglio di calcolo apposito (compressione positiva):

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 40 di 48

	X (m)	Y (m)	Fx (kN)	Fz (kN)	Ft,x (kN)	Ft,z (kN)	Fv,Ed (kN)	Ft,i (kN)
1	-0.20	-0.200	4.0	0.4	0.0	0.0	4	-89
2	0.20	-0.200	4.0	0.4	0.0	0.0	4	98
3	-0.20	0.200	4.0	0.4	0.0	0.0	4	-84
4	0.20	0.200	4.0	0.4	0.0	0.0	4	104
$\Sigma i^2$	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>				<b>max</b>	<b>4</b>	<b>104</b>
						<b>min</b>	<b>4</b>	<b>-89</b>

Si verifica il giunto bullonato.

MATERIALI	GEOMETRIA	VERIFICA	OK
PROFILATI S355	VITE M52	Fv,Ed = 4 kN	OK
$f_{yk} = 355$ MPa	d = 52 mm	Ft,Ed = 104 kN	
$f_{tk} = 510$ MPa	do = 54 mm	Pos. N BORDO dir. ortogonale alla forza	
BULLONI S355	A = 2124 mm	Pos. P BORDO dir. parallela alla forza	
$f_{yb} = 355$ MPa	Ares = 1760 mm <sup>2</sup>	Fp,C = - kN	
$f_{tb} = 510$ MPa	t = 45 mm	Fs,Rd = - kN	
$\gamma_{M2} = 1.25$	e1 = 80 mm	Fv,Rd = 433.2 kN ✓	
$\gamma_{M3} = 1.25$	e2 = 80 mm	Fb,Rd = 1154.2 kN	
$\mu = 0.3$	p1 = 250 mm	Ft,Rd = 646.3 kN ✓	
k = 2.45	p2 = 250 mm	Bp,Rd = 2699.4 kN	
$\alpha = 0.49$	-	comb. 0.124 < 1 ✓	

Inoltre si considera la flessione indotta sul tirafondo dovuta alla distanza tra la piastra e la superficie della sottostruttura:

$$M_{Ed} = F_{v,Ed} \cdot b = 4 \cdot 0.09 = 0.36 \text{ kNm}$$

Il diametro dell'area resistente è pari a circa 47.3mm per cui:

$$J_{res} = \pi \cdot d_{res}^4 / 64 = 245705 \text{ mm}^4$$

$$W_{res} = J_{res} / r_{res} = 10389 \text{ mm}^3$$

Si calcola dunque la tensione ideale sulla barra maggiormente sollecitata.

$$\sigma_{Ed} = N_{Ed} / A_{res} + M_{Ed} / W_{res} = 94 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = F_{v,Ed} / A_{res} = 2 \text{ MPa}$$

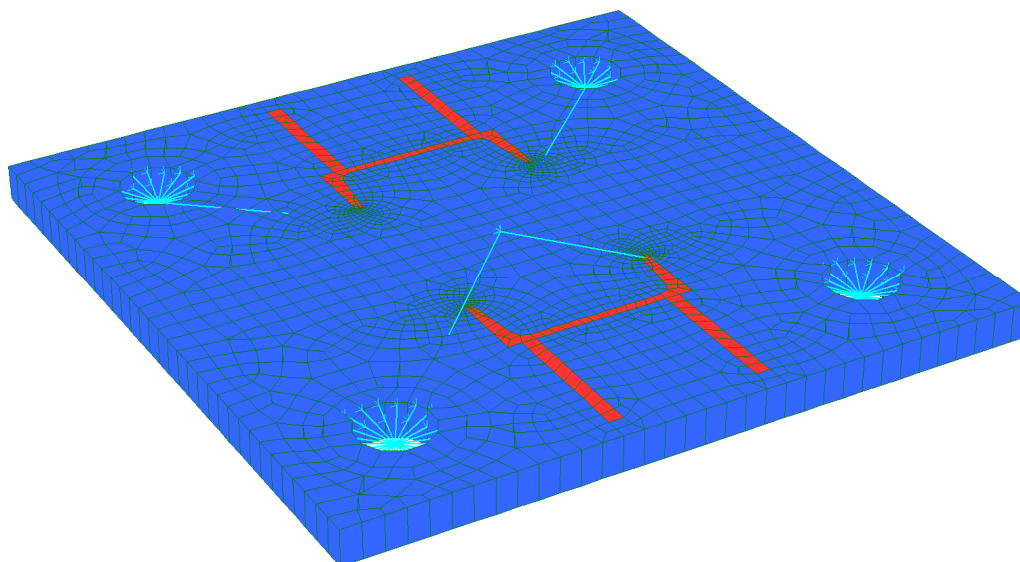
$$\sigma_{id} = (\sigma_{Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2)^{1/2} = 94 \text{ MPa} < f_{yb} / \gamma_{M0} = 338 \text{ MPa}$$

