

COMMITTENTE



**COMUNE DI
VENEZIA**



PROGETTO

**PIANO INTEGRATO METROPOLITANO
EX ART 21 DL 152/21 - PNRR M5C2
INTERVENTO 2.2.
BOSCO DELLO SPORT
Intervento I04 - Stadio**

GRUPPO DI LAVORO

Architettura:

arch. MATTEO FIORINDO
arch. ALBERTO CHINELLATO
dott. ALDO MENEGAZZI

Impianti:

ing. FRANCESCO DITTADI

Strutture:

ing. ROBERTO DI BUSSOLO

CONSULENTE



F&M Ingegneria Spa
Via Belvedere 8/10
30035 - Mirano (VE)
www.fm-ingegneria.com
fm@fm-ingegneria.com

EMISSIONE

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ
TECNICO-ECONOMICA**

(di cui agli artt. 44 e 48 del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 108, delle prime indicazioni e prescrizioni per la stesura dei Piani di Sicurezza e dell'aggiornamento dello studio del traffico).

TITOLO ELABORATO

STRUTTURE

Relazione tecnica

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
a	18/03/2022	I04-PFTE-S-001-A.pdf	Prima emissione	F.D.	A.C.
b	21/02/2023	I04-PFTE-S-001-B.pdf	Seconda emissione	F.D.	A.C.
c	20/03/2023	I04-PFTE-S-001-C.pdf	Terza emissione	F.D.	A.C.
d	20/03/2023	I04-PFTE-S-001-D.pdf	Quarta emissione	F.D.	A.C.
e					
f					
g					
h					

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:
Ing. Simone Agrondi

ELABORATO N.

S-001

DATA:
18/03/2022

SCALA:
-

FILE:
I04-PFTE-S-001-C.pdf

N. INTERVENTO
I04

PROGETTO
M. Fiorindo

DISEGNO
F. Dittadi

VERIFICA
R. Di Bussolo

APPROVAZIONE
A. Chinellato

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

1	PREMESSA	1
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
	2.1 Fondazioni	4
	2.2 Colonne.....	4
	2.3 Gradonate.....	4
	2.4 Travi degli impalcati	5
	2.5 Solai	5
	2.6 Copertura.....	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
	3.1 Leggi, decreti e circolari.....	7
	3.2 Normativa europea ed internazionale.....	7
4	CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	7
	4.1 Vita nominale e di riferimento	7
	4.2 Tipologia di analisi	7
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
	5.1 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo	8
	5.2 Acciaio per carpenteria metallica strutture	8
	5.3 Bulloni per carpenteria metallica	10
	5.4 Calcestruzzo per elevazioni	10
	5.5 Calcestruzzo per fondazioni	10
6	DURABILITA' ED ESPOSIZIONI AMBIENTALI	11
	6.1 Calcestruzzo	11
	6.2 Acciaio	13
7	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI	14
	7.1 CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO	14
	7.1.1 Pesi propri strutturali.....	14
	7.1.2 Carichi permanenti portati non strutturali	14
	7.1.3 Carichi accidentali.....	17
	7.1.4 Neve.....	20
	7.1.5 Vento.....	20

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

7.1.5.1	Pressione cinetica di riferimento	20
7.1.5.2	Coefficiente di esposizione	20
7.1.5.3	Coefficiente di pressione	21
7.1.5.4	Pressioni medie	21
7.1.6	Variazioni termiche	21
7.1.7	Sisma.....	21
7.1.8	RESISTENZA ALL'INCENDIO	23
8	COMBINAZIONI DI CARICO	23
8.1	Coefficienti di combinazione	23
8.2	Combinazioni agli SLU ed agli SLV	24
8.3	Combinazioni agli SLE.....	24
9	SOFTWARE E MODELLO DI CALCOLO	26
9.1	Modello FEM.....	26
9.2	Reazioni alla base.....	27
10	METODI DI VERIFICA.....	28
10.1	Calcestruzzo armato.....	28
10.1.1	Diagrammi costitutivi e resistenze di progetto	28
10.1.2	Verifica di resistenza	28
10.1.2.1	Pressoflessione	28
10.1.2.2	Verifica a taglio	29
10.2	Acciaio	30
10.2.1	Verifica di resistenza delle membrature	30
10.2.2	Verifica di stabilità delle membrature	30
10.2.3	Deformazioni.....	31
11	MODI DI VIBRARE.....	33
12	SPOSTAMENTI AGLI SLD	36
13	PILASTRI.....	38
13.1	Sollecitazioni	38
13.2	Verifiche.....	41
13.2.1.1	Pressoflessione	41
13.2.1.2	Taglio.....	43

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

14	SETTI	44
14.1	Verifica a pressoflessione	44
14.2	Verifica a taglio	46
15	VERIFICHE LOCALI	47
15.1	Gradonate	47
15.1.1	Verifica SLU	47
15.1.2	Verifica SLE	50
15.2	Travi gradonate	50
15.2.1	Verifica SLU	51
15.2.2	Verifica SLE	55
16	COPERTURA	56
16.1.1	Sollecitazioni	56
16.1.2	Verifiche di resistenza	57
16.1.3	Verifiche di deformabilità	59
16.1.3.1	Freccia totale	59
16.1.3.2	Dilatazioni termiche	60
17	SCALE ESTERNE	61
17.1	Sollecitazioni	61
17.2	Verifica SLU	62
17.3	Verifica SLE	63
18	SOLAI ALVEOLARI (ESCLUSO PODIUM)	63
19	SOLAI ALVEOLARI DEL PODIUM	65
20	SOLLECITAZIONI DEI PALI DI FONDAZIONE	69
21	CONCLUSIONI	71

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

1 PREMESSA

La presente relazione tratta il progetto preliminare strutture del nuovo stadio di Venezia ed annesso parcheggio, facente parte del complesso “bosco dello sport”. Parallelamente allo stadio, verrà piantumato un bosco di piante a fusto alto e realizzata un’arena. Il tutto verrà costruito in un’area oggi ad uso agricolo antistante all’Aeroporto Marco Polo Tessera.



FIGURA 1 INSERIMENTO IN VISTA SATELLITARE

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



FIGURA 2: RENDER DELL'INTERVENTO COMPLESSIVO.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto sfrutta al meglio i materiali scelti, al fine di ottimizzare il costo dell'intervento: le strutture di base, che richiedono una maggiore inerzia, sono realizzate con elementi prefabbricati in c.a. o c.a.p.; la copertura, che richiede leggerezza, è realizzata in acciaio.

Il sito presenta terreno superficiale rimaneggiato essendo ad uso agricolo. L'intervento prevede quindi di sbancare i primi 60 cm, che saranno successivamente compensati da misto riciclato. La quota di base finita dello stadio si attesterà a +1 s.l.m.m..

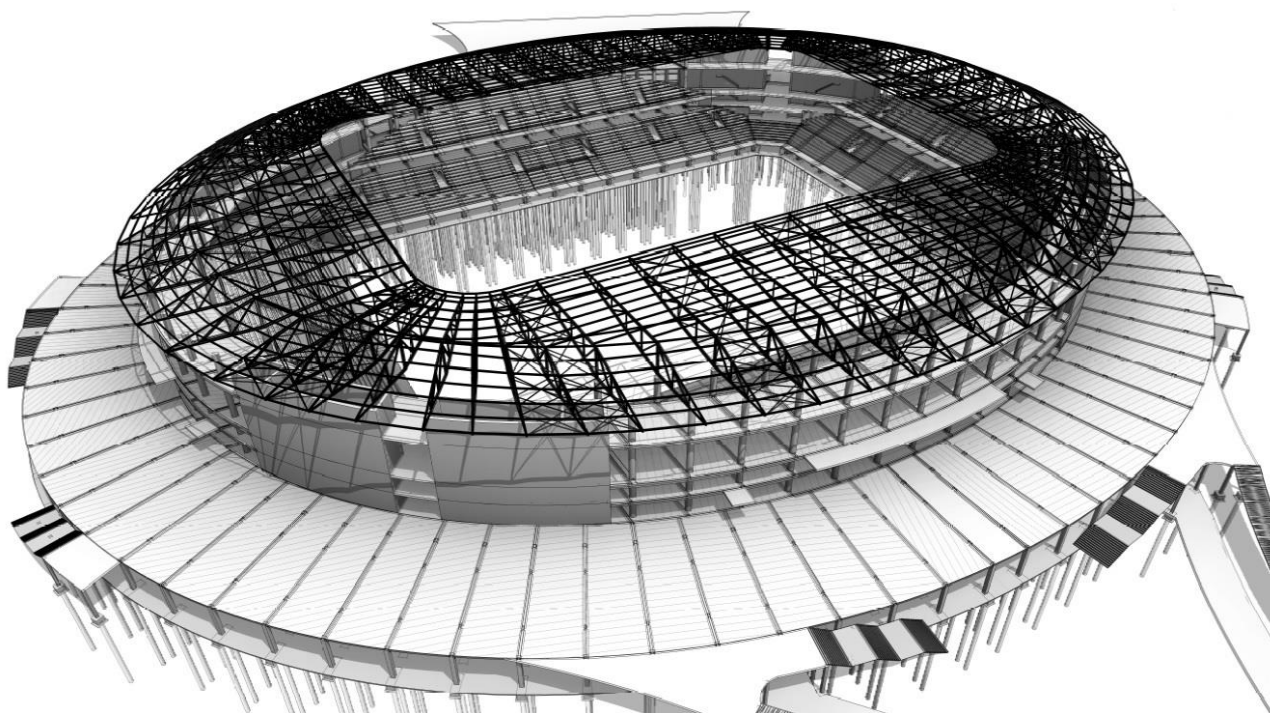


FIGURA 3 ASSONOMETRIA DELLE STRUTTURE PORTANTI

Per studiare il comportamento statico e dinamico delle strutture, si è fatto uso di un modello FEM globale.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

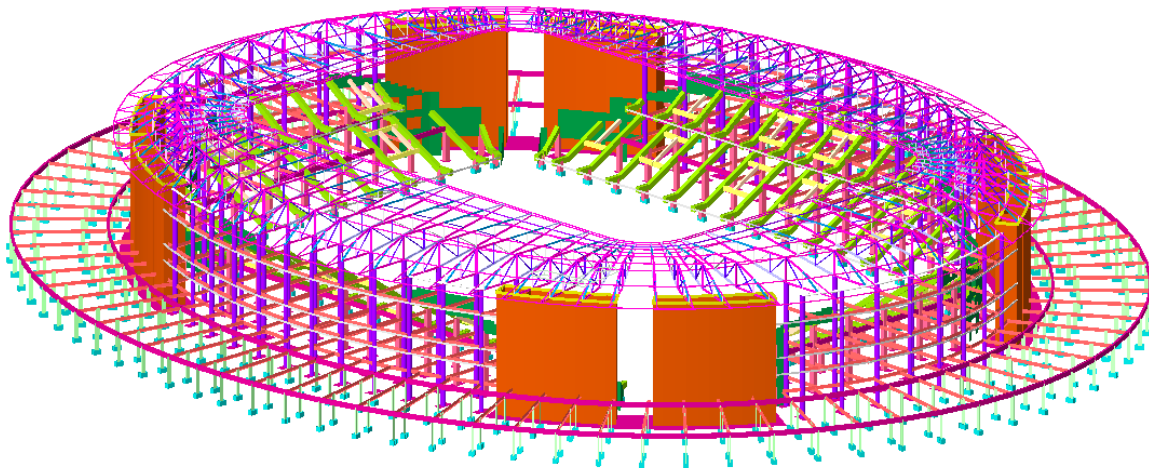


FIGURA 4: MODELLO DI CALCOLO STRUTTURALE

2.1 Fondazioni

Le fondazioni sono a plinti su pali FPD diametro 620 mm. I pali hanno lunghezza 25m ad eccezione di quelli sotto il podio che sono lunghi 14m e pure non armati.

La struttura controterra ha una soletta armata spessore 250 mm sopra un sottofondo spessore di circa 900mm di misto riciclato compattato a strati a sua volta appoggiato sopra ad un telo di geotessuto.

2.2 Colonne

Le colonne scelte sono di tre tipologie, tutte prefabbricate: rettangolari 80x20 cm e 100x100 cm, circolari di 100 cm. Le prime sono collocate a sostegno della copertura del parcheggio interno, le seconde e le terze a sostegno dello stadio vero e proprio.

2.3 Gradonate

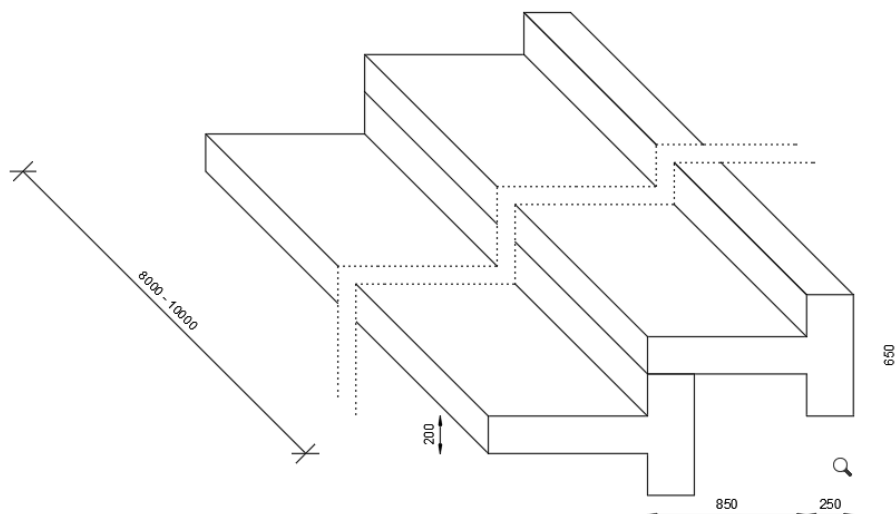
Le gradonate sono composte da travi a T ruotate di 90° poggiate una sull'altra (come in figura) sostenute da travi inclinate aventi dimensioni 100x120 cm.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



2.4 Travi degli impalcati

Le travi degli impalcati sono in calcestruzzo prefabbricato precompresso a "T" rovescia o ad "L".

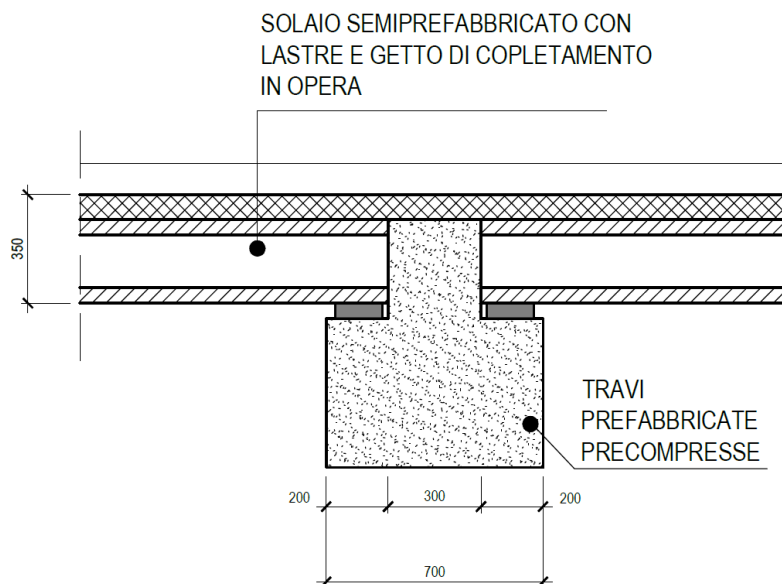


FIGURA 5: SEZIONE TIPOLOGICA [MM].

2.5 Solai

I solai sono semplicemente appoggiati alle travi a T rovescia. La tipologia è alveolare in c.a.p., le lastre sono rese collaboranti tramite getto di cappa superiore in c.a. idonea a generale piano rigido.

Le dimensioni in sezione degli elementi sono riportati nelle figure di seguito.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

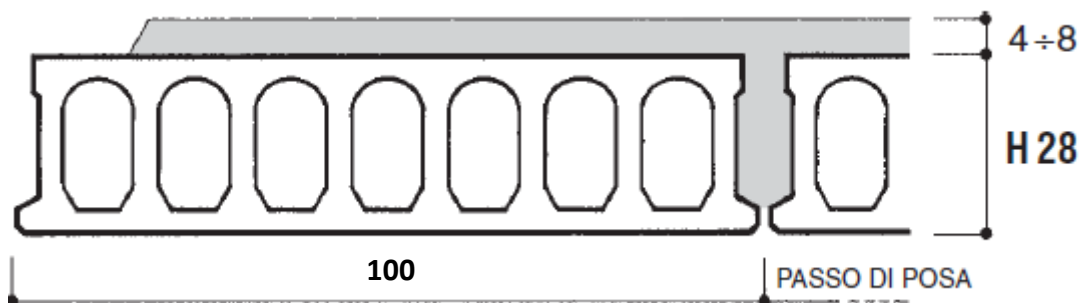
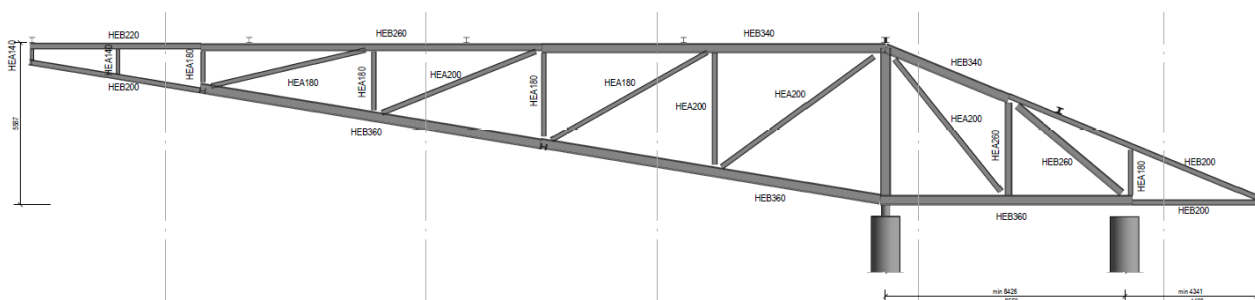


FIGURA 6: SEZIONE TIPOLOGICA SOLAI [CM].

