



00

15.01.2018

PRIMA EMISSIONE

FM

MS

SS

---

REV.

DATA

OGGETTO

REDAZIONE

CONTROLLO

APPROVAZ.

## INDICE

1	Premessa	3
2	Descrizione della struttura	4
2.1	Descrizione generale	4
2.2	Copertura	5
3	Normative e Documenti di riferimento	7
3.1	Normative	7
4	Materiali	8
4.1	Materiali di intervento (copertura)	8
5	Analisi dei carichi e combinazioni di carico	9
5.1	Carichi verticali	9
5.1.1	Carichi da Neve	10
5.2	Carichi orizzontali	10
5.2.1	Carichi da vento	10
5.2.2	Sisma	12
5.3	Carico da incendio	13
5.4	Combinazioni di carico	13
6	Criteri progettuali, ipotesi di calcolo e verifica	15
6.1	Stralli di Appensione Copertura	15
7	Intervento di protezione e verifica analitica al fuoco dello strallo	19
7.1	Caratteristiche termiche del materiale protettivo	19
7.2	Caratteristiche termiche acciaio	20
7.3	Incendio di progetto	21
7.4	Risultati dell'analisi	21
7.4.1	Strallo $\phi 100\text{mm}$	21
7.4.2	Strallo $\phi 84\text{mm}$	23



## 1 Premessa

Oggetto della presente relazione sono gli aspetti strutturali relativi al Progetto di un velodromo coperto di categoria 1A (6000 posti), la cui costruzione è prevista nel territorio comunale di Spresiano (TV).

L'edificio sarà progettato per ospitare competizioni ciclistiche ed eventi di carattere mondiale; la progettazione terrà conto anche delle prescrizioni normative per un futuro utilizzo del complesso per manifestazioni ricadenti nel pubblico spettacolo, benché queste ultime non siano oggetto, oggi, di richiesta di valutazione da parte del Comando Vigili del Fuoco.

La lontananza dal centro abitato e la vicinanza di grandi arterie infrastrutturali (autostrade, strade e ferrovia) sono elementi di grande rilevanza strategica e rendono la struttura facilmente raggiungibile ed accessibile.

In particolare in questa nota tecnica si esaminerà la protezione e resistenza al fuoco degli stralli previsti per il sostegno della copertura metallica del velodromo.

## 2 Descrizione della struttura

### 2.1 Descrizione generale

L'edificio è caratterizzato da un basamento accessibile dalla quota parcheggio, + 35.00 m slm, sopra al quale è posizionata la struttura fuori terra, raggiungibile tramite una grande scalinata o ascensori dall'ingresso coperto ubicato al livello dei parcheggi.

La quota del basamento, +41.00 m slm, è pressoché complanare con la quota della strada pubblica, condizione che consente ai mezzi di soccorso di percorrere la copertura del basamento.

L'edificio "fuori terra" presenta una sagoma pressoché rettangolare in pianta, con angoli fortemente smussati.

La quasi totalità delle opere interrrate e fuori terra sarà realizzata in calcestruzzo armato, mentre il volume sarà coronato da una grande struttura metallica strallata, con funzione di copertura.

In corrispondenza dell'ingresso coperto sarà prevista una tettoia.

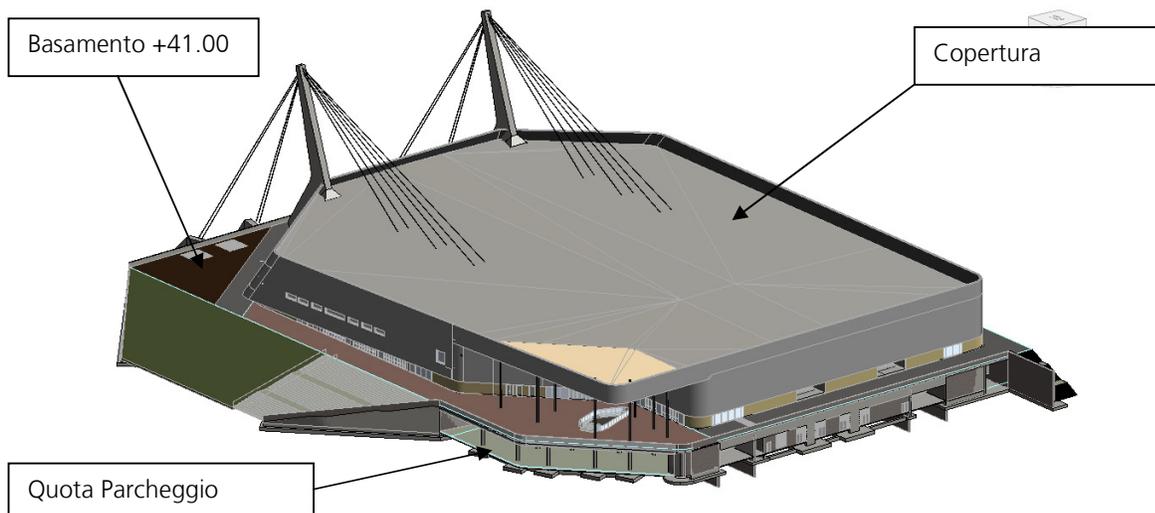


Figura 1 – Inquadramento – Vista3D

## 2.2 Copertura

Il progetto prevede una grande copertura strallata in carpenteria metallica.

La copertura è costituita da un graticcio di travi metalliche a sostegno di una lamiera grecata tipo EGB2000 o similare. Il graticcio consta principalmente di travi reticolari ordite in entrambe le direzioni principali, a sostegno di arcarecci costituiti da profili convenzionali. Gli elementi principali della copertura sono costituiti da due travi portanti, di lunghezza pari a circa 93.5m, realizzate ciascuna con due reticolari affiancate e rese collaboranti da tralicciature trasversali, a formare due corpi tralicciati di circa 5m di altezza per 3m di larghezza, convenzionalmente indicati nel seguito come "cassoni" ed evidenziati in rosa nella figura sotto. Queste travi sono sostenute ad un estremo da una reticolare trasversale tradizionale (blu in figura), all'altro estremo poggiano sulle grandi pile in c.a. Le travi principali sono inoltre sostenute da un sistema di stralli metallici di appensione tipo Full Locked Coil Strands.

Per ciascuna delle due travi il sistema è costituito da una antenna in c.a. a sezione variabile, inclinata sulla verticale, e da due coppie di stralli che si ancorano a terra esternamente all'edificio, si congiungono in sommità all'antenna, per poi scendere sul piano della copertura a sostenere la trave principale.