## 6.1.4 VERIFICA DELLA PIASTRA DI BASE

La piastra di base ha spessore pari a 45mm ed è irrigidita da nervature verticali saldate alla piastra stessa ed al montante. La verifica è realizzata tramite un modello ad elementi finiti di tipo plate a 4 nodi riportato di seguito.



APPALTATORE: Conorzio                      Soci HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA           PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>			
PROGETTAZIONE: Mandataria                      Mandanti ROCKSOIL S.P.A                NET ENGINEERING            PINI            GCF ELETRI-FER                    TUNNEL CONSULT		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA			
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C                      FOGLIO 41 di 48



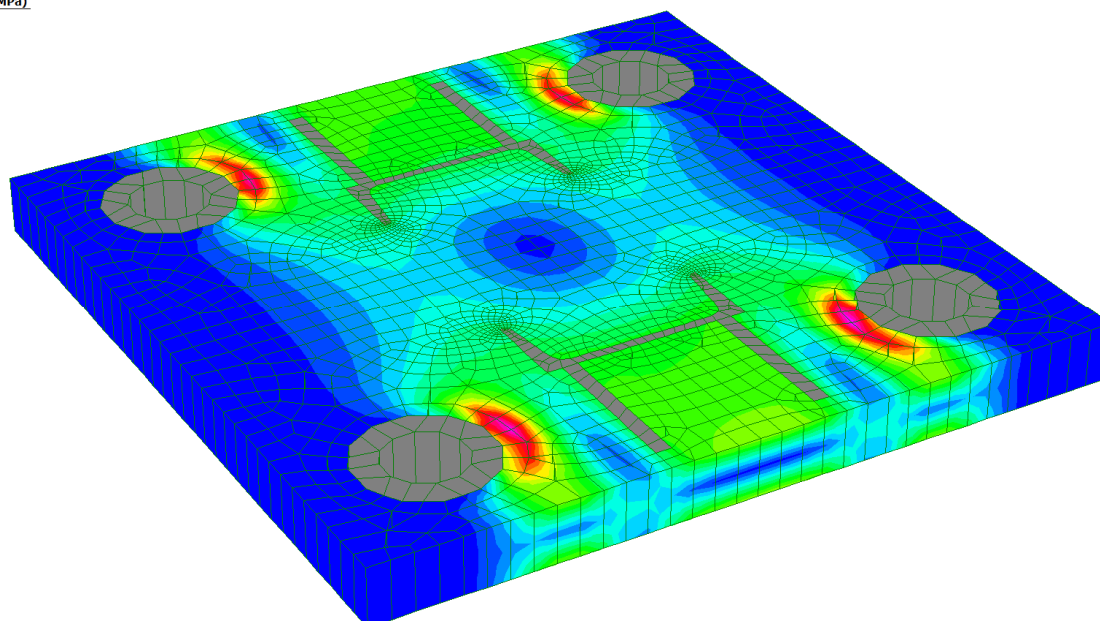
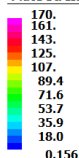
I nodi in corrispondenza dei bulloni sono vincolati verticalmente mentre i plate in corrispondenza delle nervature hanno un vincolo elastico la cui rigidezza replica quella delle nervature.

Al nodo baricentrico sono applicate le azioni derivanti dal modello di calcolo.

Si riporta nel seguito l'involuppo delle tensioni derivanti dall'analisi, combinate secondo il criterio di Von Mises.

La massima tensione allo SLU risulta pari a 170MPa <  $f_{yd}=319$ MPa.