2.6 Copertura

La copertura è realizzata con travi reticolari interasse massimo 8.2m e sbalzo massimo 30m. Le reticolari sono collegate trasversalmente da travi stabilizzanti ed arcarecci.



Gli arcarecci sono HEA280 ad interasse massimo 7.5m. Sopra gli arcarecci c'è la lamiera grecata strutturale alta quanto necessario per coprire luce di 7.5m. Al di sopra della lamiera vi è il pacchetto. Segue il dettaglio:

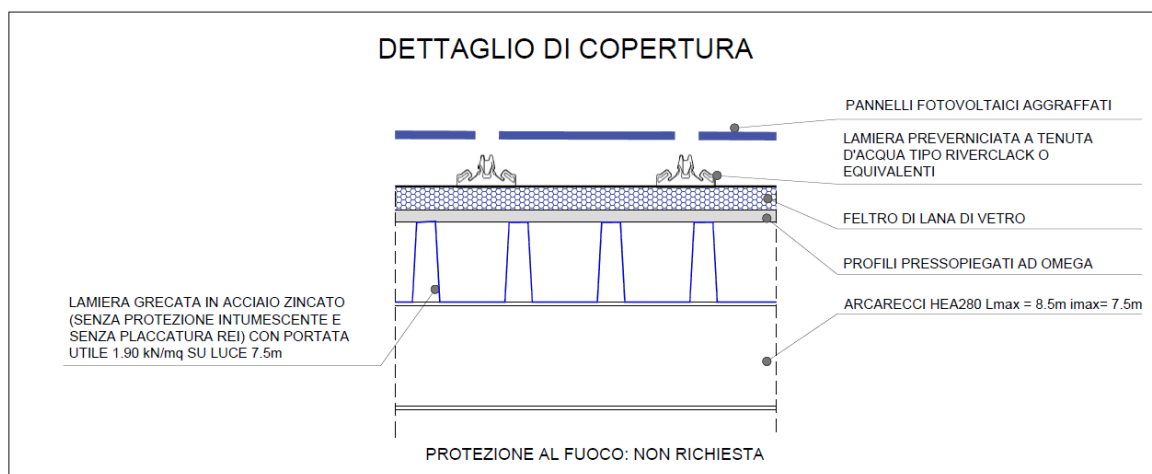


FIGURA 7: COPERTURA IN ACCIAIO E SEZIONE TIPOLOGICA PANNELLI SANDWICH SULLA DESTRA [MM].

Non è prevista protezione intumescente sulla copertura.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I criteri di progettazione, dimensionamento e verifica sono conformi alle seguenti direttive.

3.1 Leggi, decreti e circolari

- [1] D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, abbreviato nel seguito come DM18.
- [2] Circolare Ministeriale n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018, abbreviata nel seguito come CIRC19.

3.2 Normativa europea ed internazionale

- [1] UNI EN 1992 - Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”.
- [2] UNI EN 1993 - Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture di acciaio”.
- [3] UNI EN 1998 - Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”.

4 CRITERI DI PROGETTAZIONE

4.1 Vita nominale e di riferimento

Per determinare la vita di riferimento della struttura, in concerto con la Committenza, sono da identificarne tipologia e classe d'uso.

Il primo dato è legato al numero di anni per i quali l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. Il secondo dato è invece correlato al grado di prestazione atteso in presenza di azione sismica, ovvero alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'edificio.

Nel presente intervento, si sceglie

Tipologia 3: “Costruzioni con livelli di prestazioni elevati” → Vita Nominale $V_N = 100$ anni

Classe IV: “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi” → Classe d'uso $C_U = 2$

Il periodo di riferimento per l'azione sismica è dunque

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 2 = 200 \text{ anni,}$$

Il periodo di riferimento per le azioni variabili è invece

$$V_N = 100 \text{ anni.}$$

4.2 Tipologia di analisi

La tecnica di calcolo prevista dalla Norma, ed applicata nella progettazione, è il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Si definisce stato limite la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. Secondo tale metodo, la struttura deve garantire la sicurezza nei confronti dei seguenti stati limite:

- Stati Limite Ultimi (SLU): collasso e perdite di equilibrio per carichi non sismici;

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

- Stati Limite d'Esercizio (SLE): deformazioni e vibrazioni per carichi non sismici;
- Stati Limite di salvaguardia della vita (SLV): crolli a seguito di evento sismico.

Il comportamento strutturale assunto per l'edificio in questione è il "comportamento strutturale non dissipativo", come definito nel § 7.2.2 del DM18. Tale dato è sintetizzato dal fattore di comportamento

$$q=1.5$$

La tabella seguente mostra le categorie di verifica che vanno affrontate nella progettazione.

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Figura 8: Tabella dei requisiti di verifica per i vari stati limite.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei seguenti materiali.

5.1 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo

Barre ad aderenza migliorata in acciaio laminato a caldo tipo B450 C secondo DM 17.01.18:

Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

5.2 Acciaio per carpenteria metallica strutture

Acciaio tipo S355 J0:

Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40\text{mm}$) $f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$

Classe di esecuzione EXC3

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Determinazione della classe di esecuzione:

Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala da concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

Categoria	Parametri
SC1	<p>-Strutture e componenti progettati soltanto per azioni quasi statiche</p> <p>-Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per l'azione sismica in regioni con bassa sismicità e classe di duttilità DCL</p> <p>-Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da carroponti/gru meccanici (classe S₀)</p>
SC2	<p>-Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993 (es. Ponti stradali e ferroviari, gru, carriponte Classi da S₁ a S₉...), strutture suscettibili a vibrazioni indotte da vento, folla o macchinari in rotazione</p> <p>- Strutture e componenti progettati per l'azione sismica in regioni con media o alta sismicità ed in classe di duttilità DCM o DCH</p>
DCL, DCM, DCH: classi di duttilità in accordo alla EN 1998-1	

Categoria	Parametri
PC1	<p>-componenti non saldati fabbricati con qualsiasi classe di acciaio</p> <p>-componenti saldati fabbricati con classe di acciaio inferiore alla S355</p>
PC2	<p>-componenti saldati fabbricati con classe di acciaio uguale o superiore alla S355</p> <p>-componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati in situ mediante saldatura</p> <p>-componenti prodotti a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la produzione</p>

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Consequence classes		CC1		CC2		CC3	
Service categories		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Production categories	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC3 ^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC4
^a EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure as required by national provisions.							

5.3 Bulloni per carpenteria metallica

Bulloni classe 10.9 secondo D.M. 17.01.2018

Tensione caratteristica di rottura

$f_{tb} \geq 1000 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di snervamento

$f_{yb} \geq 900 \text{ MPa}$

5.4 Calcestruzzo per elevazioni

Classificazione secondo D.M. 17.01.2018 e UNI-EN 206-1:2021:

Classe di resistenza del calcestruzzo

C32/40

Classe di esposizione

XS1

5.5 Calcestruzzo per fondazioni

Classificazione secondo D.M. 17.01.2018 e UNI-EN 206-1:2021:

Classe di resistenza del calcestruzzo

C25/30

Classe di esposizione

XC2

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

6 DURABILITA' ED ESPOSIZIONI AMBIENTALI

Lo stadio sarà costruito a poca distanza dalla laguna veneta pertanto il progetto prende in considerazione una condizione ambientale di aria con una minima parte di contenuto salino ed umidità.

6.1 Calcestruzzo

Classificazione secondo UNI EN 206:

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine

Classificazione secondo UNI 11104:

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ai cloruri dell'acqua di mare o a salsedine trasportata dall'acqua, l'esposizione deve essere classificata come segue:		
XS1	Aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo per strutture in zone costiere.
XS2	Acqua di mare	Calcestruzzo di parti di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Aree soggette a marea, moto ondoso, spruzzi di acqua di mare	Calcestruzzo di opere portuali, per esempio banchine, moli, pontili. Calcestruzzo di opere di difesa marittima, per esempio barriere frangiflutti, dighe foranee.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Determinazione dei copriferri secondo DM 17/1/2018:

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1 , XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

C4.1.6.1.3 Copriferro e interferro

Con riferimento al § 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC).

Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferri potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima C_{min} indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

PILASTRI (in opera)

$$C \ 32/40 > C_{min} \text{ ma } < C_o \Rightarrow 35\text{mm} + 10 + 10 = 55\text{mm}$$

TRAVI (prefabbricate)

$$C \ 32/40 > C_{min} \text{ ma } < C_o \Rightarrow 35\text{mm} + 5 + 10 = 50\text{mm}$$

SOLETTE PIENE E SETTI (in opera)

$$C \ 32/40 > C_{min} \text{ ma } < C_o \Rightarrow 30\text{mm} + 10 + 10 = 50\text{mm}$$

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

NOTA BEBE: Nel caso di copriferri pari a 50mm o maggiori serve valutare eventuale rete metallica di rinforzo del copriferro. Nel caso si voglia evitare tale rete, serve agire sulla tolleranza di posa o sulla classe di resistenza del calcestruzzo in modo tale da ridurre il copriferro.

6.2 Acciaio

Classificazione secondo uni EN ISO 12944:

Classe di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie/perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco		All'esterno	All'interno
	Perdita di massa g/m ²	Perdita di spessore µm	Perdita di massa g/m ²	Perdita di spessore µm		
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, per esempio uffici, negozi, scuole, alberghi.
C2 bassa	da > 10 a 200	da > 1,3 a 25	da > 0,7 a 5	da > 0,1 a 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento. Soprattutto aree natu- rali.	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, per esem- pio depositi, locali sportivi.
C3 media	da > 200 a 400	da > 25 a 50	da > 5 a 15	da > 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da an- dride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità e un certo inquinamento atmosferico; per esem- pio industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici.
C4 alta	da > 400 a 650	da > 50 a 80	da > 15 a 30	da > 2,1 a 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni.
C5-I molto alta (industriale)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmo- sfera aggressiva.	Edifici o aree con condensa quasi per- manente e con alto inquinamento.
C5-M molto alta (marina)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità.	Edifici o aree con condensa quasi per- manente e con alto inquinamento.

Nota 1 - I valori delle perdite utilizzati per le classi di corrosività sono identici a quelli indicati nella ISO 9223.
Nota 2 - Nelle aree costiere, in zone calde e umide, le perdite di spessore possono superare i limiti della classe C5-M. Pertanto occorre prendere precau-
zioni particolari nella scelta della verniciatura protettiva per le strutture situate in queste aree.

Il ciclo di protezione con zincatura dovrà essere idoneo per tale classe di esposizione.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

7 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Le condizioni elementari di carico sono: peso proprio, carichi permanenti, carichi accidentali e sisma. Tutti i carichi sono prescritti dalla normativa e di seguito analizzati.

7.1 CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

7.1.1 Pesi propri strutturali

I pesi propri degli elementi strutturali sono autodeterminati dal software, in funzione delle dimensioni e del peso specifico del materiale, secondo la normativa tecnica.

MATERIALI	PESO PER UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25.0
Acciaio	78.5

TABELLA 1: PESI DI VOLUME DEI MATERIALI SECONDO ESTRATTO DM18.

7.1.2 Carichi permanenti portati non strutturali

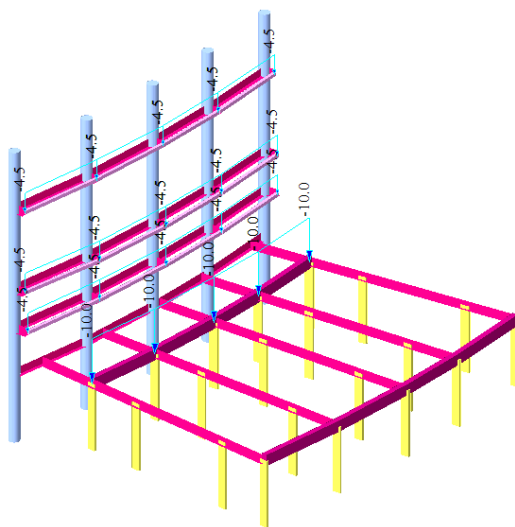
Sono previsti i seguenti carichi verticali permanenti non strutturali portati ed applicati uniformemente distribuiti su tutti i solai:

- 5 kN/mq su tutti gli impalcati;
- 0.50 kN/mq all'intradosso delle travi reticolari di copertura;
- 1.00 kN/mq all'estradosso della copertura.

Sulle gradonate è stato considerato carico permanente portato di 0.5 kN/mq.

In aggiunta ai carichi sopra, sono stati previsti ulteriori carichi ma lineari. Nello specifico sono stati assunti:

- 10 kN/m al primo livello per futura installazione della facciata estetica;
- 4 kN/m lungo i bordi degli impalcati per simulare i parapetti in calcestruzzo (pareti sp 150mm altezza 1200mm).

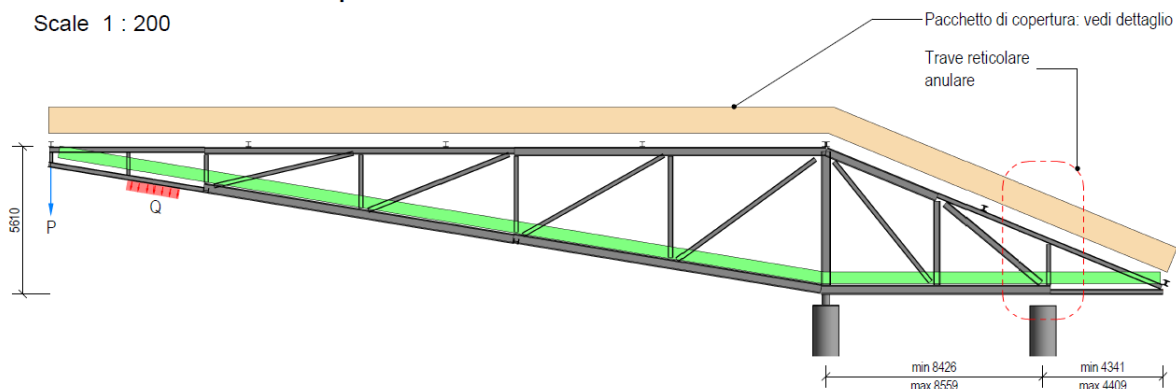


Lungo il bordo della copertura lato campo è stato inserito un ulteriore carico lineare permanente di 0.5 kN/m per i fari di illuminazione.

In prossimità del bordo della copertura è stato considerato il carico per la passerella tecnica di manutenzione; trattasi di passerella larga 2m peso 0.6 kN/mq con carico accidentale variabile 0.5 kN/mq.