Agli stralli si applica una pretensione che consenta di limitare e controllare le deformate della copertura

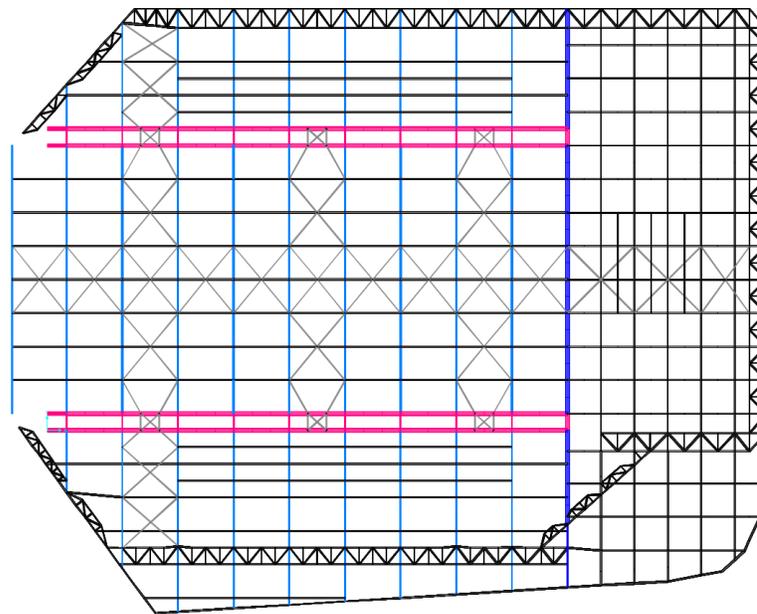


Figura 2 – Pianta Copertura

Il resto delle strutture è costituito da reticolari metalliche secondarie ordite fra le due principali e fra le principali ed il perimetro. (evidenziate in azzurro)

La copertura della zona espositiva prevede un cambio di orditura, con una serie di travi ordite lungo il lato più corto (evidenziate in rosso), che raccolgono un sistema di arcarecci, adeguatamente steccate fuori del loro piano (sistema di stecche evidenziato in verde) e poggianti da un lato sulla trave trasversale e sull'altro sui pilastri in c.a.

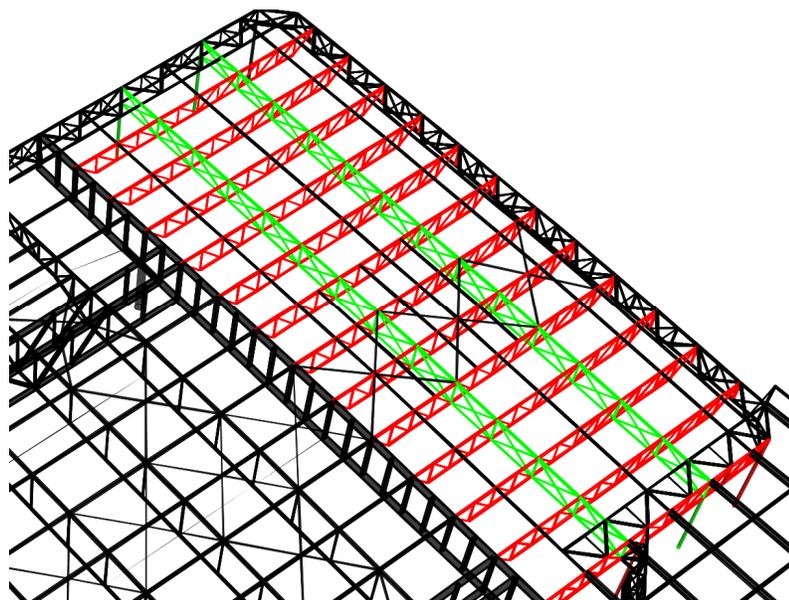


Figura 3 – Copertura Zona Espositiva

Garantiscono la stabilità nel piano orizzontale della copertura un sistema di controventi di falda (tubolari) ed irrigidimenti di sponda realizzati con correnti a tubi quadri e angolari (da coordinare nelle fasi successive di progetto con il produttore della facciate).

Gli arcarecci hanno luci tipiche di 10m nella zona principale e 6m nella zona espositiva con interassi tipici di 6m e risultano infittiti nelle zone in cui sono previste le predisposizioni per impianti rooftop.

Tutte le carpenterie metalliche sono state dimensionate per sostenere i carichi permanenti (inclusa predisposizione per impianti rooftop e fotovoltaico), i carichi variabili di vento e neve.

Lo scolo delle acque è garantito da un opportuno sistema di pendenze ottenuto mediante inclinazione del corrente superiore delle travi reticolari.

## 3 Normative e Documenti di riferimento

### 3.1 Normative

Le strutture sono dimensionate secondo le indicazioni contenute nelle seguenti normative:

1. D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni.
2. Circ. 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
3. UNI CEI EN ISO 13943:2004 Sicurezza in caso di incendio - Vocabolario."
4. UNI EN 1363-1:2001 Prove di resistenza al fuoco - Requisiti generali."
5. UNI EN 1363-2:2001 Prove di resistenza al fuoco - Procedure alternative e aggiuntive."
6. UNI 9502 2a edizione Maggio 2001 "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso."
7. D.M. 16/02/2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione."
8. Circolare VV.FF. 15/02/2008 "Pareti di muratura portanti resistenti al fuoco"
9. D.M. 09/03/2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco."
10. Circolare VV.FF. 28/03/2008 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVVF. Chiarimenti ed indirizzi applicativi."

Per tutti gli argomenti non trattati nelle normative sopra riportate o, laddove necessario, ad integrazione di esse, si è fatto riferimento alle disposizioni presenti negli EUROCODICI.

1. UNI EN 1991-1, «Eurocodice 1. Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 1: Basi di calcolo».
2. UNI EN 1992-1-1, «Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici».
3. UNI EN 1992-1-3, «Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-3: Regole generali. Elementi e strutture prefabbricate di calcestruzzo».
4. UNI EN 1997-1, «Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali».
5. UNI EN 1998-1-1, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-1: Regole generali - Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture».
6. UNI EN 1998-1-2, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-2: Regole generali per gli edifici».
7. UNI EN 1998-1-3, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-3: Regole generali - Regole specifiche per i diversi materiali ed elementi».
8. UNI EN 1998-5, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici».

## 4 Materiali

### 4.1 Materiali di intervento (copertura)

Acciaio per carpenteria metallica

Tipo S355JR

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	355	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	510	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	338	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E =$	210000	N/mm <sup>2</sup>

Trefoli per stralli di appensione della copertura

Si prevede l'utilizzo di funi chiuse ('full locked coil strands'), costituite da fili di acciaio ad alta resistenza zincati a caldo. La fune è formata da un nucleo interno di fili tondi e da uno o più strati esterni di fili sagomati in modo tale da avere un bloccaggio reciproco dei fili per ottenere una sezione compatta. I fili più esterni garantiscono superfici di contatto piane, e basse pressioni superficiali tra i fili. La forma dei fili esterni previene l'ingresso di agenti esterni all'interno dei cavi. Si prevede l'utilizzo di due diversi diametri.

Diametro esterno funi	$\phi =$	84	mm
Area resistente	$A =$	4805	mm <sup>2</sup>
Rigidezza elastica	$EA =$	783000	kN
Forza di rottura (MBL minimum breaking load)	$F_{u,k} =$	7045	kN
Forza resistente di progetto*	$F_{R,d} =$	4270	kN
Massa	$p =$	40.	kg/m

Diametro esterno funi	$\phi =$	100	mm
Area resistente	$A =$	6890	mm <sup>2</sup>
Rigidezza elastica	$EA =$	1123000	kN
Forza di rottura (MBL minimum breaking load)	$F_{u,k} =$	10050	kN
Forza resistente di progetto*	$F_{R,d} =$	6091	kN
Massa	$p =$	57.3	kg/m

\* MBL / (1.5  $\gamma_R$ ) con  $\gamma_R = 1.1$

## 5 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

Le strutture sono sottoposte a carichi statici sia verticali sia orizzontali (vento, spinta delle terre); si è inoltre considerato nel dimensionamento il carico orizzontale dato dalle azioni sismiche. Di seguito si mostra un riepilogo delle sollecitazioni considerate e delle combinazioni dei loro effetti utilizzate nel progetto.