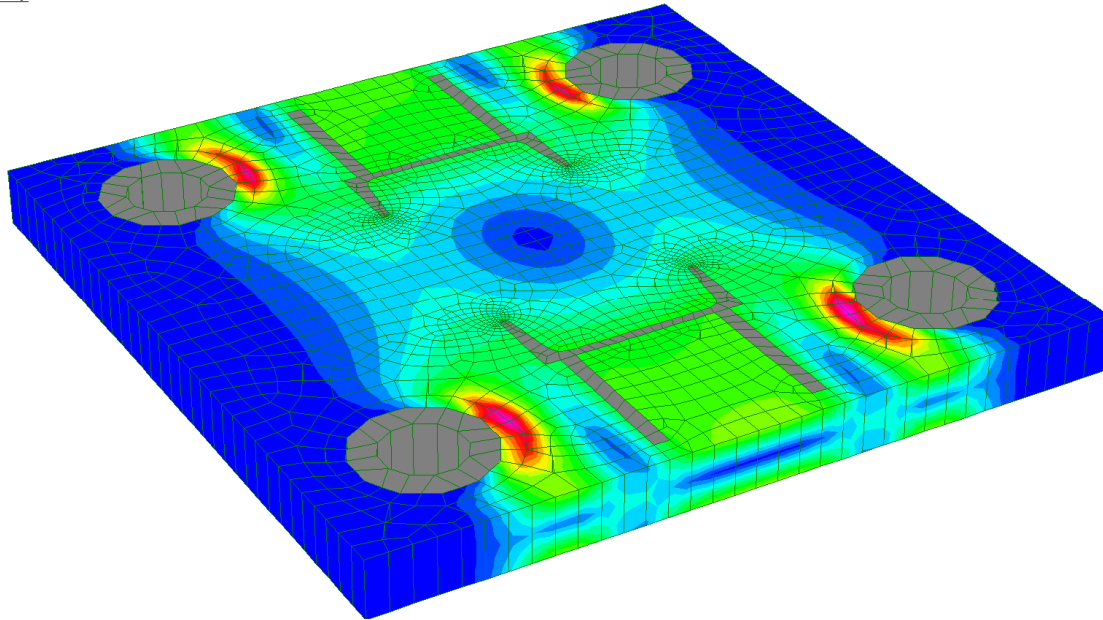
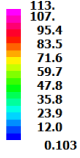
Plate Stress:VM (MPa)



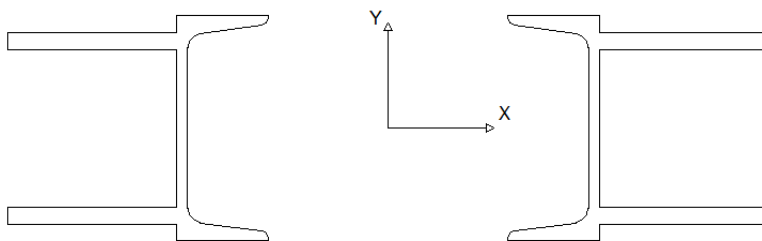
La massima tensione allo SLE risulta pari a 113MPa.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA            PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A            NET ENGINEERING            PINI            GCF</b> <b>ELETTRI-FER            TUNNEL CONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>EZZCL</b>	DOCUMENTO <b>LC0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO <b>42 di 48</b>

Plate Stress:VM (MPa)



Si verificano le saldature tra piastra di base ed i profili del pilastro con le nervature di irrigidimento. La sezione di base, comprensiva degli irrigidimenti ha le seguenti caratteristiche inerziali e geometriche:



Area:	10516.9376
Perimeter:	2042.4136
Bounding box:	X: -270.0000 – 270.0000
	Y: -80.0000 – 80.0000
Centroid:	X: 0.0000
	Y: 0.0000
Moments of inertia:	X: 40431746.9052
	Y: 345809593.5181
Product of inertia:	XY: 0.0000
Radll of gyration:	X: 62.0036
	Y: 181.3318

Quindi:

$$A_{v,x} = 8100 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,y} = 2400 \text{ mm}^2$$

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

$$W_x = 5.05 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 1.28 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