Sezione carichi copertura

Scale 1 : 200



ANALISI DEI CARICHI PER MQ		
Peso Proprio	0.25	kN/mq
Permanente	1.00	kN/mq
Neve	0.90	kN/mq
Totale	2.15	kN/mq

ANALISI DEI CARICHI PER MQ
 Permanente 0.50 kN/mq

 $P = 0.50 \text{ kN/m}$

ILLUMINAZIONE + MAXISCHERMO DIM
10x6m POSIZIONATO OVE PREVISTO
DAL PROGETTO ARCHITETTONICO

Q = 1.50 kN/mq - PASSERELLA TECNICA

104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

La passerella tecnica è prevista nelle aree sotto colorate in rosso:

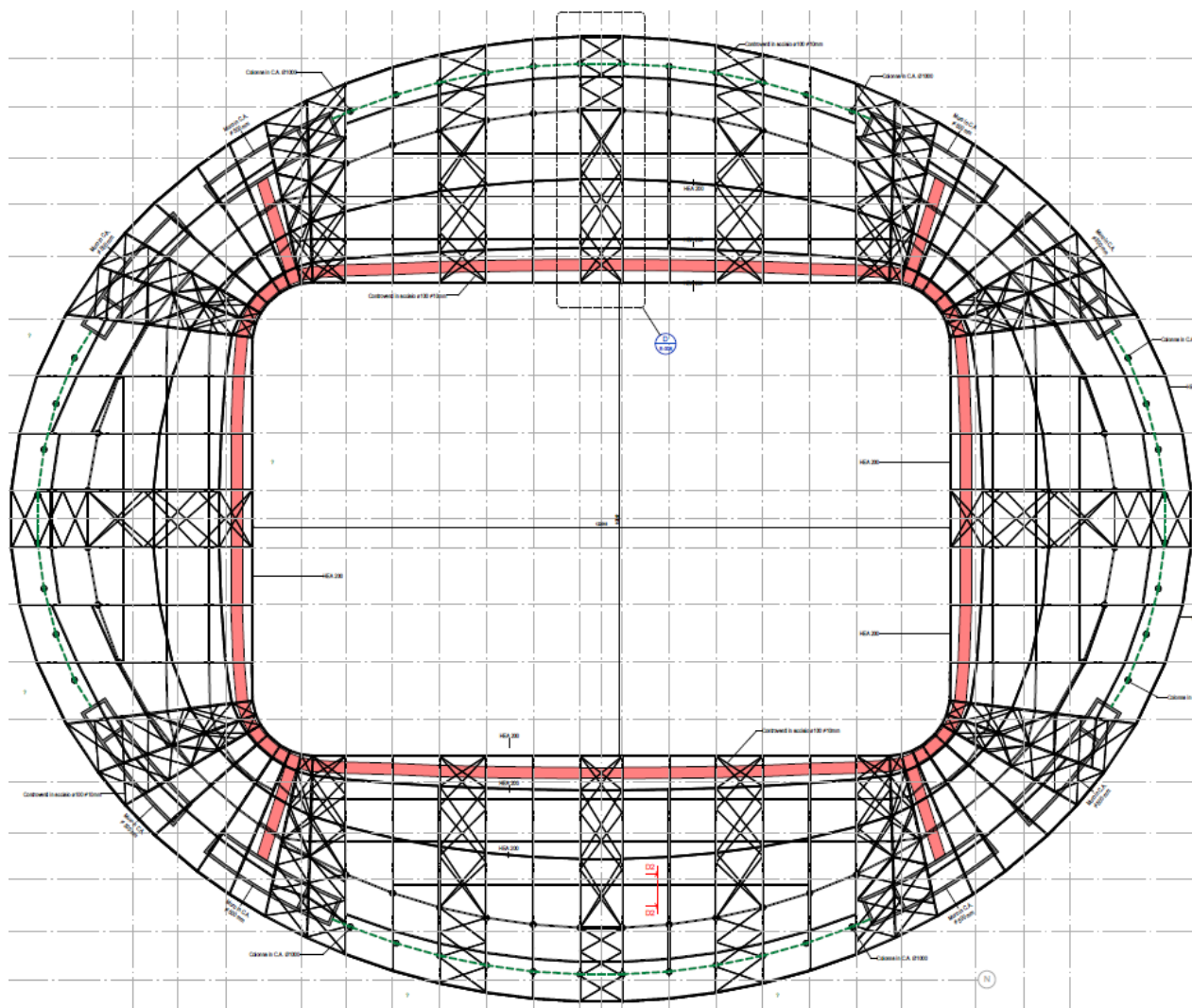


FIGURA 9 PIANTE PASSERELLA TECNICA

I maxischermi sono stati previsti appoggiati ai solai di calcestruzzo armato del terzo piano a ridosso delle pareti dei quattro nuclei d'angolo e non alla copertura.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

7.1.3 Carichi accidentali

I carichi accidentali sono prescritti dal DM18 nella tabella 3.1.II, di seguito riportata.

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.
 ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

FIGURA 10 - CATEGORIE DI CARICO NTC18.

Spalti ed impalcati: è stato adottato il carico accidentale $q_k = 5.00 \text{ kN/m}^2$ (categoria C5).

Il solaio del podium al primo livello è carrabile alla camionetta dei vigili del fuoco pertanto è progettato ad un carico mobile di 20 tonnellate diviso su due assi, anteriore da 8 tonnellate e posteriore da 12 tonnellate distanziati 4m.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

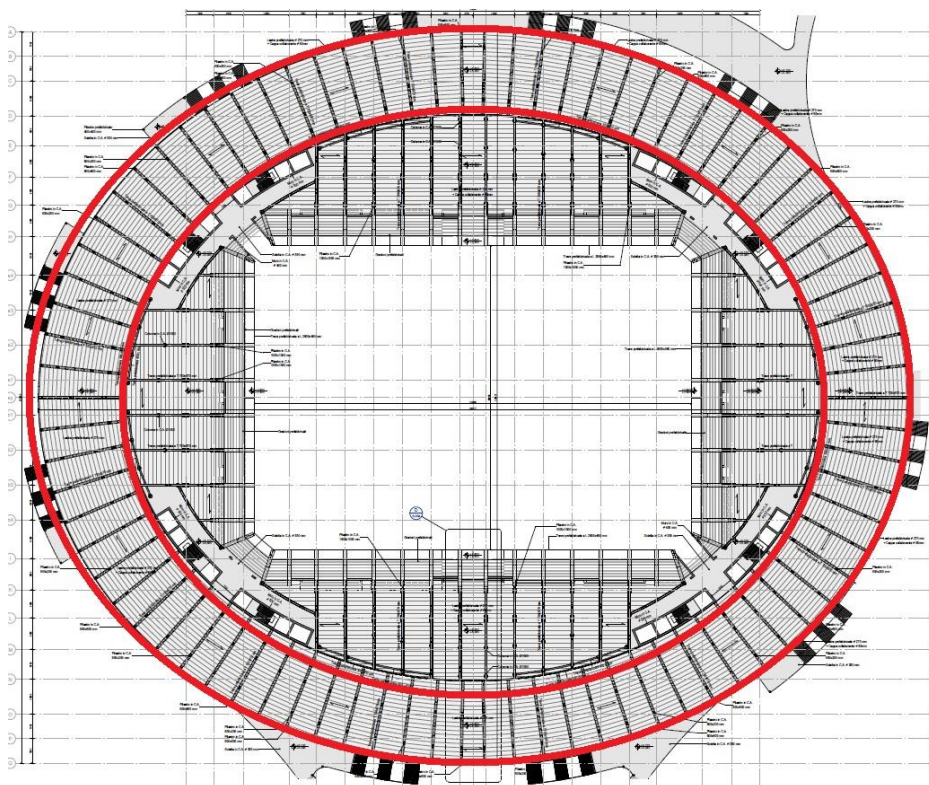


FIGURA 11 PIANTE SOLAIO CARRABILE AI VVF



FIGURA 12 CARICO MOBILE VVF

104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

7.1.4 Neve

Si illustra nel seguito l'analisi dei carichi del pacchetto di copertura.

I carichi accidentali sono presi da tabella 3.1.II del DM18 – categoria H (coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione).

Il carico da neve è determinato dall'espressione di Normativa

$$q_s = \mu_i \cdot \alpha \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.9 \text{ kN/m}^2$$

Tipo copertura	di	T _R [anni]	Zona	Quota sito - a _s [m]	Coefficiente termico - C _t	Coefficiente d'esposizione - C _E
Piana		100	I - Mediterranea	1	1	1
Coefficiente di forma - μ_i		Coefficiente di ritorno - α	Carico di neve al suolo - q _{sk} [kN/m ²]			
0.8		1.13	1			

TABELLA 2: DAI NECESSARI ALLA DETERMINAZIONE DEL CARICO DA NEVE.

7.1.5 Vento

Il calcolo della pressione del vento segue la procedura indicata nel § 3.3.3 delle NCT18. La pressione è data da

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

7.1.5.1 Pressione cinetica di riferimento

Per il calcolo della pressione cinetica del vento si fa riferimento all'espressione di seguito. I parametri necessari alla determinazione dei fattori rappresentati sono sintetizzati nella tabella successiva. Si evidenzia la dipendenza dal tempo di ritorno, posto pari alla vita nominale (100 anni).

$$q_b = \frac{1}{2} \rho (c_r c_a v_{b,0})^2 = 0.82 \text{ kPa}$$

Zona	Quota sito - a _s [m]	T _R [anni]	Densità aria - ρ [kg/m ³]
1	1	100	1.25
v _{b,0} [m/s]	Coefficiente di altitudine - c _a	Coefficiente di ritorno - c _r	
25	1	1.04	

TABELLA 3: PARAMETRI IN INPUT PER IL CALCOLO DELLA PRESSIONE CINETICA.

7.1.5.2 Coefficiente di esposizione

Per il calcolo del coefficiente di esposizione si fa riferimento all'espressione di seguito. I parametri necessari alla determinazione dei fattori rappresentati sono sintetizzati nella tabella successiva.

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

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

Categoria di esposizione del sito	Zona	Rugosità	Coefficiente di topografia - c _t
III	1	C	1
z _{min} [m]	z ₀ [m]	K _r	
5	0.10	0.20	

TABELLA 4: PARAMETRI IN INPUT PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE.

Considerando la quota dei cordoli di interpiano, lungo cui si suppone agire il vento, si ottengono i valori di seguito.

z [m]	6	12	16	20	25	28	35.5
c _e	1.35	1.5	1.57	1.61	1.66	1.69	1.74

TABELLA 5: PARAMETRI IN INPUT PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

7.1.5.3 Coefficiente di pressione

I coefficienti di pressione scelti sono elencati di seguito; le pareti verticali sono supposte sopravento.

Lat lunghi - c_p	0.8
Lati corti - c_p	0.4
Copertura - c_p	0.5

TABELLA 6: COEFFICIENTI DI PRESSIONE SCELTI.

7.1.5.4 Pressioni medie

Si elencano nel seguito le pressioni medie agenti sulla struttura.

Pressione media lati lunghi sopravento: ± 1.04 kPa (compressione/aspirazione)

Pressione media lati corti sopravento: ± 0.52 kPa (compressione/aspirazione)

Pressione media copertura: $+0.65$ kPa (compressione)

7.1.6 **Variazioni termiche**

Si sono rispettate le prescrizioni da normativa, imponendo:

- un'escursione termica di $\pm 15^\circ\text{C}$ per le gradonate, in quanto esposte al sole;
- un'escursione termica di $\pm 25^\circ\text{C}$ per le strutture in carpenteria.

7.1.7 **Sisma**

L'azione sismica è rappresentata dallo spettro di risposta determinato con i seguenti parametri:

Vita nominale (V_N) [anni]	100
Classe d'uso (C_U)	2
Categoria di sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Fattore di comportamento (q)	1.5

TABELLA 7: DATI IN INGRESSO PER DETERMINAZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA.

Le elevazioni sismoresistenti sono progettate per rimanere in campo elastico.

Si riporta lo spettro orizzontale elastico agli SLV.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

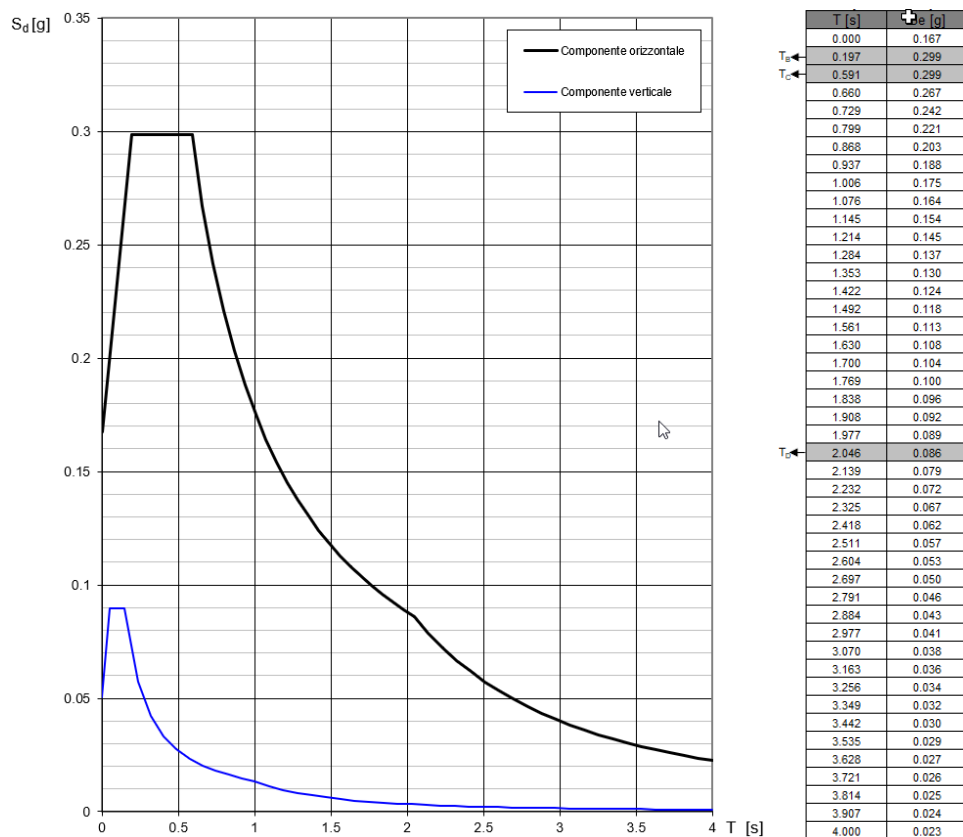


FIGURA 13: SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE SECONDO DM18.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

7.1.8 RESISTENZA ALL'INCENDIO

La resistenza al fuoco delle strutture sarà conforme al progetto di prevenzione incendi.

La resistenza al fuoco delle gradonate e degli impalcati sarà assicurata da idoneo copriferro.

La copertura in acciaio è all'aperto pertanto in caso di incendio non è previsto incremento di temperatura nelle aste paragonabile a quanto si avrebbe nel caso di incendio al chiuso. Premesso ciò, ed in considerazione del basso carico di incendio sulle gradonate (< 200 MJ/mq), si prevede sarà richiesta resistenza al fuoco di 15' quindi in questa fase di progettazione non è prevista protezione con vernice intumescente.

Nelle successive fasi di progettazione sarà da approfondire la tematica della resistenza richiesta al fuoco e quindi l'eventualità di applicazione di vernice intumescente o placcatura REI.

8 COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 Coefficienti di combinazione

I coefficienti di combinazione adottati nel seguito sono riportati nelle due tabelle seguenti.

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

⁽¹⁾ 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.

FIGURA 14: COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SECONDO DM18.

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - 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 ≤ 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 ≤ 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

FIGURA 15: COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE SECONDO DM18.

104

BOSCO DELLO SPORT STADIO

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

8.2 Combinazioni agli SLU ed agli SLV

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue.

$$F_d = \sum_{i=1}^2 \gamma_{Gi} G_{ki} + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{j=2}^N \gamma_{Qj} \psi_{0j} Q_{kj} \quad \text{per le azioni statiche SLU}$$

$$F_d = E + \sum_{i=1}^2 G_{ki} + \sum_{j=1}^N \psi_{2j} Q_{kj} \quad \text{per le azioni sismiche SLV}$$

Vale il seguente significato dei simboli:

G_k	valore caratteristico delle azioni permanenti
P_k	valore caratteristico della forza di precompressione
Q_{ik}	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
E	azione sismica
$\gamma_G = 1.3$	(1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\gamma_Q = 1.5$	(0.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\psi_{0i} = 0.5$	per neve
$\psi_{2i} = 0$	per neve
$\psi_{0i} = 0.6$	per vento
$\psi_{2i} = 0$	per vento

No	Name	Active	Type	Peso proprio(ST)	Permanenti(ST)	Accidentali(ST)	Neve(ST)	V_x(ST)	V_y(ST)	DT(ST)	Ex(RS)	Ey(RS)	Ex_SLD(RS)	Ey_SLD(RS)
1	SLU_Acc	Stren	Add	1.3000	1.3000	1.5000	0.7500	0.9000						
2	SLU_Acc	Stren	Add	1.3000	1.3000	1.5000	0.7500		0.9000					
3	SLU_Nev	Stren	Add	1.3000	1.3000	1.0500	1.5000	0.7500						
4	SLU_Nev	Stren	Add	1.3000	1.3000	1.0500	1.5000		0.7500					
5	SLU_vent	Stren	Add	1.3000	1.3000	1.0500	0.7500	1.5000						
6	SLU_vent	Stren	Add	1.3000	1.3000	1.0500	0.7500		1.5000					
7	SLV_1	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					1.0000	0.3000		
8	SLV_2	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					0.3000	1.0000		
9	SLV_3	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					-1.0000	0.3000		
10	SLV_4	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					-0.3000	1.0000		
11	SLV_5	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					-1.0000	-0.3000		
12	SLV_6	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					-0.3000	-1.0000		
13	SLV_7	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					1.0000	-0.3000		
14	SLV_8	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000					0.3000	-1.0000		
15	SLV_9	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000							0.3000	0.3000
16	SLV_10	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000							0.3000	0.3000

FIGURA 16: COMBINAZIONI SLU INSERITE A SOFTWARE.

8.3 Combinazioni agli SLE

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue.

$$F_d = \sum_{i=1}^2 G_{ki} + Q_{k1} + \sum_{j=2}^N \psi_{0j} Q_{kj} \quad \text{per le azioni statiche SLE rara}$$

$$F_d = E + \sum_{i=1}^2 G_{ki} + \sum_{j=1}^N \psi_{2j} Q_{kj} \quad \text{per le azioni sismiche SLD}$$

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Vale il seguente significato dei simboli:

G_k	valore caratteristico delle azioni permanenti
P_k	valore caratteristico della forza di precompressione
Q_{ik}	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
E	azione sismica
$\psi_{0i} = 0.5$	per neve
$\psi_{2i} = 0$	per neve
$\psi_{0i} = 0.6$	per vento
$\psi_{2i} = 0$	per vento

No	Name	Active	Type	Peso proprio(ST)	Permanenti(ST)	Accidentali(ST)	Neve(ST)	Ex_SLD(RS)	Ey_SLD(RS)
18	SLE	Stren	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000		
19	SLD_1	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		1.0000	0.3000
20	SLD_2	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		0.3000	1.0000
21	SLD_3	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		-1.0000	0.3000
22	SLD_4	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		-0.3000	1.0000
23	SLD_5	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		-1.0000	-0.3000
24	SLD_6	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		-0.3000	-1.0000
25	SLD_7	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		1.0000	-0.3000
26	SLD_8	Stren	Add	1.0000	1.0000	0.6000		0.3000	-1.0000

FIGURA 17: COMBINAZIONI SLE INSERITE A SOFTWARE.