### 5.1 Carichi verticali

Oltre ai pesi propri delle strutture metalliche nel calcolo della copertura e della tensione negli stralli, si sono considerati i sovraccarichi permanenti ed accidentali riportati nelle tabelle seguenti:

#### Sovraccarichi

Area di Carico		Variabile q	Note
n	Descrizione	[kN/m <sup>2</sup> ]	
14	Copertura Accessibile per manutenzione	0.5	Cat. H1 (manutenzione):
15	Predisposizione per Impianti Rooftop	0.5	Cat. H1 (manutenzione):
16	Predisposizione per Impianto Fotovoltaico	0.5	Cat. H1 (manutenzione):
17	Passerelle di Ispezione	1.0	> Cat. H1 (manutenzione):

Area di Carico		Permanente Portato g
n	Descrizione	[kN/m <sup>2</sup> ]
14	Copertura Accessibile per manutenzione	0.45 + 0.40
15	Predisposizione per Impianti Rooftop	0.50 + 2.00
16	Predisposizione per Impianto Fotovoltaico	0.65 + 0.40
17	Passerelle di Ispezione	2.7

### 5.1.1 Carichi da Neve

Il carico da neve è stato valutato secondo quanto segue, in accordo alla normativa:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

con:

$$q_{sk} = 1.50 \quad \text{kN/m}^2 \quad (\text{zona I - Mediterranea, con } a_s = 56 \text{ m s.l.m.m.})$$

$$\mu_1 = 0.80 \quad (\text{copertura piana})$$

$$C_E = 0.90 \quad (\text{area pianeggiante esposta, senza costruzioni più alte nei pressi})$$

$$C_t = 1.00 \quad (\text{cautelativamente, in assenza di studi più accurati})$$

Di conseguenza:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.80 \cdot 1.50 \cdot 0.90 \cdot 1.00 = 1.08 \approx 1.10 \quad \text{kN/m}^2$$

## 5.2 Carichi orizzontali

### 5.2.1 Carichi da vento

La pressione di progetto data dal vento sui diversi elementi strutturali è valutata come segue:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Con:

$q_b$  = pressione cinetica di riferimento

$c_e$  = coefficiente di esposizione (variabile con l'altezza dell'edificio)

$c_p$  = coefficiente di forma (aerodinamico)

$c_d$  = coefficiente dinamico

La pressione di riferimento è valutata come segue:

$$a_s = 56 \text{ m} \quad [\text{altitudine sul livello del mare del sito in oggetto}]$$

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$a_0 = 1000 \text{ m}$$

$$k_a = 0.010 \text{ 1/s}$$

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

$$v_b (T_R) = 25 \text{ m/s}$$

$$r = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = 391 \text{ N/m}^2$$

Per valutare il coefficiente di esposizione si sono utilizzati i seguenti parametri:7

ZONA	1	[Veneto]
Classe di rugosità	D	[aree prive di ostacoli]
Distanza dal mare	>30 km	

Cat. di esposizione	2	$k_r =$	0.19
		$z_0 =$	0.05 m
		$z_{min} =$	4 m

Il diagramma dell'andamento del  $c_e$  con l'altezza è illustrato di seguito:

### Coefficiente di esposizione

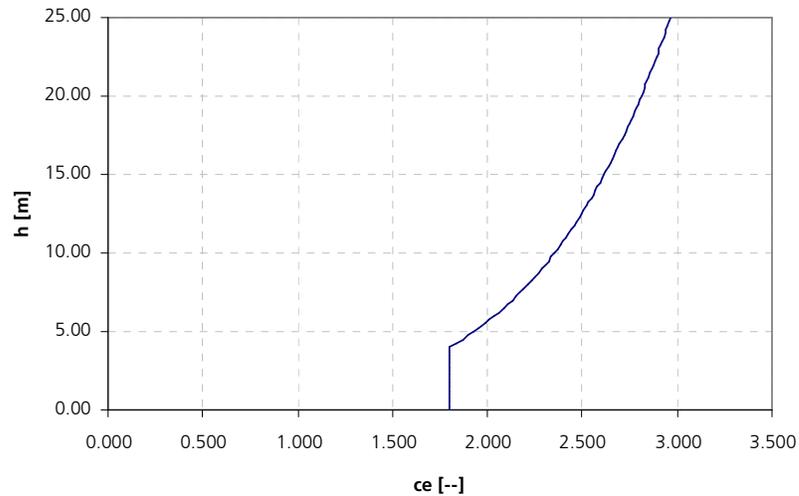


Figura 6 – Andamento del coefficiente di esposizione al variare dell'altezza dell'edificio

Il coefficiente dinamico è cautelativamente assunto pari a 1.00.

Il coefficiente di forma assume diversi valori in funzione dell'elemento strutturale investito:

$c_p =$	+0.80	parete controvento
	-0.40	parete sottovento
	-0.40	copertura piana

Di seguito si mostrano i diagrammi della pressione di progetto del vento per i diversi elementi alle diverse quote.



### 5.3 Carico da incendio

Per tutte le carpenterie metalliche interne si prevede una finitura inclusiva di mano di fondo antiossidante, verniciatura intumescente per l'ottenimento di prestazioni R60 e verniciatura a finire.

Anche per gli stralli, posizionati integralmente all'aperto, è stata richiesta una protezione al fuoco R60, oggetto delle considerazioni e delle verifiche esposte nei paragrafi seguenti.

Nella determinazione delle azioni sollecitanti nei cavi in condizioni di incendio si è tenuto conto dell'effetto della dilatazione termica dovuta al calore nel cavo. In particolare, a valle dell'analisi termica sezionale del cavo e del materiale di protezione (vedere §7) si prevede dopo 60' una temperatura dell'acciaio di circa 100C°.

### 5.4 Combinazioni di carico

In accordo con le prescrizioni contenute nel D.M. 14 gennaio 2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, «Norme Tecniche per le Costruzioni», le combinazioni di carico da assumere per le verifiche in condizioni di incendio sono (§2.53 delle NTC2008):

$$F_d = G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} Q_{ki} ;$$

dove:

G1 è il valore caratteristico dei pesi propri;

G2 è il valore caratteristico dei carichi permanenti;

P è il valore caratteristico delle pre-tensioni

Q<sub>ki</sub> è il valore caratteristico dell'i-esima azione variabile;

A<sub>d</sub> è il valore dell' azione eccezionale (incendio);

Si riportano nel seguito per confronto le combinazioni di normativa previste per le verifiche "a freddo" degli elementi strutturali agli SLU

Combinazioni SLU

$$\text{SLU statica } F_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} ;$$

$$\text{sismica: } F_d = E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} Q_{ki} ;$$

I valori dei coefficienti di combinazione  $\gamma$  e  $\Psi$  per le verifiche strutturali sono riportati nelle tabelle seguenti:

Azione	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Cat.C3 (affollamento)	0.7	0.7	0.6
Cat.H3 (coperture)	0.0	0.0	0.0
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (quota<1000m s.l.m.m.)	0.5	0.2	0.0
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

Permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	1.0
	Sfavorevoli		1.3
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.0
	Sfavorevoli		1.5
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.0
	Sfavorevoli		1.5

## 6 Criteri progettuali, ipotesi di calcolo e verifica

Il calcolo delle sollecitazioni negli elementi strutturali è stato condotto secondo le regole della scienza delle costruzioni, ipotizzando un comportamento elastico e lineare dei materiali.