La verifica è effettuata per l'involuppo delle sollecitazioni massime:

$$N_{\max} = 28.6 \text{ kN}$$

$$V_x = 15.8 \text{ kN}$$

$$V_y = 1.4 \text{ kN}$$

$$M_x = 2.1 \text{ kNm}$$

$$M_y = 75.4 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0 \text{ kNm}$$

Le tensioni sulla sezione di base sono:

$$\sigma = N / A + M_x / W_x + M_y / W_y = 66 \text{ MPa}$$

$$\tau_y = V_y / A_{vy} + M_z / (h \cdot \frac{1}{2} A_{vy}) = 0.6 \text{ MPa}$$

$$\tau_x = V_x / A_{vx} = 1.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{id}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau_z^2 + 3 \tau_x^2} = 66 \text{ MPa} < f_{yd} = 338 \text{ MPa}$$

La verifica sulla saldatura condotta con riferimento al §6.6.5.3 di UNI EN 1993-1-8:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C FOGLIO 43 di 48

Il lato minimo della saldatura di base è di 8mm per cui l'altezza di gola è pari a 5.66mm. La tensione massima sulla saldatura è calcolata, in favore di sicurezza, tramite una proporzione tra lo spessore dei piatti costituenti le nervature e lo spessore di gola del doppio cordone d'angolo:

$$\sigma_n = \sigma \cdot t / (2 \cdot a) = 71 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = T_{\perp} = \sigma_n \cdot \cos(45) = 50 \text{MPa}$$

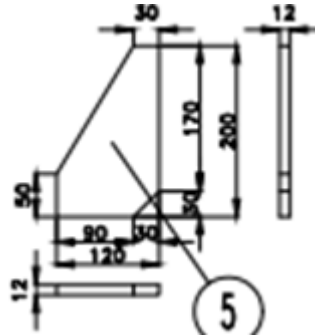
$$\tau_{//, \max} = \tau_{\max} \cdot t / (2 \cdot a) = 7 \text{MPa}$$

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot T_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{//}^2)^{1/2} = 100 \text{MPa} < f_{tk} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 453 \text{MPa}$$

dove  $\beta_w = 0.9$  (S355)

La verifica è soddisfatta.

Si verificano infine le nervature di irrigidimento della piastra di base.



La sezione di base ha dimensioni nette 90x12mm ed è verificata poco sopra.

Si considera cautelativamente che la forza trasmessa dalla nervatura sia pari all'area di base per la massima tensione risultante sulla sezione di base ( $\sigma = 66 \text{MPa}$ ):

$$F = \sigma \cdot A = 66 \cdot 12 \cdot 90 = 71 \text{kN}$$

La sezione verticale ha dimensioni nette 170x12mm ed è soggetta a sforzo di taglio  $V=F$  ed al momento dovuto alla distanza 'd' tra il centro della sezione di base e il filo esterno del montante:

$$d = 90/2 + 30 = 75 \text{mm}$$

$$M = F \cdot d = 5.3 \text{kNm}$$

$$A = 170 \cdot 12 = 2040 \text{mm}^2$$

$$W = 12 \cdot 170^2 / 6 = 57800 \text{mm}^3$$

$$\sigma = M / W = 92 \text{MPa}$$

$$\tau = V / A = 35 \text{MPa}$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)^{1/2} = 110 \text{MPa} < f_{yd} = 338 \text{MPa}$$

Il lato della saldatura al montante è di 8mm per cui l'altezza di gola è pari a 5.66mm. La tensione massima sulla saldatura è calcolata tramite una proporzione tra lo spessore dei piatti costituenti le nervature e lo spessore di gola del doppio cordone d'angolo:

$$\sigma_n = \sigma \cdot t / (2 \cdot a) = 98 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = T_{\perp} = \sigma_n \cdot \cos(45) = 69 \text{MPa}$$

$$\tau_{//} = \tau \cdot t / (2 \cdot a) = 37 \text{MPa}$$

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot T_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{//}^2)^{1/2} = 151 \text{MPa} < f_{tk} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 453 \text{MPa}$$

dove  $\beta_w = 0.9$  (S355)

La verifica è soddisfatta.