9 SOFTWARE E MODELLO DI CALCOLO

Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi di calcolo:

- Midas Gen 2020 v2.3 sviluppato in Corea del Sud da Midas Information Technology Co. Ltd e distribuito in Italia da CSP Fea (via Zuccherificio, 5/D - 35042 Este (PD) Italy - P.I. 04057560288). Questo software è utilizzato per l'analisi delle sollecitazioni degli elementi strutturali e per le verifiche di sezioni ed elementi in calcestruzzo armato ed acciaio.
- VCaSLU v7.7 e Profili V6 v7.7 del professor Pietro Gelfi (software freeware) per il calcolo e la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato e degli elementi in carpenteria metallica;
- fogli di calcolo Excel.

I programmi di calcolo sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è stato possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi delle stesse, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

9.1 Modello FEM

Con Midas Gen è stato costruito un modello tridimensionale agli elementi finiti, utilizzando i seguenti elementi:

- plate: elementi idonei a rappresentare setti e solette;
- beam: elementi idonei per simulare travi e pilastri;
- truss: elementi monodimensionali simili ai beam, aventi solo resistenza assiale;
- floor load: caratteristici di Midas-Gen, sono elementi bidimensionali privi di rigidità e peso proprio, impiegati per simulare le aree di carico.

I vincoli applicati nel modello sono applicati alla base dei pilastri e consistono tutti in incastri.

I solai, le travi ad L degli spalti, pannelli sandwich e travi Omega sono stati trascurati in termini di rigidità: il loro contributo in termini di carico è stato inserito tramite floor load.

Il modello tiene conto anche del peso della facciata estetica, pari a 0.5 kN/mq in proiezione orizzontale, sebbene sia esclusa dal presente appalto.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

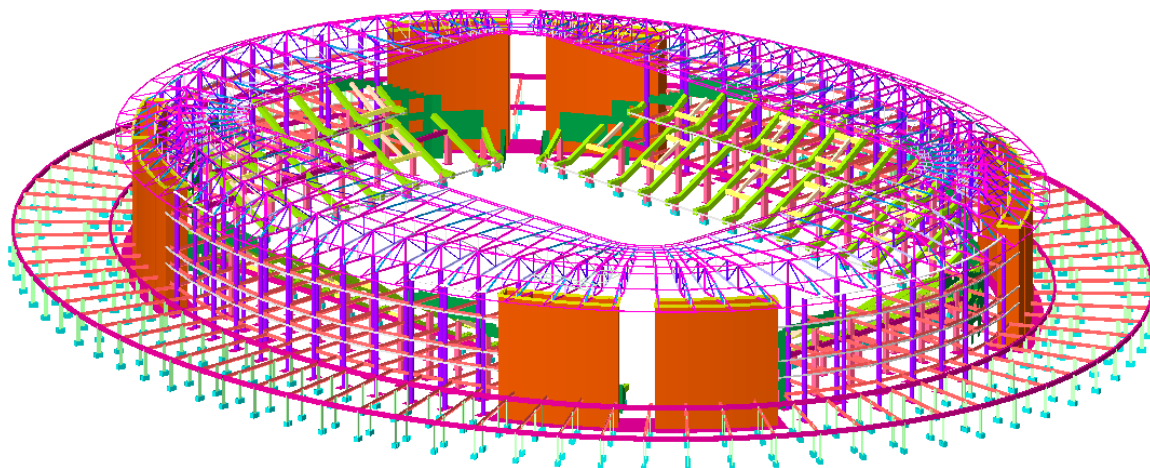


FIGURA 18 MODELLO DI CALCOLO

9.2 Reazioni alla base

Di seguito si riportano le reazioni alla base dell'edificio sotto i carichi agenti.

LOAD	FX (KN)	FY (KN)	FZ (KN)
PESO PROPRIO	0	0	590113
PERMANENTI	34	299	480633
ACCIDENTALI	16	136	211529
NEVE	0	0	20954
V_X	944	4919	0
V_Y	6211	1138	0
EX(RS)	196212	30234	159
EY(RS)	30234	209358	86

TABELLA 8: REAZIONI ALLA BASE DELL'EDIFICIO, DIVISE PER LOAD CASE.

104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

104-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

10 METODI DI VERIFICA

10.1 Calcestruzzo armato

10.1.1 Diagrammi costitutivi e resistenze di progetto

La legge costitutiva del calcestruzzo è del tipo parabola-rettangolo.

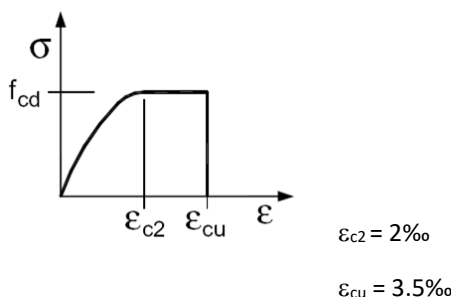


FIGURA 19: LEGGE COSTITUTIVA CALCESTRUZZO.

La resistenza a compressione di progetto si ottiene come:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} f_{ck}$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$\gamma_c = 1.5$$

Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo

$$f_{ck}$$

Resistenza a compressione caratteristica

La legge costitutiva dell'acciaio è del tipo elastoplastico.

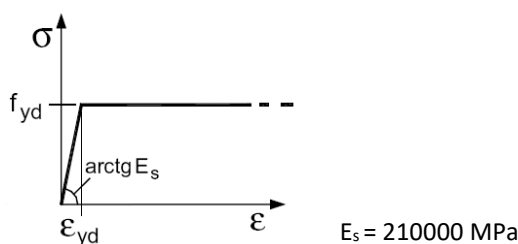


FIGURA 20: LEGGE COSTITUTIVA ACCIAIO.

La resistenza a trazione di progetto si ottiene come:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$\gamma_s = 1.15$$

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo

$$f_{yk}$$

Resistenza a tensione caratteristica

10.1.2 Verifica di resistenza

10.1.2.1 Pressoflessione

Per le verifiche a presso flessione si fanno le seguenti ipotesi:

104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo;
- resistenza a trazione nulla del calcestruzzo;
- rottura del calcestruzzo per raggiungimento della sua capacità ultima di deformazione a compressione;
- rottura dell'acciaio per raggiungimento della sua capacità ultima di deformazione a trazione.

10.1.2.2 Verifica a taglio

Le sezioni di calcestruzzo non armate a taglio hanno una resistenza a taglio offerta dall'effetto arco e dal meccanismo a pettine. Secondo normativa tale resistenza è valutabile con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

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

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Nel caso in cui la resistenza offerta da tali meccanismi non sia sufficiente, è da prevedersi apposita armatura a taglio, che consente l'instaurazione di un meccanismo resistente a traliccio. In tal caso, il taglio resistente è il minore tra il taglio V_{Rsd} offerto dalle armature ed il taglio V_{Rcd} offerto dal calcestruzzo:

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

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

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

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

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrane non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

In presenza di significativo sforzo assiale, ad esempio conseguente alla precompressione, si dovrà aggiungere la limitazione:

$$(\ctg \theta_1 \leq \ctg \theta) \quad (4.1.21)$$

dove θ_1 è l'angolo di inclinazione della prima fessurazione ricavato da $\ctg \theta_1 = \tau / \sigma_1$ mentre τ e σ_1 sono rispettivamente la tensione tangenziale e la tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione intesa interamente reagente.

104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

10.2 Acciaio

La verifica di sezioni e connessioni di elementi in acciaio è trattata al paragrafo 4.2 del D.M. 17.01.2018, il quale rispecchia la trattazione dell'Eurocodice 3. Di seguito sono riportati i coefficienti di sicurezza parziali sui materiali e sulle unioni prescritti delle Norme Tecniche.

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

Figura 21: Coefficienti parziali di sicurezza sulle membrature secondo DM 17.01.2018.

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	$\gamma_{M3} = 1,25$
Resistenza a scorrimento: per SLU	
per SLE	$\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Precarico di bullone ad alta resistenza con serraggio controllato con serraggio non controllato	$\gamma_{M7} = 1,0$ $\gamma_{M7} = 1,10$

Figura 22: Coefficienti parziali di sicurezza sulle unioni secondo DM 17.01.2018.

10.2.1 Verifica di resistenza delle membrature

L'edificio è pensato per rimanere in campo elastico, di conseguenza le verifiche di resistenza possono ridursi al criterio di Von Mises:

$$\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$\sigma_{x,Ed}$ Tensione normale di progetto, ortogonale all'asse della membratura, nel punto in esame

$\sigma_{z,Ed}$ Tensione normale di progetto, parallela all'asse della membratura, nel punto in esame

τ_{Ed} Tensione tangenziale di progetto nel punto in esame

10.2.2 Verifica di stabilità delle membrature

La verifica ad instabilità euleriana si effettua come di seguito:

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

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

$$\Phi = 0.5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

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

N_{cr} Azione di compressione critica di instabilità euleriana

La resistenza ad instabilità latero-torsionale si effettua come di seguito:

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

W_y Modulo di resistenza elastico della sezione (si ricorda il comportamento non dissipativo dell'edificio)

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

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

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

M_{cr} Momento critico elastico di instabilità latero-torsionale

10.2.3 Deformazioni

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è definito come

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$

La nomenclatura dei simboli in formula è precisata in figura seguente, in riferimento alla combinazione rara delle azioni:

- δ_c la monta iniziale della trave;
- δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;
- δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
- δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$.

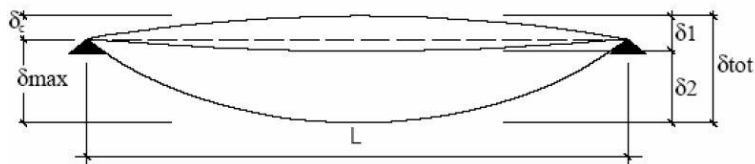


FIGURA 23: NOMENCLATURA DEFLESSIONE TRAVI IN ACCIAIO.

In riferimento a tabella seguente, si assumono i limiti relativi alle coperture generiche.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

FIGURA 24: LIMITI DEFLESSIONE TRAVI IN ACCIAIO.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

11 MODI DI VIBRARE

Le masse considerate nella modellazione seguono quanto previsto nel paragrafo §2.5.3 del DM18

$$G_1 + G_2 + \sum_{j=1}^N \psi_{2j} Q_{kj}$$

Secondo quanto riportato nel paragrafo §7.3.3.1 del DM18 si esegue un'analisi lineare dinamica, che consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione, mediante analisi modale;
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta del progetto, per ciascuno dei modi di vibrare riportati;
- nella combinazione di questi effetti.

Sono stati considerati un numero di modi tali da raggiungere una massa partecipante, per i modi traslazionali, superiore all'85%.

Si riporta in tabella seguente l'elenco dei modi di vibrare analizzati con i rispettivi periodi e la percentuale di massa partecipante.

MODE NO	PERIOD (SEC)	TRAN-X MASS(%)	SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	SUM(%)	ROTN-Z MASS(%)	SUM(%)
1	0.7894	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.6511	4.6511
2	0.6653	0.1536	0.1536	0.0066	0.0066	0.0000	0.0000	0.0000	4.6511
3	0.6649	0.0000	0.1536	0.0000	0.0066	0.3721	0.3721	0.0000	4.6512
4	0.6549	0.0095	0.1631	0.3067	0.3133	0.0009	0.3730	0.0000	4.6512
5	0.6531	0.0000	0.1631	0.0008	0.3141	0.3898	0.7628	0.0000	4.6512
6	0.6099	0.0000	0.1631	0.0000	0.3142	0.0000	0.7628	0.0014	4.6526
7	0.6098	0.0003	0.1634	0.0111	0.3253	0.0000	0.7628	0.0000	4.6526
8	0.5653	0.0068	0.1702	0.0003	0.3256	0.0000	0.7628	0.0538	4.7063
9	0.5651	0.0678	0.2381	0.0025	0.3281	0.0000	0.7628	0.0046	4.7109
10	0.5636	0.1464	0.3845	0.0161	0.3442	0.0000	0.7628	0.0000	4.7109
11	0.5634	0.0000	0.3845	0.0000	0.3442	0.1313	0.8941	0.0000	4.7109
12	0.5553	0.4360	0.8205	24.927	25.2718	0.0000	0.8941	0.0010	4.7119
13	0.5277	40.122	40.9428	1.0586	26.3304	0.0000	0.8941	0.2742	4.9861
14	0.5258	6.0222	46.9650	0.1112	26.4416	0.0002	0.8943	1.7926	6.7788
15	0.5178	0.0009	46.9659	0.0074	26.4490	0.0000	0.8943	0.0000	6.7788
16	0.5177	0.0043	46.9702	0.0000	26.4490	0.0000	0.8943	0.0581	6.8368
17	0.4975	0.0000	46.9702	0.0005	26.4496	0.0999	0.9941	0.0000	6.8368
18	0.4946	0.1152	47.0854	2.1396	28.5891	0.0000	0.9942	0.0001	6.8369
19	0.4847	0.0000	47.0854	0.0000	28.5891	0.0979	1.0921	0.0000	6.8369
20	0.4843	0.4320	47.5174	0.0134	28.6025	0.0000	1.0921	0.0000	6.8369
21	0.4594	0.0001	47.5174	0.0000	28.6026	0.0039	1.0959	0.0020	6.8389
22	0.4585	0.2915	47.8089	0.0097	28.6123	0.0000	1.0959	0.0000	6.8389
23	0.4580	0.0007	47.8096	0.0001	28.6123	0.0000	1.0959	0.0058	6.8448
24	0.4449	0.0015	47.8111	0.0331	28.6455	0.0000	1.0959	0.0000	6.8448
25	0.4449	0.0000	47.8111	0.0001	28.6456	0.0000	1.0959	0.0136	6.8584
26	0.4248	0.0002	47.8113	0.0048	28.6503	0.0000	1.0959	0.0000	6.8584
27	0.4247	0.0513	47.8626	0.0017	28.6520	0.0001	1.0960	0.0000	6.8584
28	0.4247	0.0000	47.8626	0.0000	28.6520	0.3918	1.4878	0.0000	6.8584
29	0.4247	0.0000	47.8626	0.0000	28.6520	0.0000	1.4879	0.0100	6.8684
30	0.4212	0.0385	47.9011	0.0026	28.6546	0.0000	1.4879	0.0001	6.8685
31	0.4210	0.0088	47.9099	0.0004	28.6550	0.0454	1.5333	0.0001	6.8686
32	0.4203	11.2337	59.1436	0.3866	29.0416	0.0000	1.5333	0.0028	6.8713
33	0.4058	0.0014	59.1450	0.0446	29.0862	0.0001	1.5333	1.6989	8.5702