Le verifiche sezionali di tutti gli elementi strutturali sono state condotte seguendo il metodo semi probabilistico agli stati limite.

Allo scopo di individuare l'entità delle sollecitazioni sulle strutture sono state condotte diverse analisi mediante un programma di calcolo agli elementi finiti di comprovata affidabilità.

Per i risultati e il dettaglio della modellazione si faccia riferimento alle verifiche "a freddo" delle strutture.

In quanto segue si riportano i risultati delle azioni negli stralli per le varie combinazioni di carico SLU e di Incendio.

### 6.1 Stralli di Appensione Copertura

Si riporta nel seguito le sollecitazioni dei Trefoli per stralli di appensione della copertura.

Il diagramma di involuppo delle azioni di trazione nelle funi per tutti gli stati limite (SLU) considerati è riportato nella figura seguente.

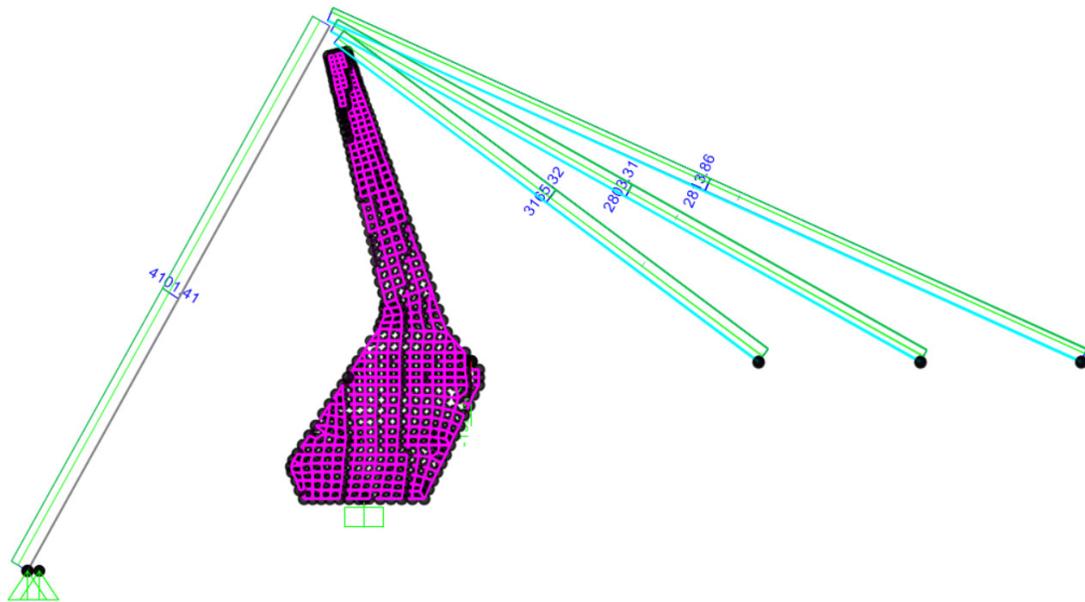


Figura 5 – Involuppo azioni di trazione (SLU) negli stralli [kN]

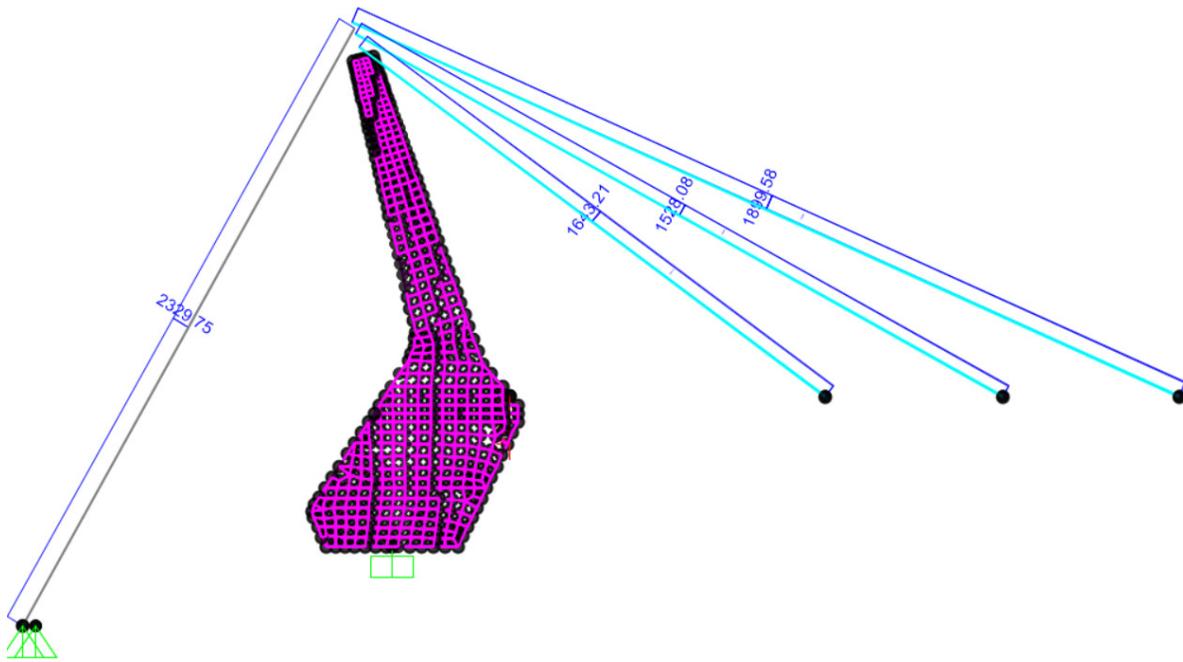


Figura 6 – Azioni in Caso di Incendio Stralli di Riva

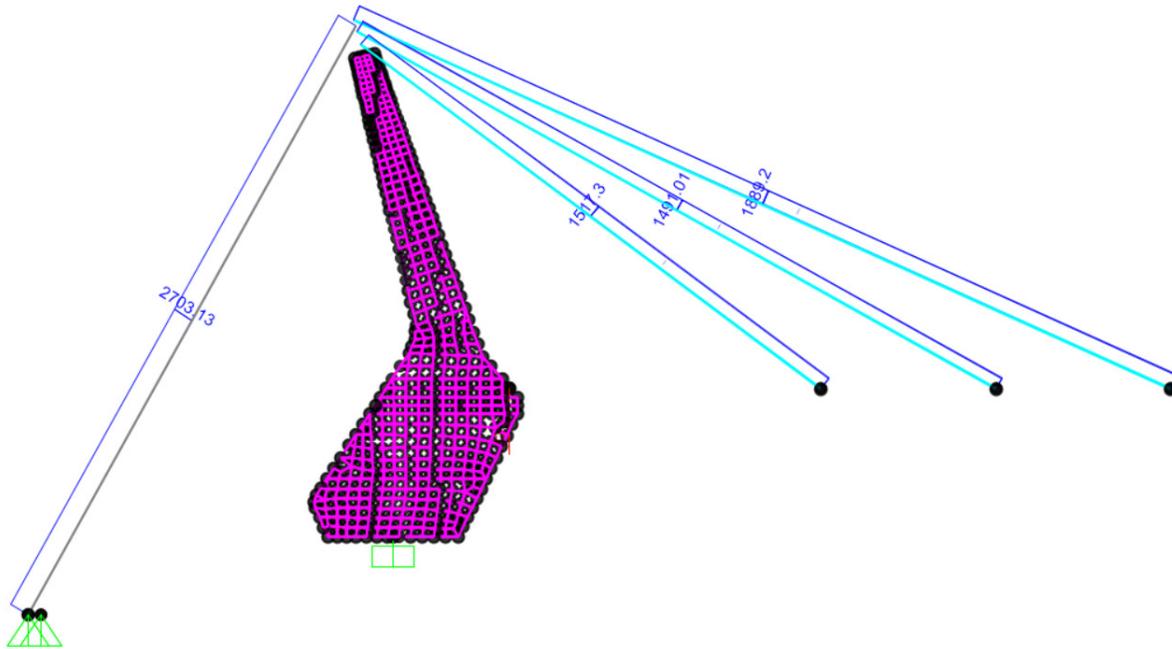


Figura 7 – Azioni in Caso di Incendio Stralli lato Copertura

Si riportano nella tabella seguente le azioni sollecitanti negli stralli agli SLU ed in condizioni di incendio, ipotizzato una volta all'esterno dell'edificio (stralli di riva) una volta all'interno del velodromo (stralli di valle).