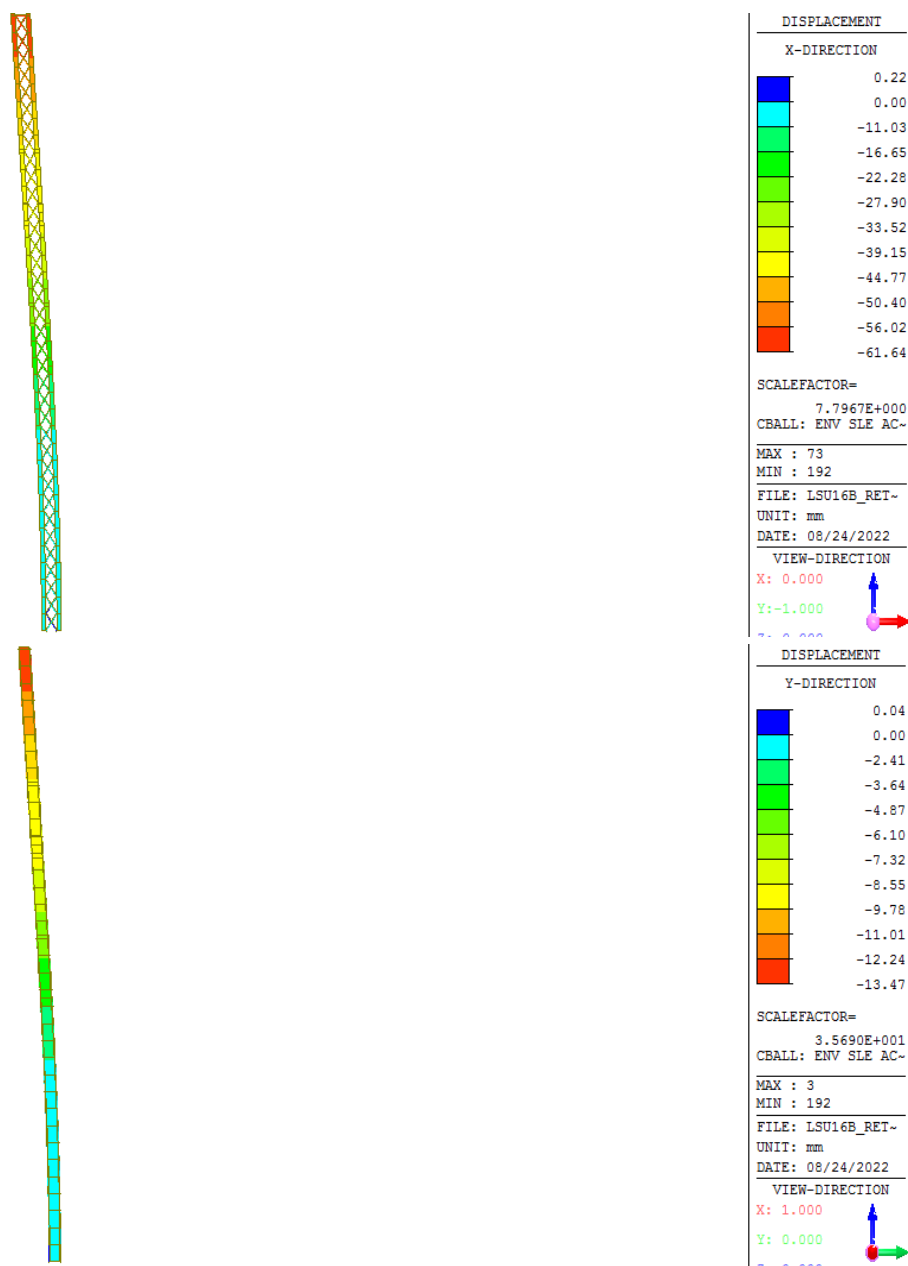
<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNEL CONSULT</b>	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">EZZCL</td> <td style="text-align: center;">LC0000001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">44 di 48</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	44 di 48
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	00	EZZCL	LC0000001	C	44 di 48												
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF	TUNNEL CONSULT		
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 45 di 48

## 7 VERIFICHE IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

### 7.1 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ

Come riportato nei paragrafi precedenti vengono analizzate anche le combinazioni allo stato limite di esercizio, sulla scorta delle quali vengono valutate le deformazioni della struttura del portale. Nelle figure che seguono si mostrano le configurazioni deformate relative all'involuppo delle condizioni di accidentali che generano i massimi spostamenti in direzione X e Y; nella stessa figura l'entità dello spostamento è evidenziata dalle mappe di colori (contours).