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

34	0.4058	0.0086	59.1536	0.2926	29.3787	0.0000	1.5334	0.1268	8.6971
35	0.4057	0.0002	59.1538	0.0001	29.3788	0.1573	1.6906	0.0006	8.6977
36	0.4057	0.0296	59.1834	0.0008	29.3796	0.0006	1.6913	0.0003	8.6979
37	0.4035	0.0072	59.1906	0.1270	29.5066	0.0000	1.6913	68.391	77.0898
38	0.4023	0.0039	59.1945	0.1321	29.6387	0.0002	1.6915	0.0005	77.0903
39	0.4023	0.0000	59.1945	0.0011	29.6398	0.0189	1.7104	0.0009	77.0912
40	0.4023	0.0010	59.1955	0.0000	29.6398	0.0014	1.7118	0.0065	77.0977
41	0.4023	0.0000	59.1955	0.0008	29.6406	0.0000	1.7118	0.2320	77.3297
42	0.4017	0.7482	59.9437	24.878	54.5193	0.0000	1.7118	0.2248	77.5545
43	0.3945	0.3977	60.3414	10.302	64.8220	0.0000	1.7118	0.0072	77.5617
44	0.3942	0.0001	60.3416	0.0016	64.8236	0.0001	1.7119	1.8473	79.4090
45	0.3927	0.0000	60.3416	0.0003	64.8238	0.1100	1.8220	0.0004	79.4094
46	0.3926	0.0000	60.3416	0.0010	64.8248	0.0034	1.8254	0.0735	79.4829
47	0.3884	0.4345	60.7761	9.4092	74.2340	0.0000	1.8254	0.0119	79.4947
48	0.3871	1.2082	61.9843	0.0665	74.3005	0.0000	1.8254	0.0004	79.4951
49	0.3812	0.0246	62.0089	0.0011	74.3016	0.0000	1.8254	0.0000	79.4951
50	0.3812	0.0000	62.0089	0.0000	74.3016	0.0585	1.8838	0.0000	79.4951
51	0.3812	0.0000	62.0089	0.0000	74.3016	0.0001	1.8839	0.0124	79.5075
52	0.3812	0.0015	62.0104	0.0381	74.3397	0.0000	1.8839	0.0000	79.5075
53	0.3750	15.517	77.5278	0.8881	75.2277	0.0000	1.8839	0.0000	79.5075
54	0.3726	0.0000	77.5278	0.0000	75.2278	0.0345	1.9185	0.0000	79.5075
55	0.3726	0.0001	77.5278	0.0018	75.2296	0.0003	1.9188	0.0004	79.5079
56	0.3726	0.0000	77.5279	0.0004	75.2300	0.0001	1.9189	0.0015	79.5094
57	0.3725	0.2562	77.7841	0.0185	75.2485	0.0000	1.9189	0.0000	79.5094
58	0.3688	0.5893	78.3734	7.5111	82.7597	0.0000	1.9189	0.0001	79.5095
59	0.3675	0.0014	78.3748	0.0090	82.7686	0.0000	1.9189	0.0205	79.5300
60	0.3656	0.0000	78.3748	0.0000	82.7687	0.1427	2.0616	0.0000	79.5300
61	0.3625	0.1236	78.4984	3.4006	86.1693	0.0000	2.0616	0.0002	79.5301
62	0.3619	0.0000	78.4984	0.0000	86.1693	0.0059	2.0675	0.0016	79.5317
63	0.3619	0.0000	78.4984	0.0000	86.1693	0.0061	2.0736	0.0001	79.5318
64	0.3619	0.0000	78.4984	0.0000	86.1693	0.0172	2.0907	0.0003	79.5321
65	0.3619	0.0000	78.4984	0.0000	86.1693	0.0002	2.0910	0.0000	79.5322
66	0.3597	0.0001	78.4986	0.0000	86.1694	0.1385	2.2295	0.0016	79.5338
67	0.3597	0.0612	78.5597	0.0719	86.2413	0.0000	2.2295	0.0000	79.5338
68	0.3581	5.6974	84.2571	0.1518	86.3930	0.0000	2.2295	0.0000	79.5338
69	0.3524	0.0000	84.2571	0.0000	86.3930	0.0000	2.2295	0.0000	79.5338
70	0.3524	0.0000	84.2571	0.0000	86.3930	0.0000	2.2295	0.0003	79.5341
71	0.3524	0.0001	84.2572	0.0000	86.3930	0.0000	2.2295	0.0000	79.5341
72	0.3524	0.0000	84.2572	0.0004	86.3934	0.0000	2.2295	0.0000	79.5341
73	0.3453	0.0000	84.2572	0.0001	86.3935	0.0001	2.2296	0.0218	79.5559
74	0.3411	0.0141	84.2713	0.0047	86.3982	0.0380	2.2676	0.0001	79.5560
75	0.3403	0.0001	84.2714	0.0003	86.3985	0.0411	2.3087	0.0006	79.5566
76	0.3368	0.0000	84.2714	0.0000	86.3985	0.0001	2.3087	0.0000	79.5566
77	0.3368	0.0000	84.2714	0.0000	86.3985	0.0002	2.3089	0.0000	79.5566
78	0.3368	0.0000	84.2714	0.0000	86.3985	0.0001	2.3090	0.0000	79.5566
79	0.3368	0.0000	84.2714	0.0000	86.3985	0.0004	2.3093	0.0000	79.5566
80	0.3322	0.0000	84.2714	0.0000	86.3985	0.0007	2.3100	0.0002	79.5569

TABELLA 9: MODI DI VIBRARE E RELATIVE MASSE PARTECIPANTI.

Di seguito sono fornite le immagini dei primi tre modi di vibrare per i quali la massa partecipante è circa all'80% rispettivamente per traslazione in direzione Y, traslazione in direzione X e rotazione attorno all'asse Z.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

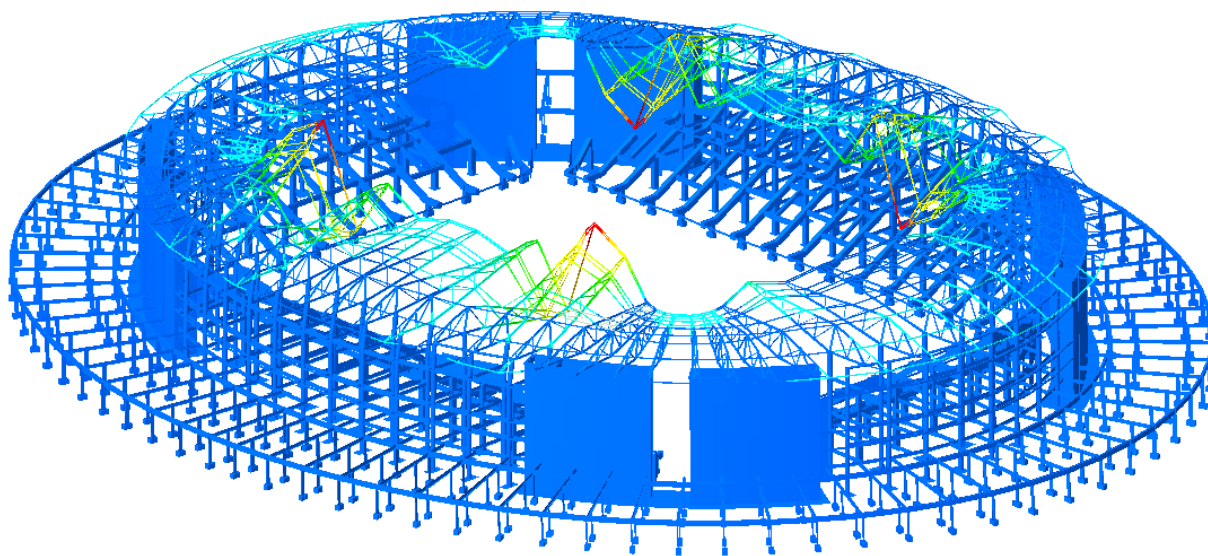


FIGURA 25 MODO TRASLAZIONALE IN Y (#68) – $T = 0.36$ s.

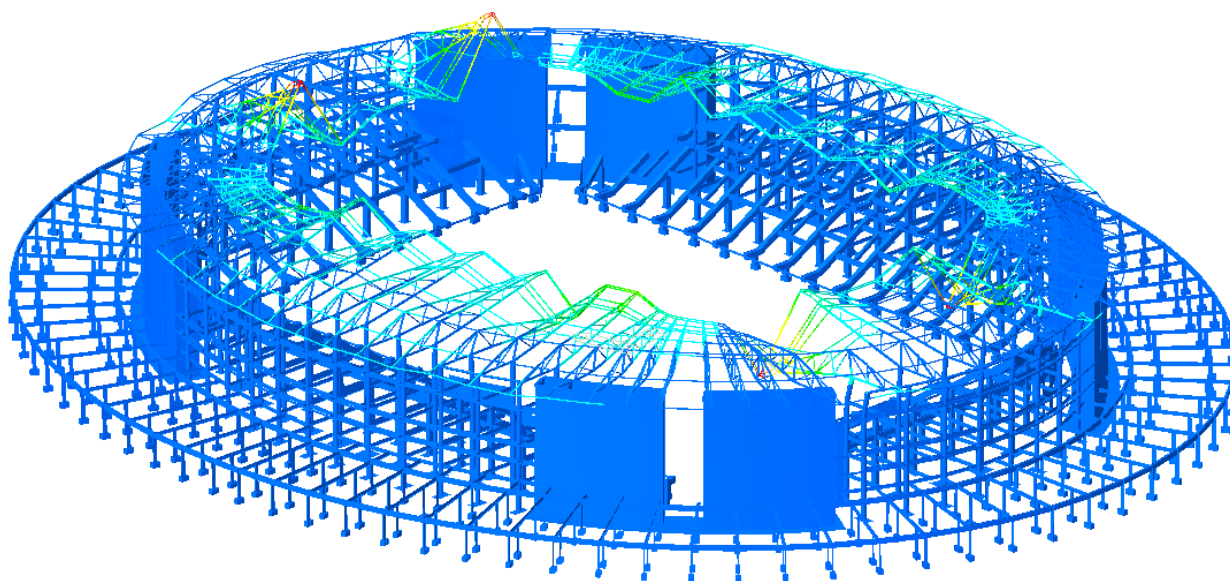


FIGURA 26 MODO TRASLAZIONALE IN X (#58) – $T = 0.37$ s.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

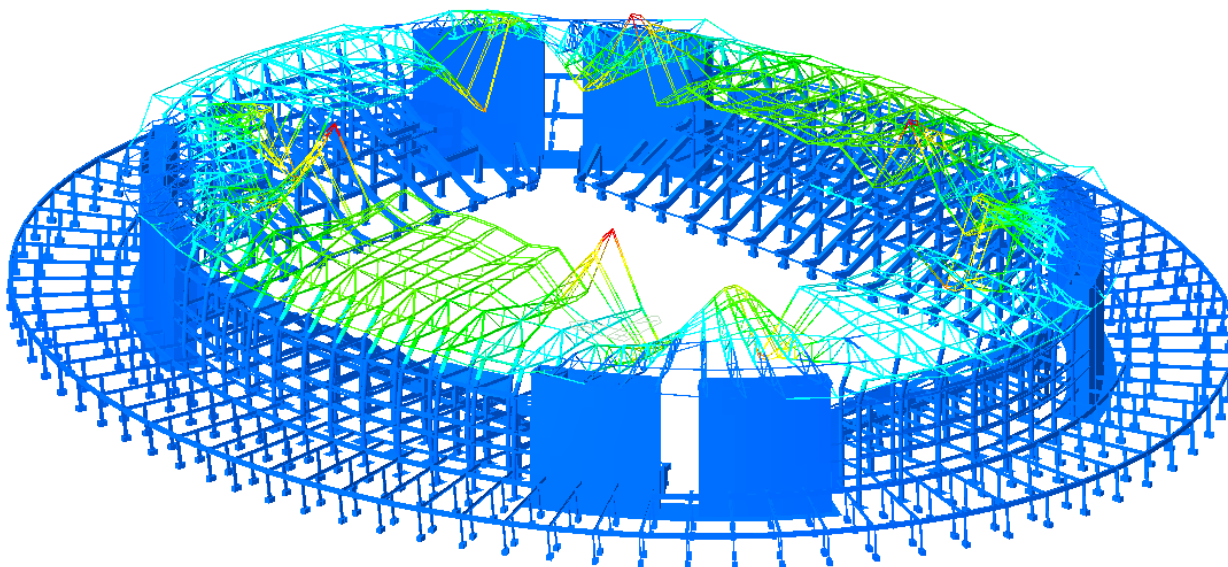


FIGURA 27 MODO ROTAZIONALE ATTORNO A Z (#80) – T = 0.33 s.

Analisi del comfort:

- in direzione y, prendendo in esame il modo di vibrare #12, si ha una frequenza di $1/0.55 \text{ s} = 1.82 \text{ Hz} > 1.65 \text{ Hz}$ e dunque la verifica risulta soddisfatta;
- in direzione x, prendendo in esame il modo di vibrare #13, si ha una frequenza di $1/0.53 \text{ s} = 1.88 \text{ Hz} > 1.65 \text{ Hz}$ e dunque la verifica risulta soddisfatta;
- in direzione z, considerando gli spalti, la verifica risulta largamente soddisfatta perché la frequenza è molto maggiore di 3 Hz.

Il limite 1.65 Hz deriva dalla letteratura tecnica.

12 SPOSTAMENTI AGLI SLD

Nella figura di seguito, si possono vedere gli spostamenti orizzontali dati dall'involuppo SLD. In copertura si ha uno spostamento x di 63 mm. Considerata l'altezza di 31 m, il rapporto $H/x=492 > 200$.

La verifica risulta soddisfacente.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

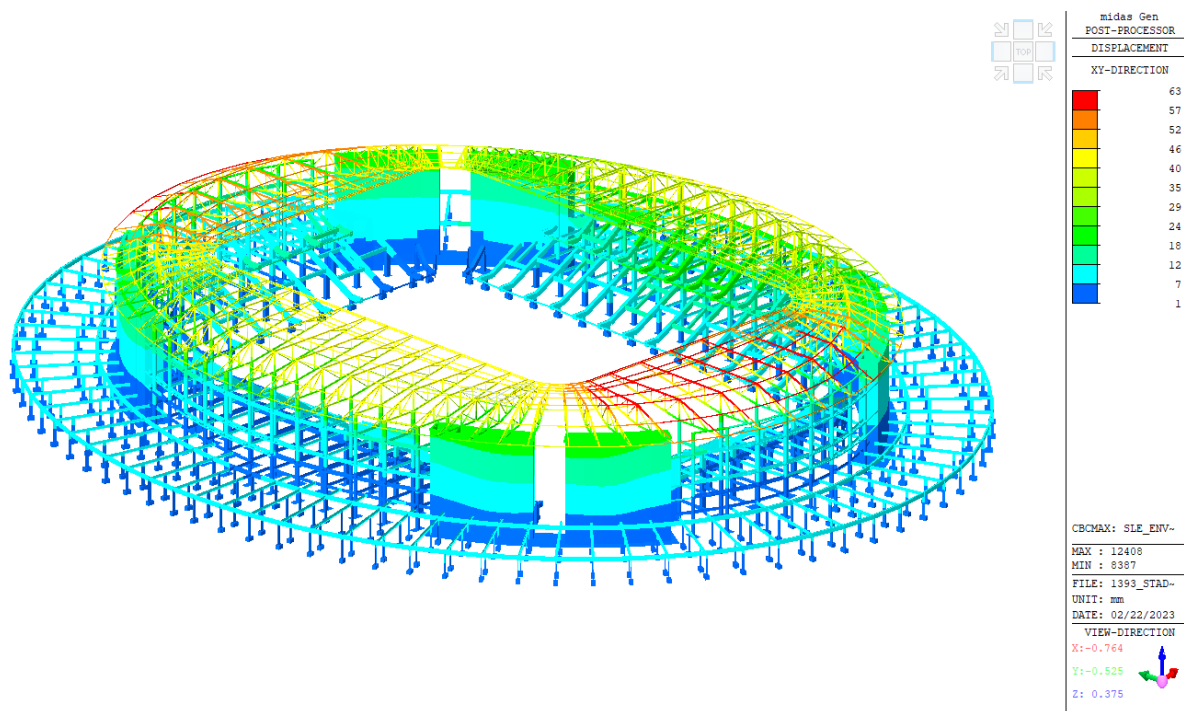


FIGURA 28: SPOSTAMENTI ORIZZONTALI INDOTTI DAL SISMA AGLI SLD.

Di seguito, per confronto, vengono riportati gli spostamenti orizzontali dati dal vento.

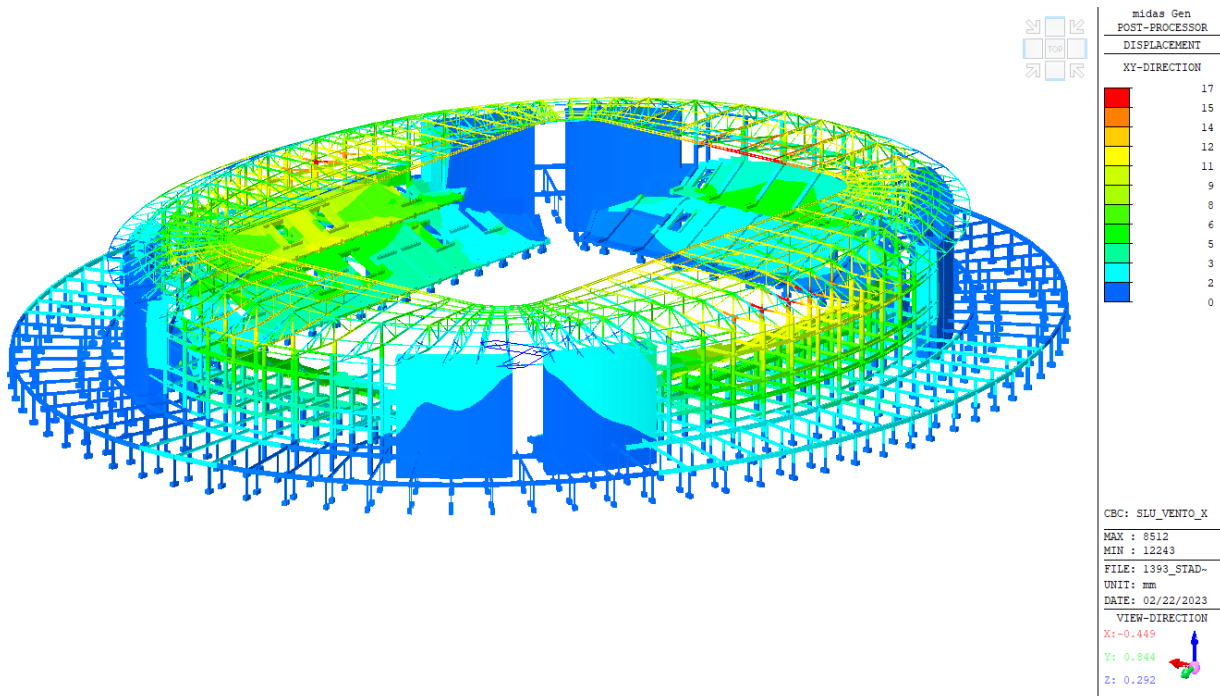


FIGURA 29: SPOSTAMENTI ORIZZONTALI INDOTTI DAL VENTO

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Si riportano dapprima gli involuپی delle sollecitazioni agli SLU e SLV. In generale vale il seguente orientamento degli assi locali: la direzione Z e Y perpendicolari all'asse dell'elemento beam, mentre X parallelo.