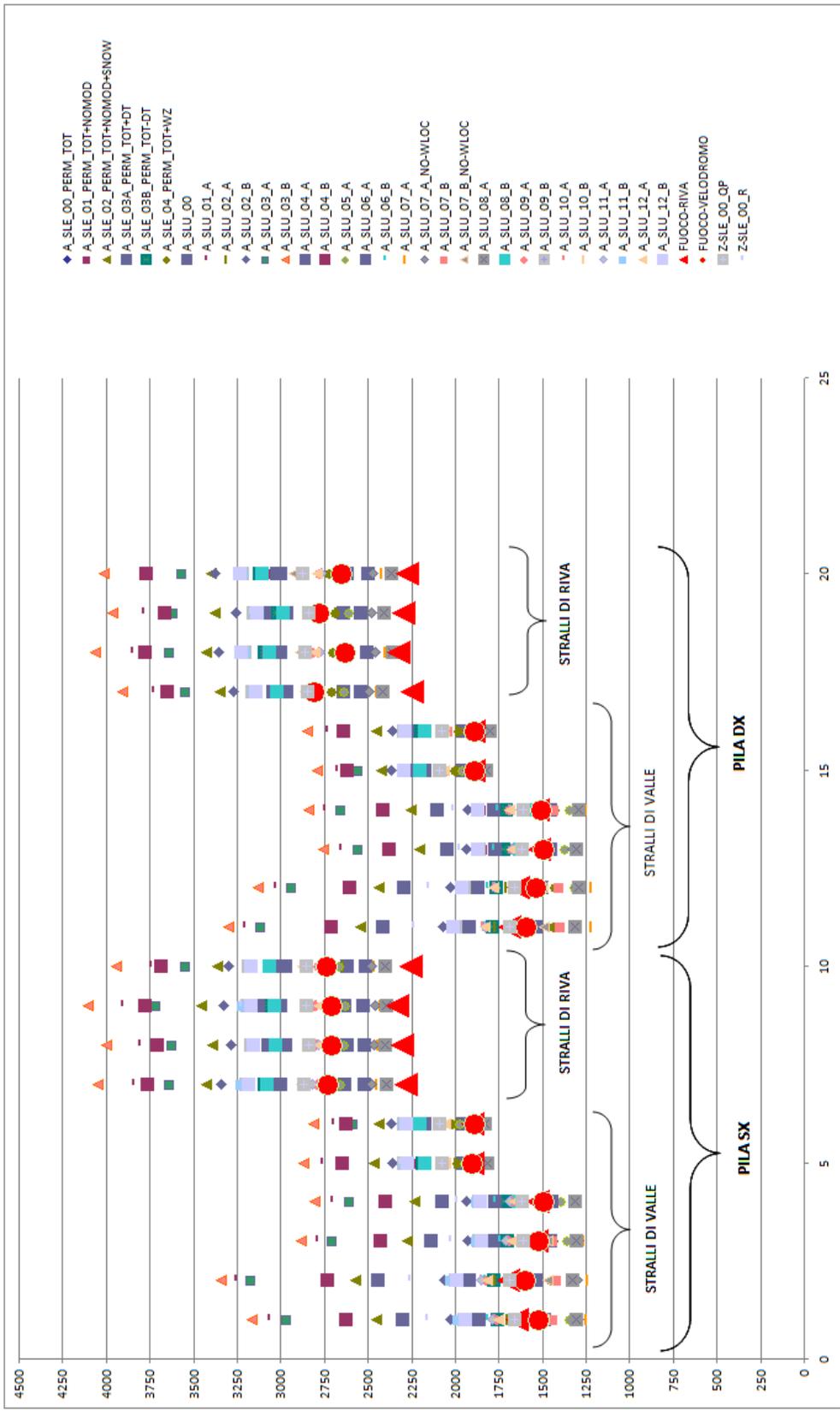
<b>Nsd (KN)</b>	<b>Stralli di valle</b>	<b>Stralli di valle</b>
<b>SLU</b>	4100	3165
<b>Incendio stralli di riva <math>\phi</math>100</b>	2330	1900
<b>Incendio stralli di valle <math>\phi</math>84</b>	2700	1900

<b>Nrd (KN)</b>	<b>Stralli di valle</b>	<b>Stralli di valle</b>
<b>SLU</b>	4100	3165

La resistenza degli stralli "a freddo"  $N_{rd}$  è pari a:

- Funi da 100mm di diametro  $N_{rd} = 6091$  KN;
- Funi da 84mm di diametro  $N_{rd} = 4270$  KN;

Si riporta nel grafico seguente le tensioni negli stralli in condizioni di incendio rispetto ai valori Max e min previsti agli SLU. Come si vede le sollecitazioni negli stralli in caso di incendio rimangono all'interno del range normalmente previsto per le condizioni statiche.



## 7 Intervento di protezione e verifica analitica al fuoco dello strallo

### 7.1 Caratteristiche termiche del materiale protettivo

Si prevede di proteggere gli stralli con delle coppelle realizzate mediante miscele a base di silicato rivestite con un lamierino metallico zincato, identiche a quelle utilizzate normalmente per la protezione dei tiranti o delle condotte del gas.

La principale caratteristica della coppella è quella di proteggere dal fuoco gli elementi coinvolti in caso di incendio, fungendo da barriera all'innalzamento della temperatura dei materiali contenuti al suo interno.

Nell'analisi termica della sezione dello strallo per il materiale di protezione sono state prese le seguenti caratteristiche:

- Densità:  $\rho = 245 \text{ Kg/mc}$ ;
- Calore specifico:  $c = 0.8 \text{ KJ/KgK}$ ;
- Conducibilità termica:  $\lambda = 0.07 \text{ (200 C}^\circ\text{)}$ ;  
 $\lambda = 0.10 \text{ (400 C}^\circ\text{)}$ ;  
 $\lambda = 0.14 \text{ (600 C}^\circ\text{)}$ ;  
 $\lambda = 0.17 \text{ (800 C}^\circ\text{)}$ ;

Le coppelle sono normalmente disponibili con vari diametri interni da 1" (33.4mm) fino ad un massimo di 6" (168 mm) e con uno spessore di materiale isolante pari a 50mm.

Nel nostro caso l'analisi è stata svolta ipotizzando di utilizzare coppelle da 4" (114.3mm) per gli stralli di riva, di 100mm di diametro, e 3" (88.9mm) per gli stralli di valle da 84mm di diametro.