La massima deformazione in direzione X risulta

$D_x = 62\text{mm} = L/310$ , dove si assume L pari alla lunghezza libera di inflessione del palo LSU:



APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT					
PROGETTO ESECUTIVO					
COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 47 di 48

Table 2.1: Maximum permissible values of element thickness t in mm

Steel grade	Sub-grade	Charpy energy CVN at T [°C]	J <sub>min</sub>	Reference temperature T <sub>Ed</sub> [°C]																							
				σ <sub>Ed</sub> = 0,75 f <sub>y</sub> (t)								σ <sub>Ed</sub> = 0,50 f <sub>y</sub> (t)								σ <sub>Ed</sub> = 0,25 f <sub>y</sub> (t)							
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	65	55	45	40	30	25	20	110	95	80	70	60	55	45				
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
		ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130		
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
		ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120		
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
		ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115		
		QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130		
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45			
		Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50		
		QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60		
		QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75		
		QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85		
		QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100		

La verifica è condotta per ciascun elemento nella tabella seguente.

Elemento	GRADE	SUB-GRADE	T <sub>ref</sub> (°C)	t <sub>0,75</sub> (mm)	t <sub>0,5</sub> (mm)	t <sub>0,25</sub> (mm)	t (mm)	f <sub>y</sub> (MPa)	σ <sub>Ed</sub> (MPa)	σ <sub>Ed</sub> / f <sub>y</sub>	t <sub>max</sub> (mm)	t < t <sub>max</sub>	FS
UPN 160	S355	J2	-20	50	80	130	10,5	352	100	0,284	123	OK	11,74
Tondo Ø20	S355	J2	-20	50	80	130	20	350	29	0,083	130	OK	6,50
Piastra di base	S355	J2	-20	50	80	130	45	344	113	0,329	114	OK	2,54

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNEL CONSULT						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 00	CODIFICA EZZCL	DOCUMENTO LC0000001	REV. C	FOGLIO 48 di 48

## 8 REAZIONI ALLA BASE DEL SOSTEGNO

Si riportano, ai fini della verifica della sottostruttura e dei tirafondi, le reazioni alla base del sostegno, all'altezza della piastra di base.

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
G1	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0
G2	-1.6	0.5	11.3	-0.9	2.8	0.0
Q1	0.0	0.0	2.4	0.0	5.7	0.0
Q2	-7.1	0.0	0.0	0.0	-35.4	0.0
Q3	-7.6	0.0	0.0	0.0	-37.9	0.0
Q4	0.0	-0.7	1.8	0.7	0.0	0.0
Q5	-1.4	0.0	0.0	0.0	-6.6	0.0
DT	0.0	-0.1	-0.1	0.6	0.0	0.0
ACC	-1.4	0.0	0.0	0.0	-7.0	0.0
Sisma X	-3.8	0.0	0.0	0.0	-15.8	0.0
Sisma Y	0.0	-0.9	2.4	0.8	0.0	0.0

Si riportano infine le reazioni alla base del tirante.

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
G1	0.0	0.0	0.2
G2	0.0	-7.5	-7.5
Q1	0.0	0.0	0.0
Q2	0.0	0.0	0.0
Q3	0.0	0.0	0.0
Q4	0.0	-1.8	-1.8
Q5	0.0	0.0	0.0
DT	0.0	0.1	0.1
ACC	0.0	0.0	0.0
Sisma X	-0.1	0.0	0.0
Sisma Y	0.0	-2.5	-2.4

Dove:

G1 = peso proprio delle strutture

G2 = carichi permanenti non strutturali

Q1 = peso del ghiaccio

Q2 = vento ortogonale al binario in assenza di ghiaccio

Q3 = vento ortogonale al binario in presenza di ghiaccio

Q4 = vento parallelo al binario

Q5 = effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli

DT = variazione di temperatura uniforme

ACC = carico eccezionale