Successivamente sono invece riportate le verifiche degli stessi elementi strutturali.

13 PILASTRI

13.1 Sollecitazioni

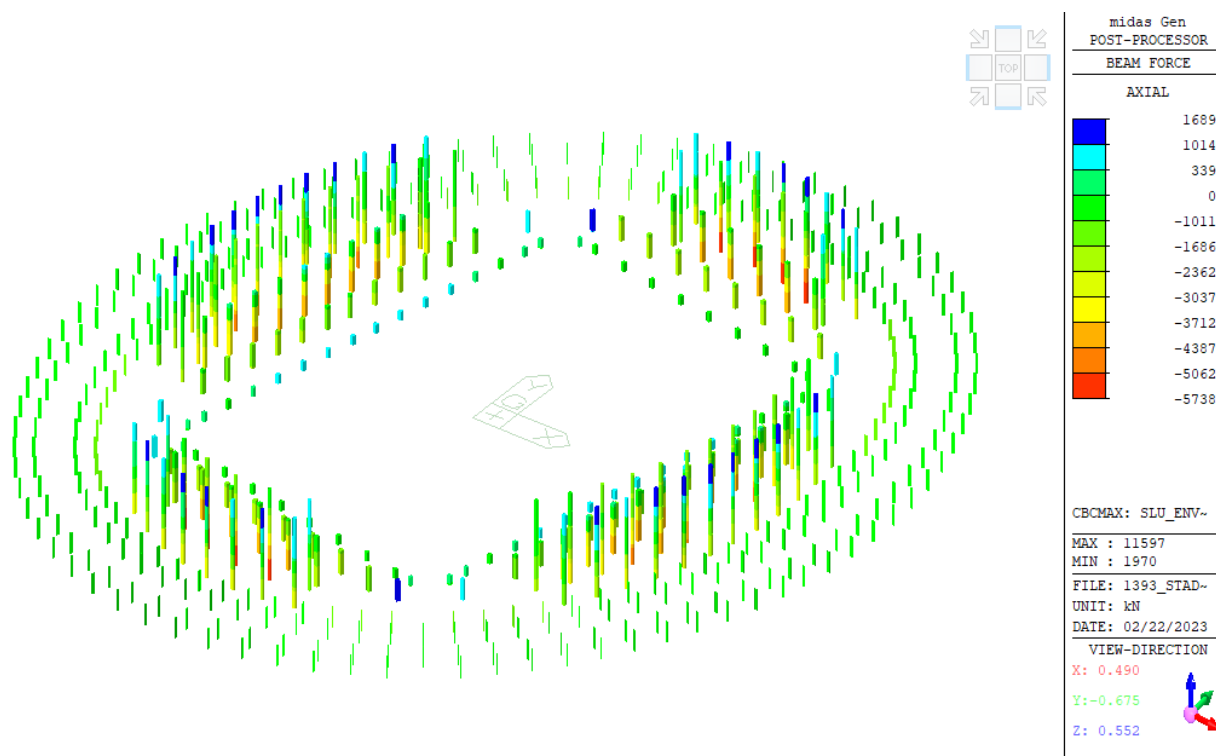


FIGURA 30 SLU/SLV – SFORZI ASSIALI.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

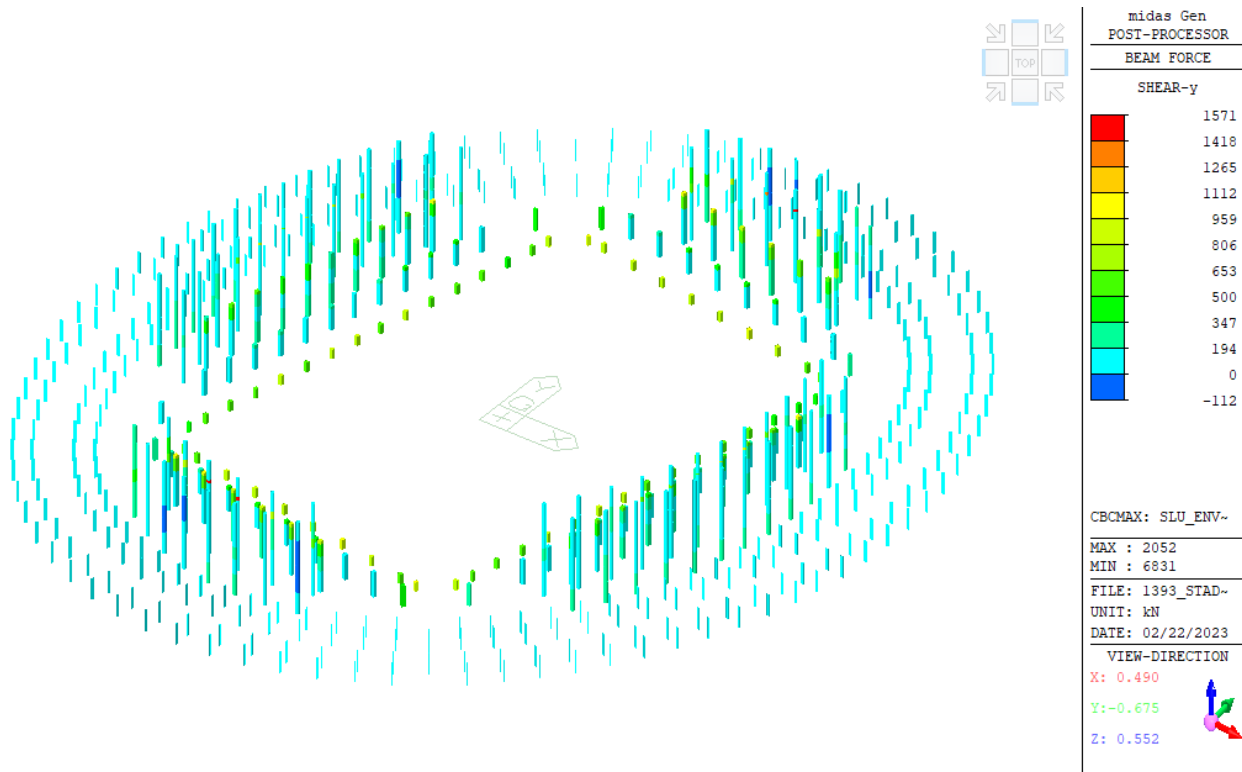


FIGURA 31 SLU/SLV – TAGLIO Fy.

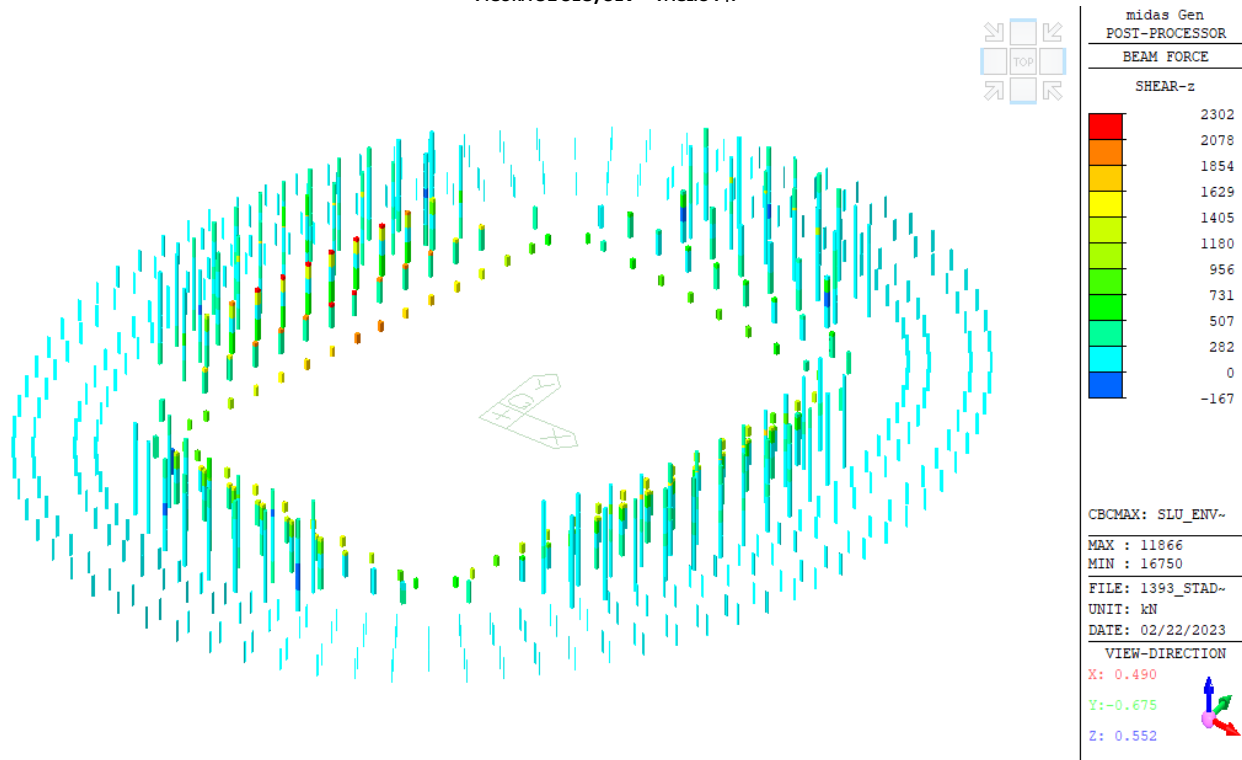


FIGURA 32 SLU/SLV – TAGLIO Fz.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

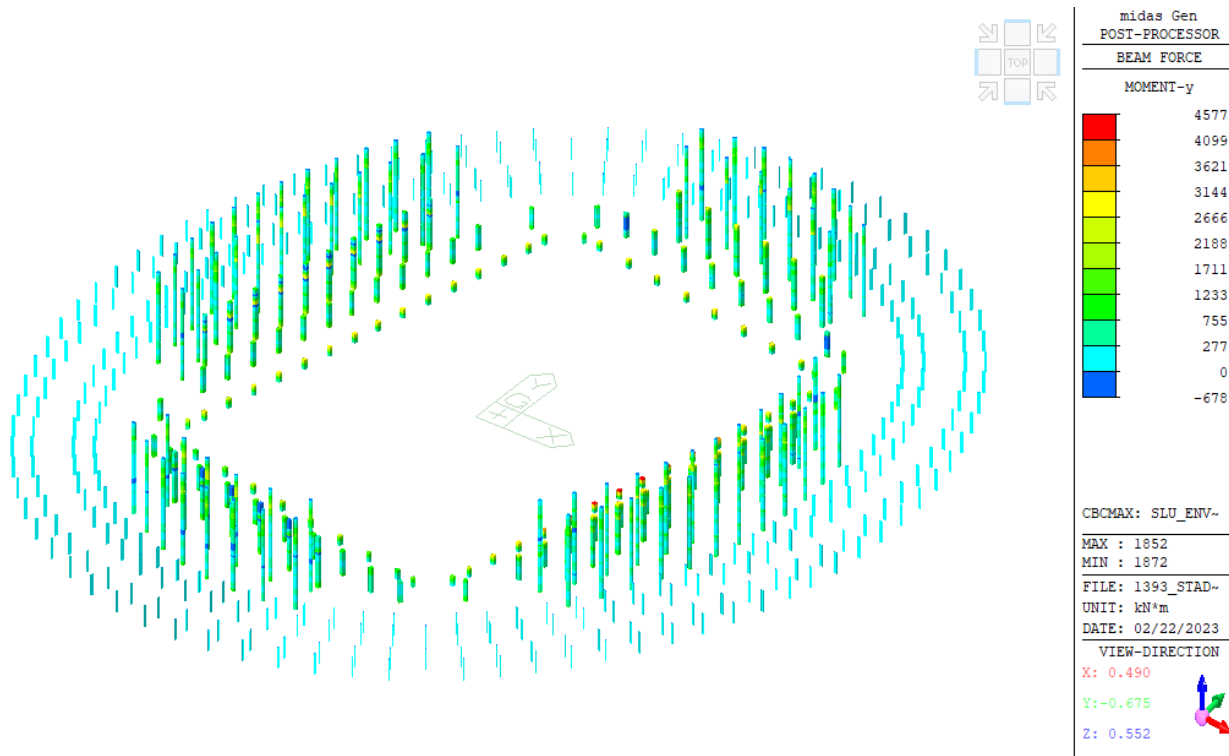


FIGURA 33 SLU/SLV – MOMENTO FLETTENTE M_y .

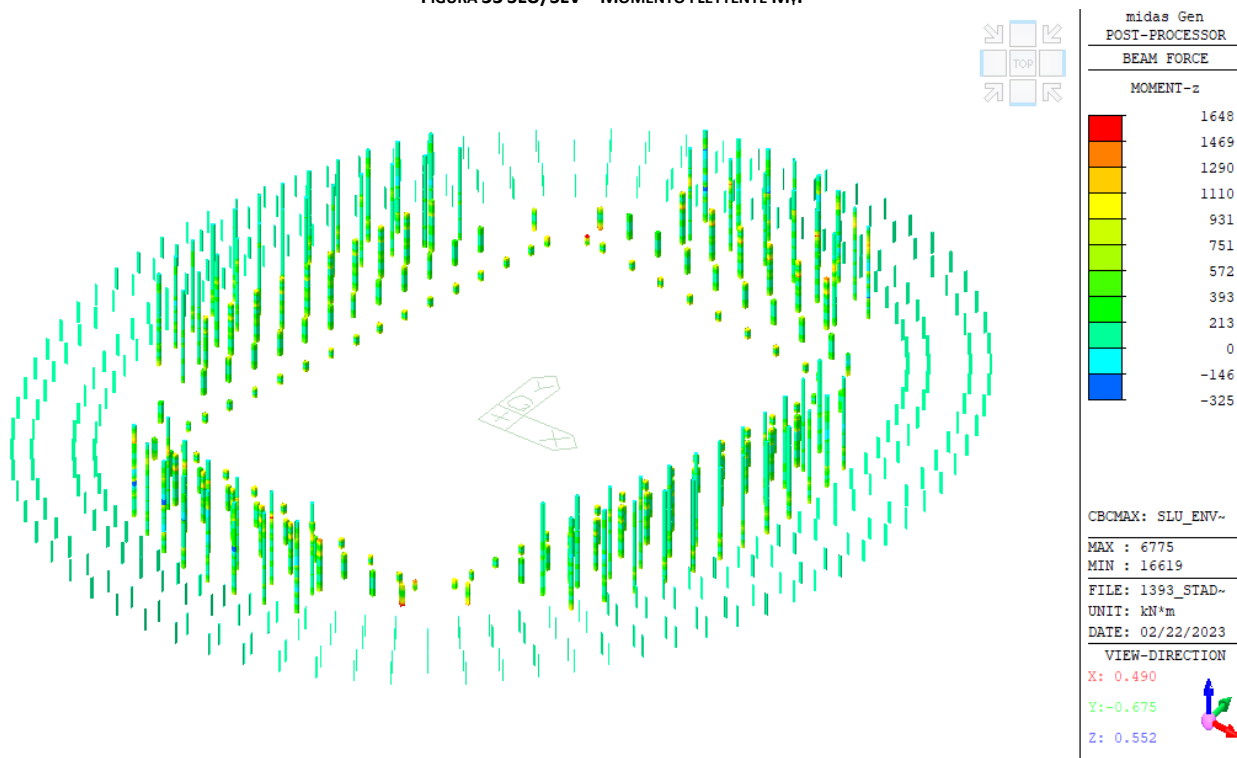


FIGURA 34 SLU/SLV – MOMENTO FLETTENTE M_z .

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

13.2 Verifiche

Si riportano nel seguito le verifiche sul pilastro più sollecitato della struttura. Si tratta di un pilastro circolare avente diametro 1000 mm, armato perimetralmente con 16 ϕ 26 longitudinali e staffe ϕ 12 passo 100.

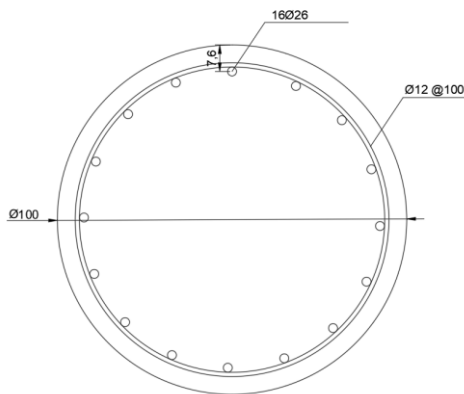


FIGURA 35: SCHEMA ARMATURA PILASTRO DI VERIFICA.

13.2.1.1 Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è condotta con la formula di normativa

$$\left(\frac{M_x}{M_{Rd,x}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_y}{M_{Rd,y}} \right)^\alpha \leq 1$$

I simboli presenti hanno il seguente significato

$M_{Ed,x}$ momento agente in direzione x

$M_{Ed,y}$ momento agente in direzione y

$M_{Rd,x}$ momento resistente (azione assiale nulla) in direzione x

$M_{Rd,y}$ momento resistente (azione assiale nulla) in direzione y

α è un fattore che dipende dall'azione assiale adimensionalizzata

A partire dalle sollecitazioni agenti, si verifica la sezione.

Nome comb.	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
SLU acc	-9774	0.48	-36.9	-220	-13
SLV 6	-7165	-80	-314	-1148	-298
SLV 5	-7140	-207	-179	-681	-756

TABELLA 10: SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA SEZIONE DI VERIFICA.