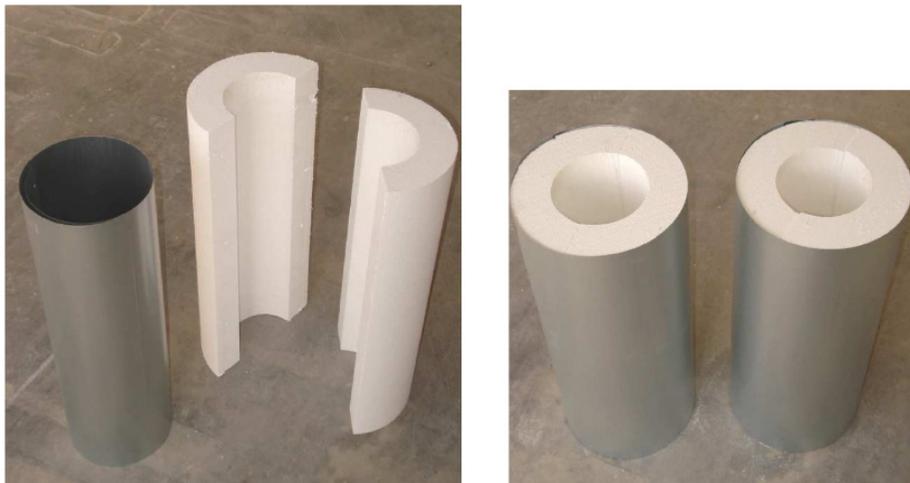


Figura 8 – Esempi di coppelle con miscele silicate

## 7.2 Caratteristiche termiche acciaio

Coefficiente di convezione per esposizione al fuoco:	25.0 W/m <sup>2</sup> °C
Coefficiente di convezione per ambiente:	9.0 W/m <sup>2</sup> °C
Coefficiente di remissività risultante:	0.70
Coefficiente di irraggiamento:	0.0000000397 W/m <sup>2</sup> °K <sup>4</sup>
Comportamento in fase di verifica:	Acciaio

Nelle tabelle seguenti si riportano le caratteristiche termiche dell'acciaio ed i fattori di riduzione delle caratteristiche meccaniche con la temperatura.

Temperatura °C	Massa Kg	Conducibilità W/m°C	Calore specifico J/Kg°C
0	7850.0	54.000	425.0
200	7850.0	47.300	530.0
400	7850.0	40.700	606.0
600	7850.0	34.000	760.0
670	7850.0	31.700	857.0
700	7850.0	30.700	1008.0
720	7850.0	30.000	1388.0
735	7850.0	29.500	5000.0
750	7850.0	29.000	1483.0
770	7850.0	28.400	1002.0
800	7850.0	27.400	803.0
900	7850.0	27.300	650.0
1200	7850.0	27.300	650.0

Temperatura (°C)	Resistenza Fi	Modulo elastico Fi
20	1.000	1.000
100	1.000	1.000
200	1.000	0.900
300	1.000	0.800
400	1.000	0.700
500	0.780	0.600
600	0.470	0.310
700	0.230	0.130
800	0.110	0.090
900	0.060	0.068
1000	0.040	0.045
1100	0.020	0.023
1200	0.000	0.000

### 7.3 Incendio di progetto

L'andamento delle temperature è stato valutato con riferimento alla curva d'incendio nominale standard definita come segue:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

### 7.4 Risultati dell'analisi

Per l'analisi termica delle sezioni è stato utilizzato il software ThermoCad 5.3 prodotto della Concrete s.r.l.

Nella figura seguente si riporta la geometria di calcolo nei due cavi.

E' stata considerata esposta al fuoco tutta la circonferenza del rivestimento.

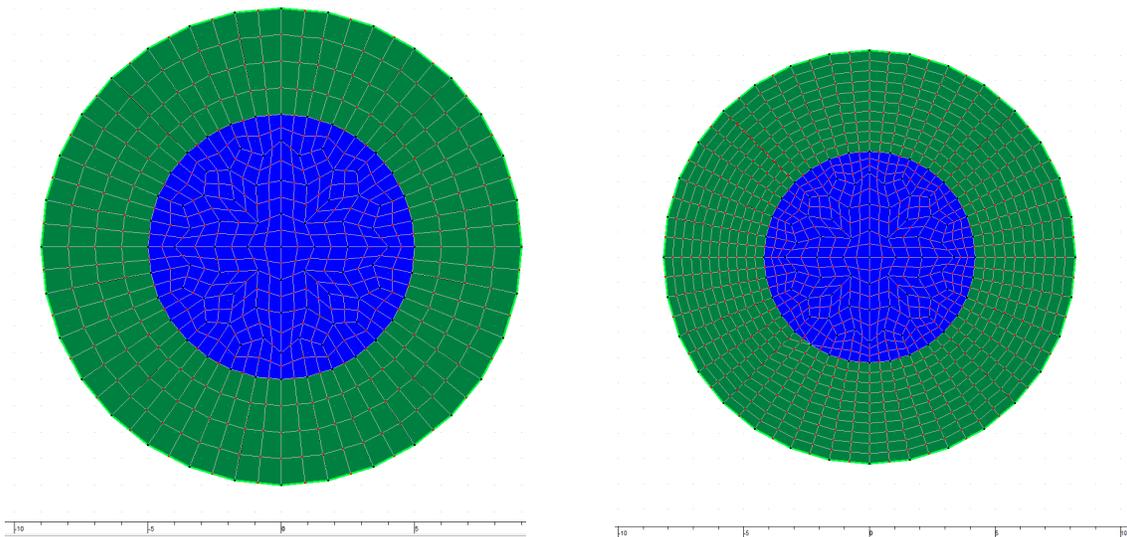


Figura 9 – Geometria di verifica delle due funi

#### 7.4.1 Strallo $\phi 100\text{mm}$

Si riporta nel seguito la mappatura termica a 15 30 45 e 60 minuti.