Si riportano nel seguito i calcoli delle sezioni resistenti mediante VCAslu.

104

BOSCO DELLO SPORT
STADIO

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Titolo: Pilastro_circolare_100_SLU_acc

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
Raggio interno: [cm]
N° barre uguali: 16
Diametro barre: 2,6 [cm]
Copri ferro (baric.): 7,6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 9774 [kN]
M_{Ed}: 220 [kNm]
M_{yEd}: 13 [kNm]

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Materiali

B450C C35/45

E_{su} : 67,5 % E_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391,3 N/mm² E_{cu} : 3,5 %
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 19,83 %
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0,8
 E_{syd} : 1,957 % $\sigma_{c,adm}$: 13,5
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0,8
 τ_{c1} : 2,257

Metodo di calcolo

S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Diagramma

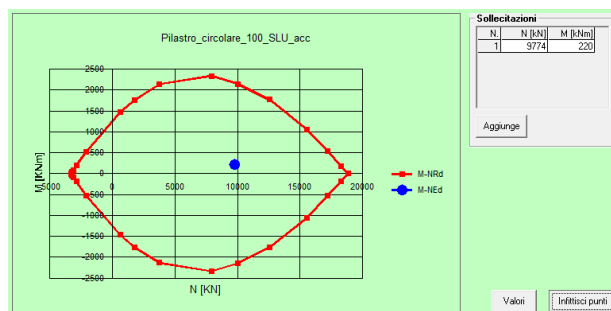
M [kNm] vs N [kN]

Sollecitazioni

N	N [kN]	M [kNm]
1	9774	220

Aggiunge

Valori Infittisci punti



Titolo: Pilastro_circolare_100_SLV_6

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
Raggio interno: [cm]
N° barre uguali: 16
Diametro barre: 2,6 [cm]
Copri ferro (baric.): 7,6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 7165 [kN]
M_{Ed}: 1148 [kNm]
M_{yEd}: 298 [kNm]

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Materiali

B450C C35/45

E_{su} : 67,5 % E_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391,3 N/mm² E_{cu} : 3,5 %
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 19,83 %
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0,8
 E_{syd} : 1,957 % $\sigma_{c,adm}$: 13,5
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0,8
 τ_{c1} : 2,257

Metodo di calcolo

S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Diagramma

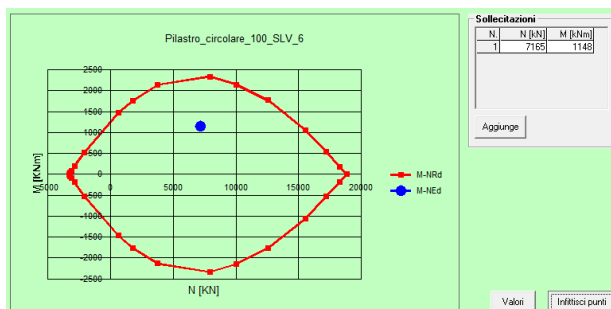
M [kNm] vs N [kN]

Sollecitazioni

N	N [kN]	M [kNm]
1	7165	1148

Aggiunge

Valori Infittisci punti



Titolo: Pilastro_circolare_100_SLV_5

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
Raggio interno: [cm]
N° barre uguali: 16
Diametro barre: 2,6 [cm]
Copri ferro (baric.): 7,6 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 7140 [kN]
M_{Ed}: 681 [kNm]
M_{yEd}: 756 [kNm]

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Materiali

B450C C35/45

E_{su} : 67,5 % E_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391,3 N/mm² E_{cu} : 3,5 %
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 19,83 %
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0,8
 E_{syd} : 1,957 % $\sigma_{c,adm}$: 13,5
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0,8
 τ_{c1} : 2,257

Metodo di calcolo

S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Diagramma

M [kNm] vs N [kN]

Sollecitazioni

N	N [kN]	M [kNm]
1	7140	681

Aggiunge

Valori Infittisci punti

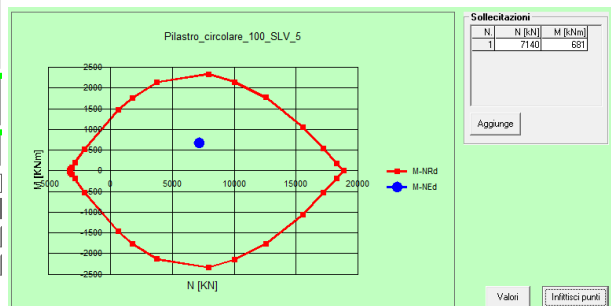


FIGURA 36: MOMENTI RESISTENTI DEL PILASTRO.

104

BOSCO DELLO SPORT STADIO

104-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

13.2.1.2 Taglio

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 10.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	9774.00	-13.00	-220.00	0.48	-36.90
2	7165.00	-298.00	-1148.00	-80.00	-314.00
3	7140.00	-756.00	-681.00	-207.00	-179.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore Lld_max con L=lunghezza legatura proiettata sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	36.87	1685.71	744.98	79.3 55.6	87.8	1.600	0.818	1.1	21.4(0.0)
2	S	324.03	2837.44	848.88	79.3 59.9	89.6	1.600	1.250	8.6	22.6(0.0)
3	S	273.59	2839.84	814.16	79.2 60.0	89.6	1.600	1.250	7.3	21.7(0.0)

I04

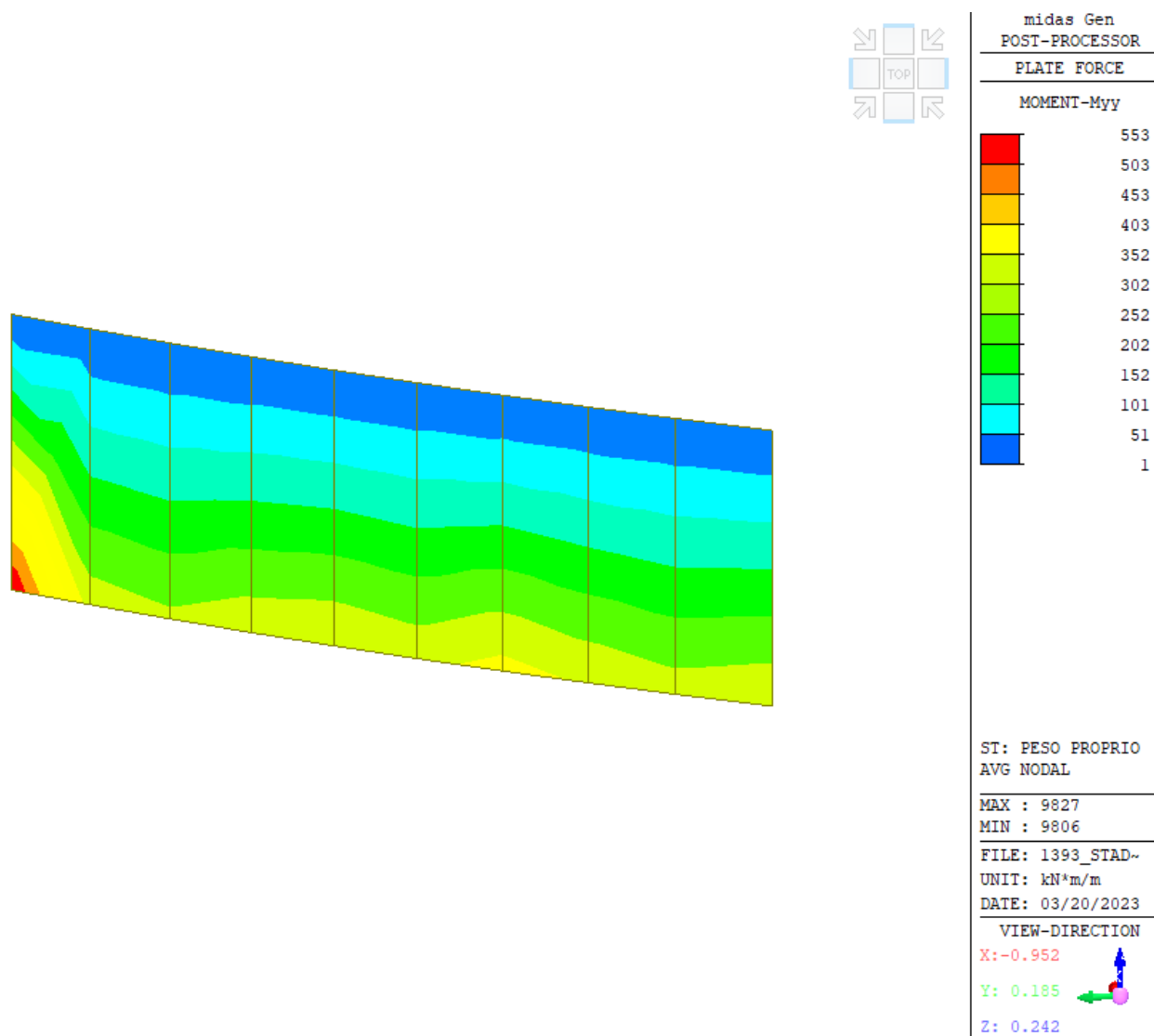
**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

14 SETTI

14.1 Verifica a pressoflessione



Si considera il setto più sollecitato avente azione assiale pari a 509.5 kN e momento pari a 23.772 kNm.

104

BOSCO DELLO SPORT
STADIO

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Titolo : Setto_500

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	19,01	5
2	19,01	45

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 509,511 kN
M_{xEd} 23,772 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

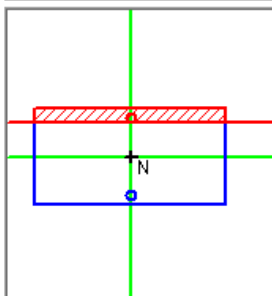
Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 415,9 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 18,12 ‰
d 45 cm
x 7,283 x/d 0,1619
 δ 0,7

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF



Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

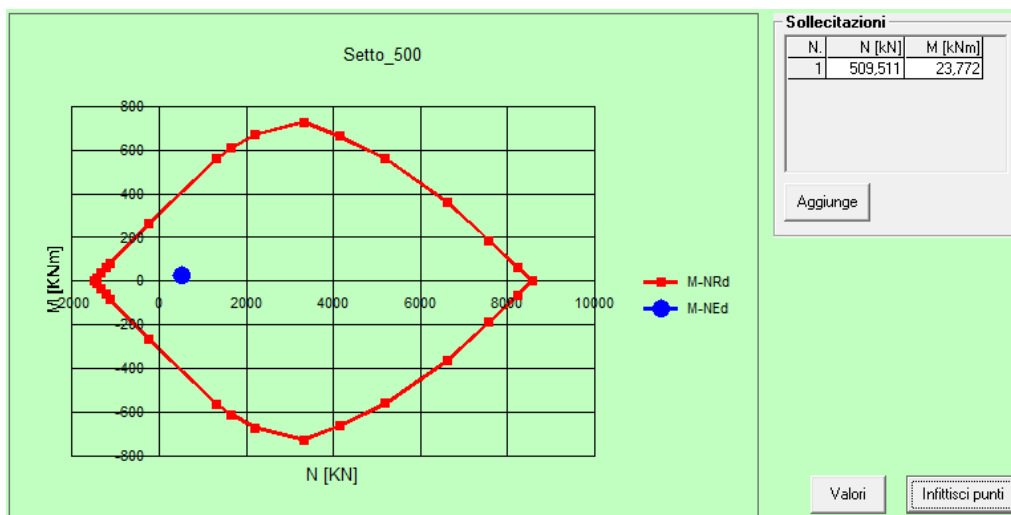
N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

☐ Precompresso



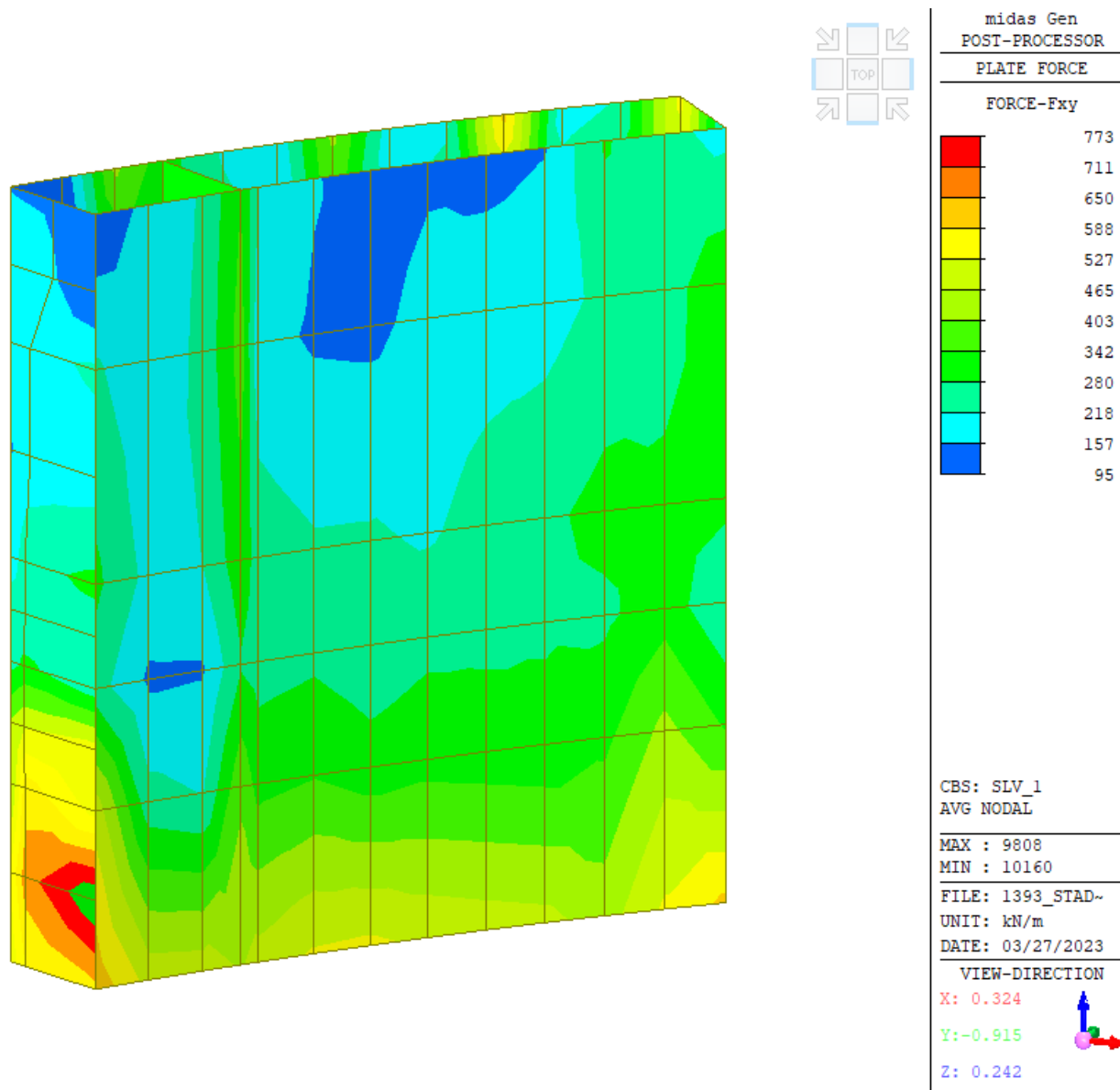
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

14.2 Verifica a taglio



Viene prevista un'armatura di base di $\phi 14$ passo 200 3 bracci con resistenza pari a 773 kN.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

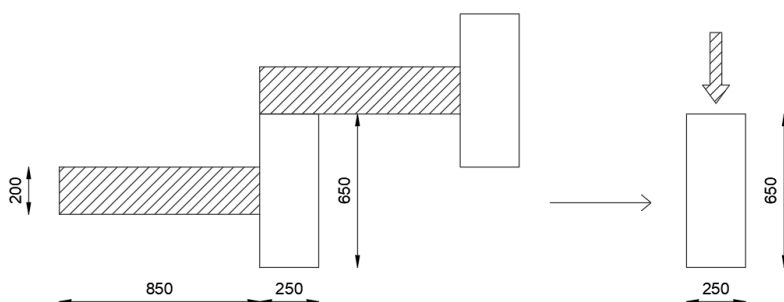
RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

15 VERIFICHE LOCALI

15.1 Gradonate

Le gradonate sono state analizzate localmente e modellate come carico superficiale sul modello globale.

Localmente è stata considerata una trave a sezione rettangolare equivalente con un carico aggiuntivo corrispondente all'anima della trave a T (evidenziata tratteggiata nella seguente figura) $0.85 \times 0.2 \times 25 = 4.25 \text{ kN/m}$ e appoggiata sulle travi trasversali.



Di seguito si riportano le verifiche.