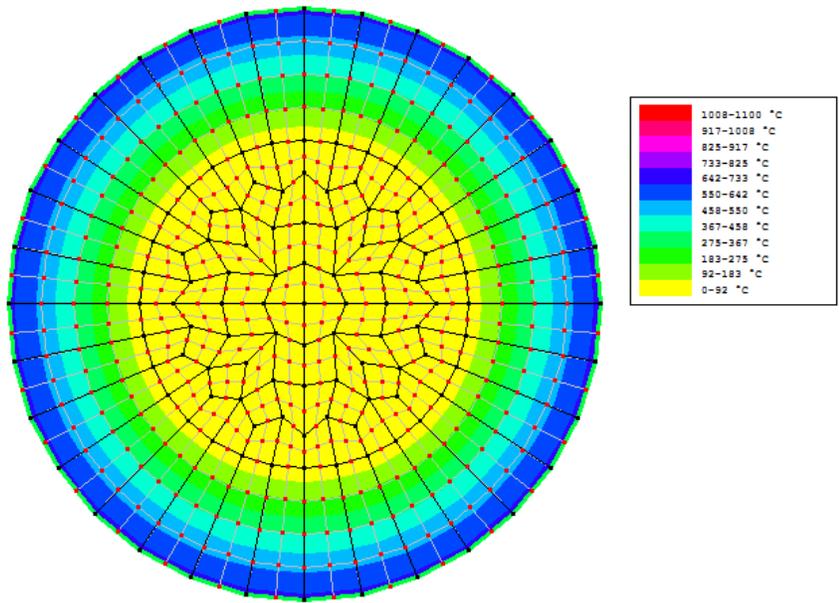


Figura 10 – Distribuzione temperature a 15 min

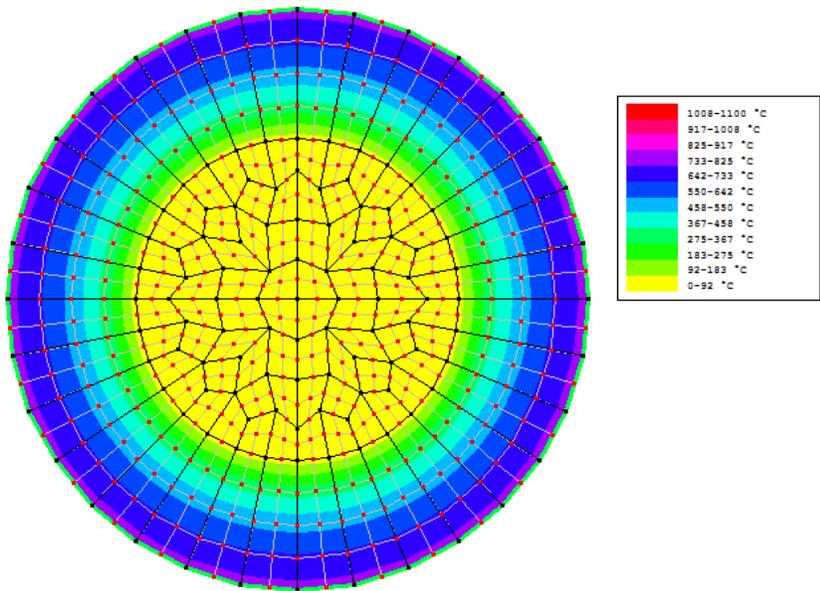


Figura 11 – Distribuzione temperature a 30 min

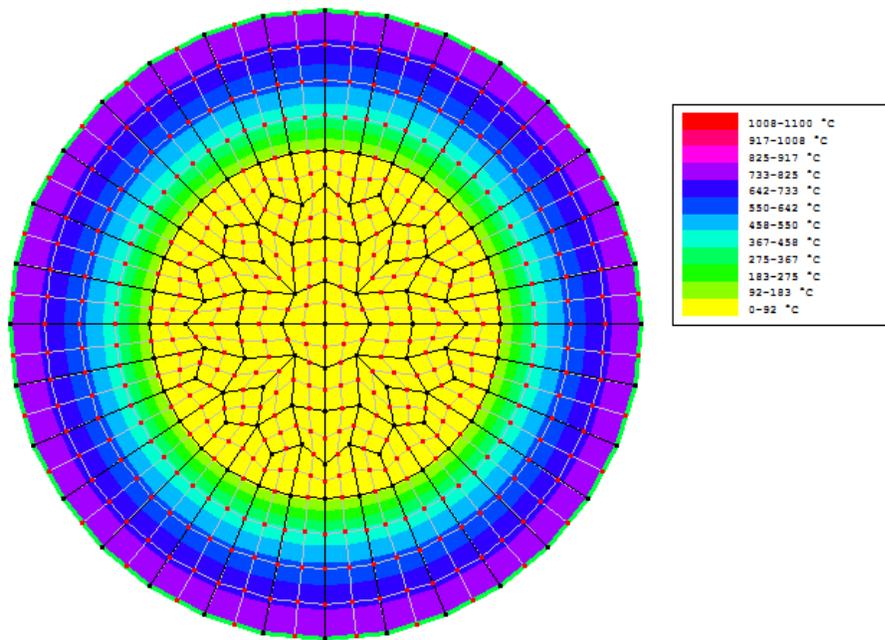


Figura 12 – Distribuzione temperature a 45 min

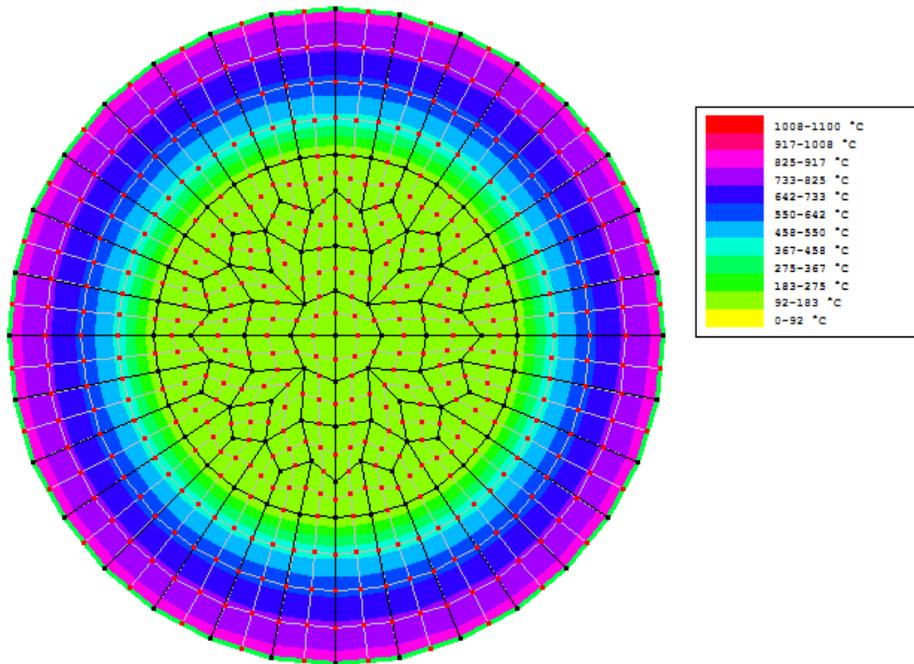


Figura 13 – Distribuzione temperature a 60 min

#### 7.4.2 Strallo $\phi 84\text{mm}$

Si riporta nel seguito la mappatura termica a 15 30 45 e 60 minuti.

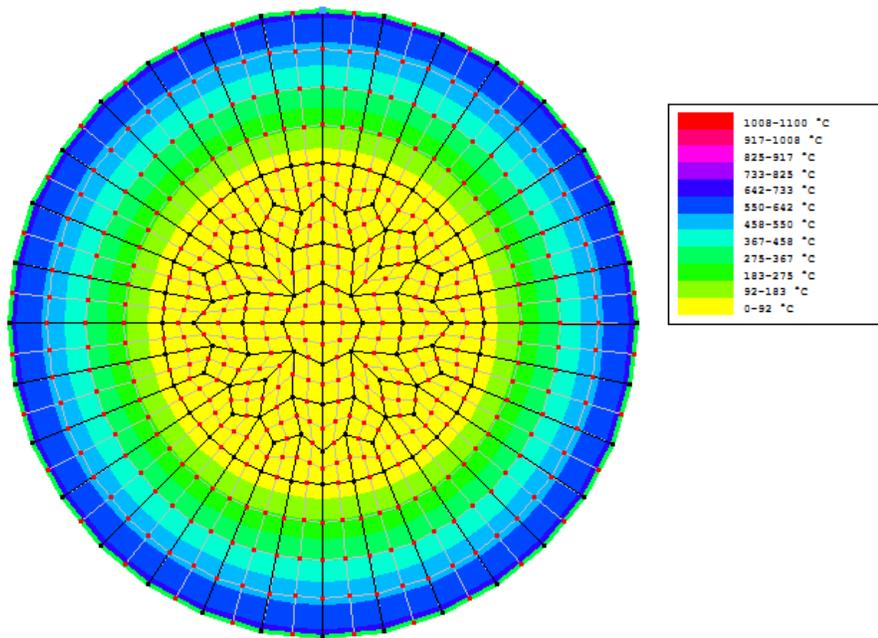


Figura 14 – Distribuzione temperature a 15 min

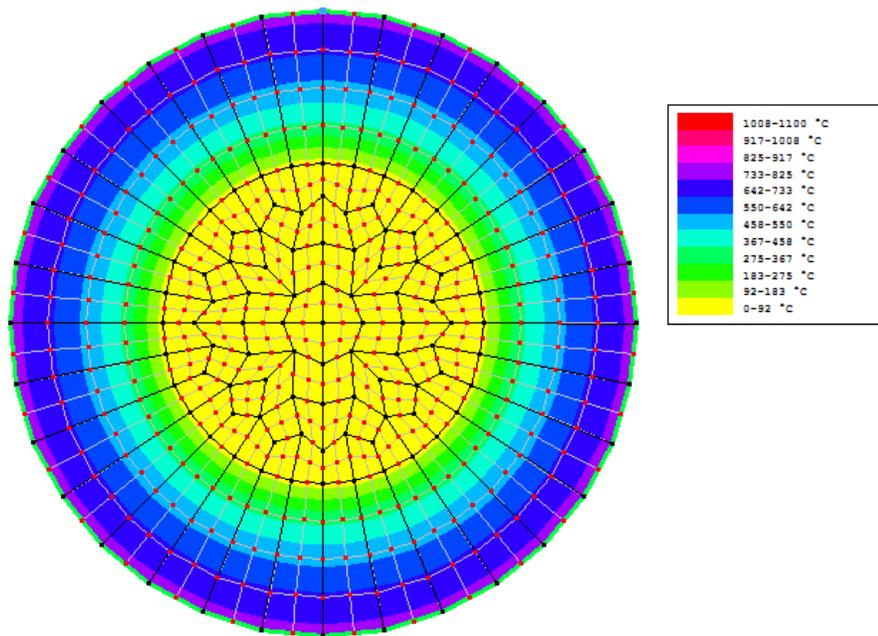


Figura 15 – Distribuzione temperature a 30 min

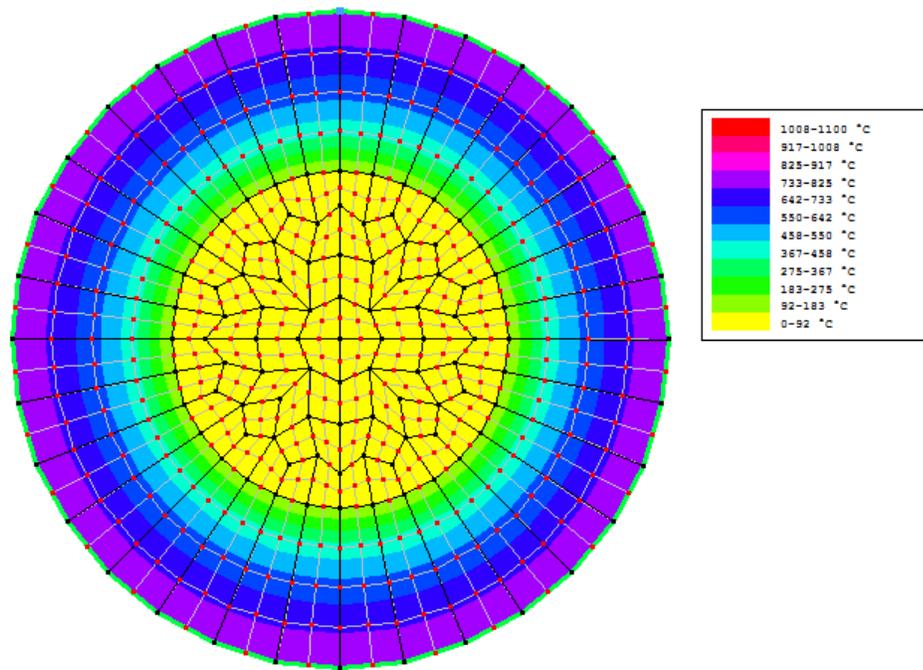


Figura 16 – Distribuzione temperature a 45 min

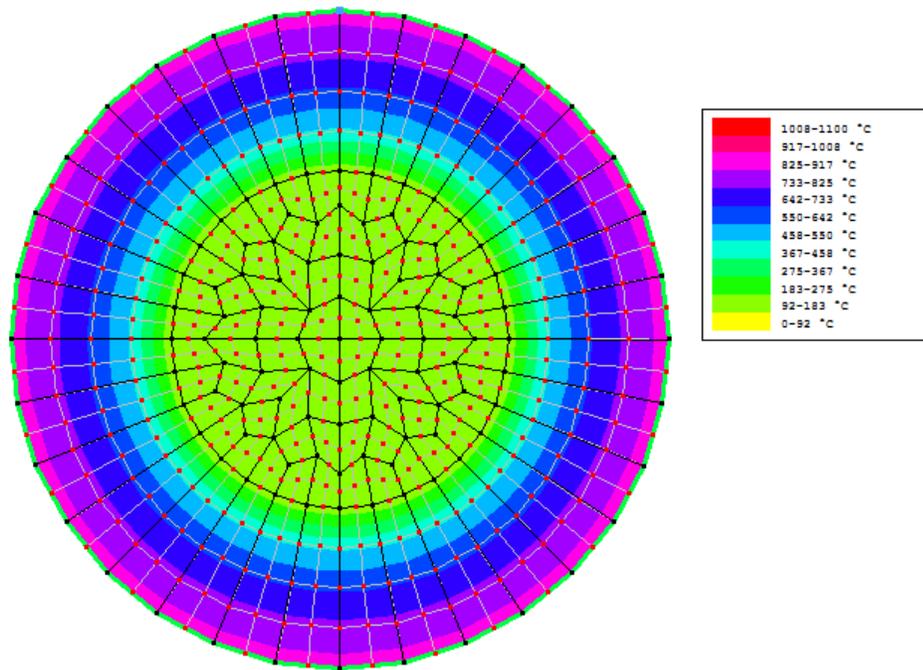


Figura 17 – Distribuzione temperature a 60 min

## 7.5 Verifiche R60

Dalle analisi si evince che la temperatura dell'acciaio dopo 60 minuti all'interno del cavo nel caso degli stralli di riva (100mm) e degli stralli di valle (84mm), risulta rispettivamente pari a 130 °C e 110 °C.

Come riportato nelle tabelle al paragrafo §7.2 a quella temperatura non si ha praticamente degrado del materiale né dal punto di vista della resistenza né del modulo elastico, per cui le funi risultano verificate al fuoco.

Funi diametro 100mm (Stralli di Riva)

Azione massima in condizioni di incendio  $N_{s,d} = 2700 \text{ kN}$

Resistenza massima di progetto (Incendio R60)  $N_{r,d} = 6091 \text{ kN}$

Funi diametro 84mm (Stralli di valle)

Azione massima in condizioni di incendio  $N_{s,d} = 1900 \text{ kN}$

Resistenza massima di progetto (Incendio R60)  $N_{r,d} = 4270 \text{ kN}$