15.1.1 Verifica SLU

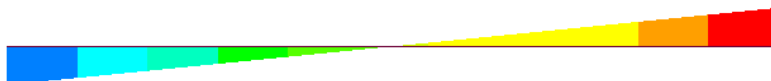

















I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



midas Gen	
POSTI-PROCESSOR	
BEAM DIAGRAM	
SHEAR-z	
	91
	75
	58
	42
	25
	8
	0
	-25
	-42
	-58
	-75
	-91
CBC: SLU	
MAX : 1	
MIN : 1	
FILE: 1393_GRAD~	
UNIT: kN	
DATE: 03/20/2023	
VIEW-DIRECTION	
X: 0.000	
Y: -1.000	
Z: 0.000	

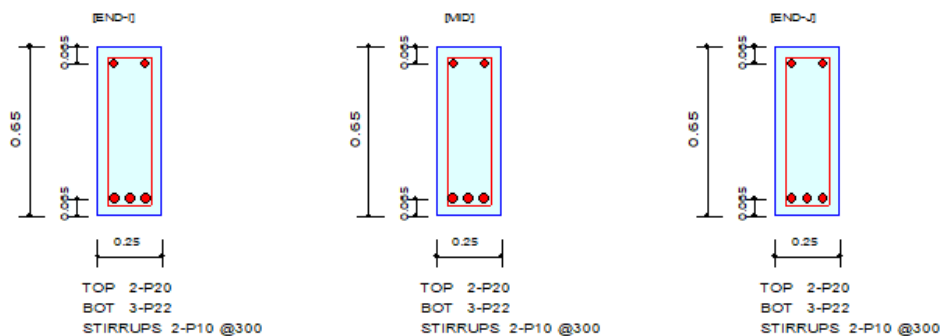
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	T_650x250 (No : 1)	Beam Span	10m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	1	1	1
Moment (M_{Ed})	0.00	0.00	0.00
Factored Strength (M_{Rd})	135.31	135.31	135.31
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.0000	0.0000	0.0000
Neutral Axis (x/d)	0.1155	0.1155	0.1155
(+) Load Combination No.	1	1	1
Moment (M_{Ed})	171.43	228.58	171.43
Factored Strength (M_{Rd})	238.74	238.74	238.74
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.7181	0.9574	0.7181
Neutral Axis (x/d)	0.1660	0.1660	0.1660
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0006	0.0006	0.0006
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0011	0.0011	0.0011

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	1	1	1
Factored Shear Force (V_{Ed})	91.43	45.72	91.43
V_{Rdc}	77.72	77.72	77.72
V_{Rds}	108.50	108.50	108.50
V_{Rdmax}	522.11	522.11	522.11
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0005	0.0005	0.0005
Using Stirrups Spacing	2-P10 @300	2-P10 @300	2-P10 @300
V_{Ed} / V_{Rdc}	1.1764	0.5882	1.1764
$V_{Ed} / \min(V_{Rds}, V_{Rdmax})$	0.8426	0.4213	0.8426
Check Ratio	0.8426	0.5882	0.8426

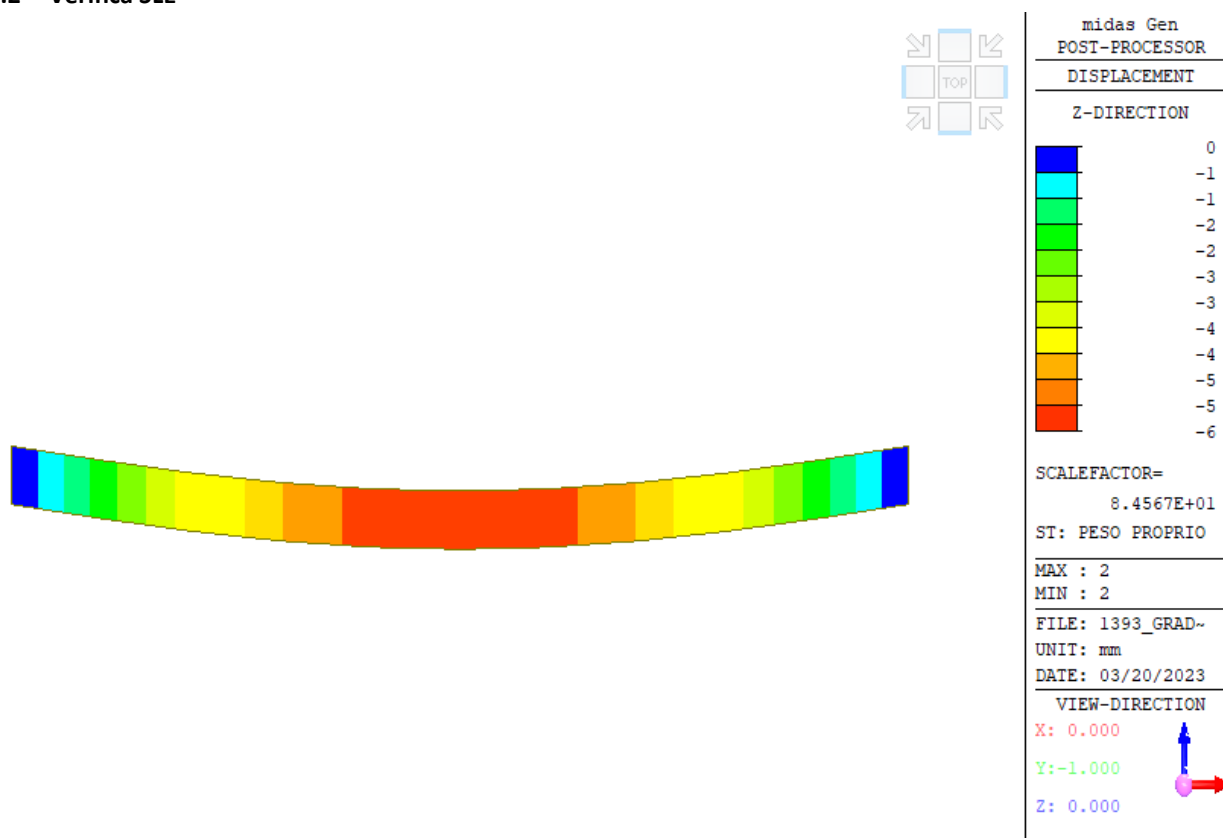
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

15.1.2 Verifica SLE



Il limite di deformazione è $L/250 = 10 \text{ m}/250 = 40 \text{ mm} > 6 \text{ mm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

15.2 Travi gradonate

Le travi delle gradonate sono state analizzate anch'esse localmente e rappresentate come nei grafici seguenti.

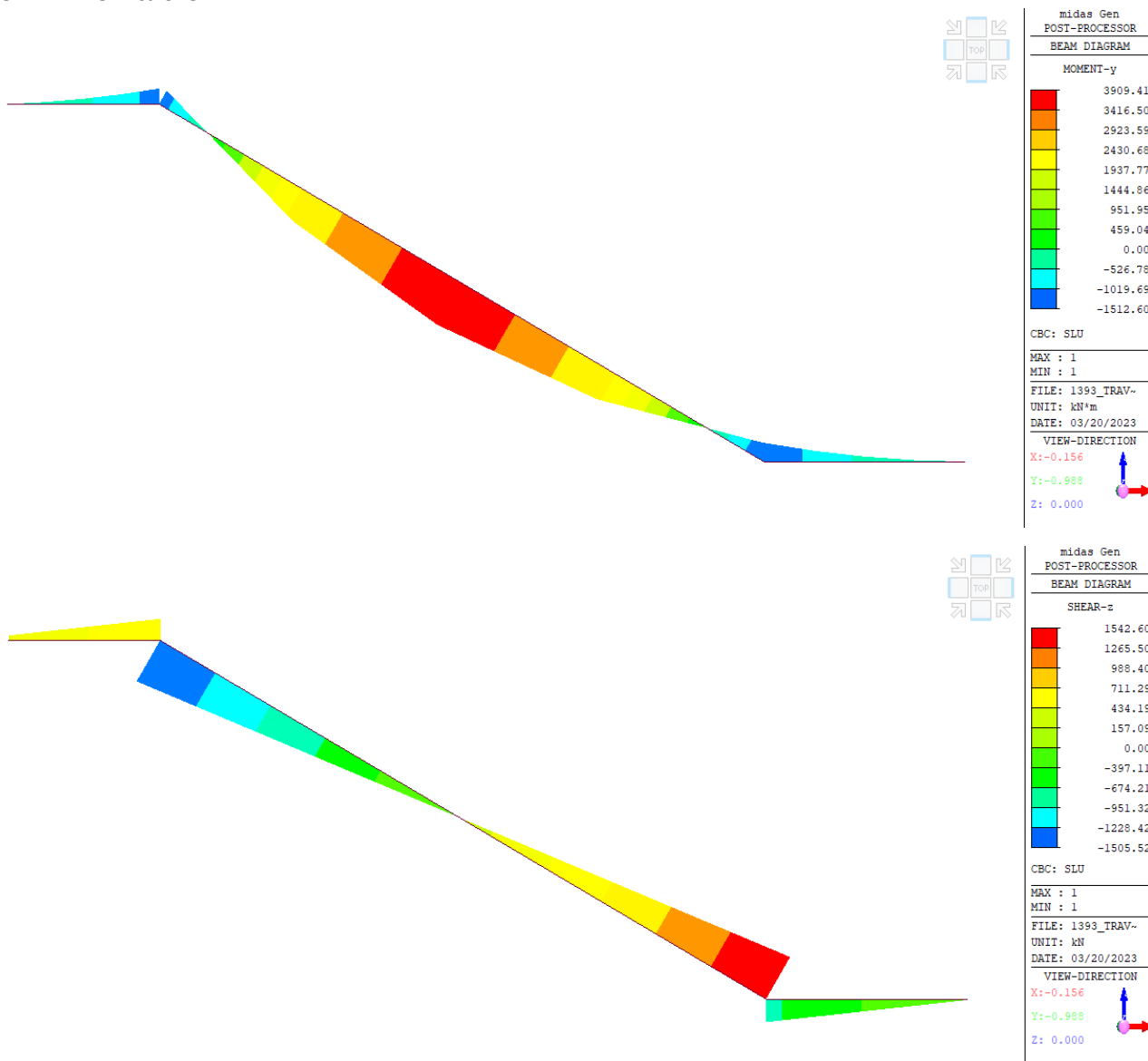
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

15.2.1 Verifica SLU

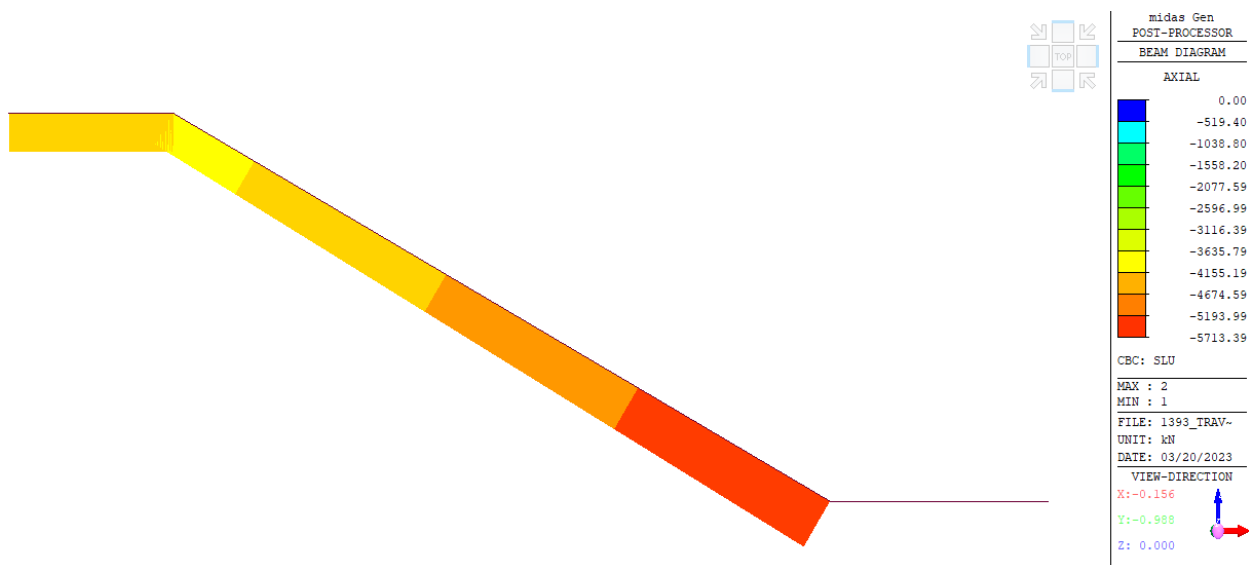


I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



Di seguito la verifica della sezione più sollecitata.

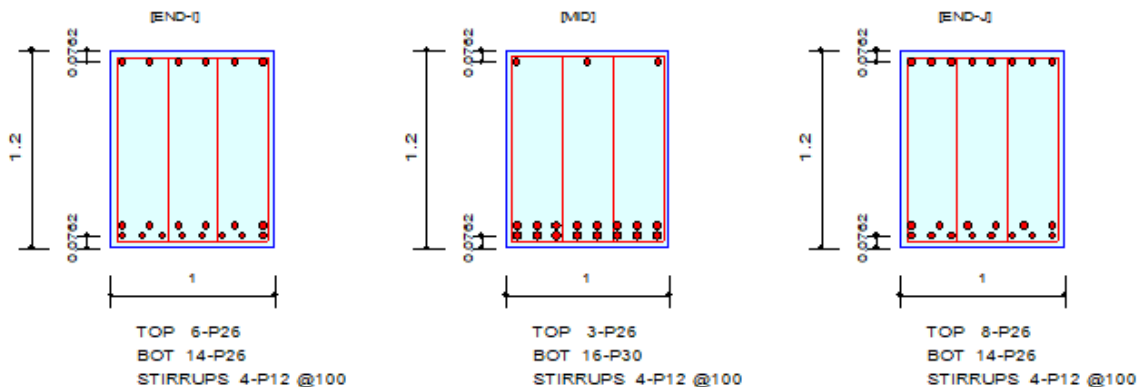
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	T1000x1200 (No : 1)	Beam Span	13.8924m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	1	2	1
Moment (M_{Ed})	1255.03	0.00	1512.60
Factored Strength (M_{Rd})	1347.14	711.69	1777.82
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.9316	0.0000	0.8508
Neutral Axis (x/d)	0.0875	0.0875	0.0935
(+) Load Combination No.	1	1	1
Moment (M_{Ed})	2650.50	3909.41	2521.71
Factored Strength (M_{Rd})	3002.73	4334.20	3012.69
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.8827	0.9020	0.8370
Neutral Axis (x/d)	0.1338	0.2734	0.1211
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0032	0.0016	0.0042
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0074	0.0113	0.0074

104

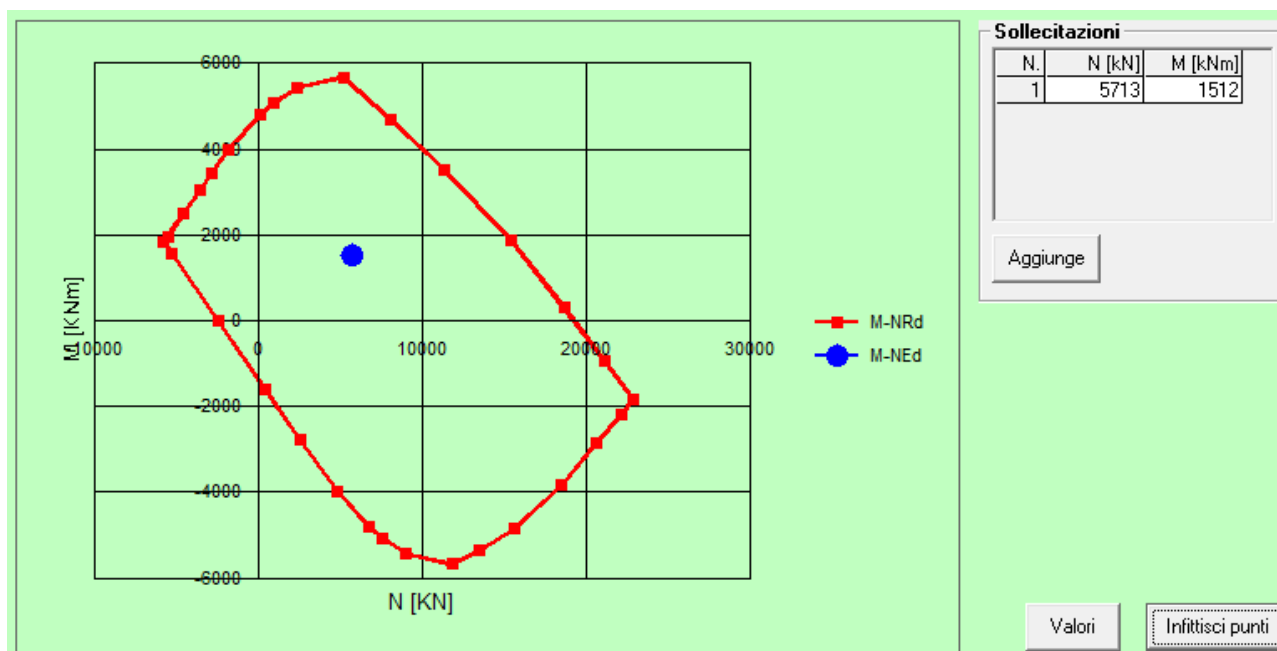
**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	1	1	1
Factored Shear Force (V_Ed)	1505.52	780.57	1542.60
V_Rdc	502.10	575.42	502.10
V_Rds	1753.42	1741.14	1753.42
V_Rdmax	3932.41	3904.87	3932.41
Using Shear Reinf. (Asw)	0.0045	0.0045	0.0045
Using Stirrups Spacing	4-P12 @100	4-P12 @100	4-P12 @100
V_Ed / V_Rdc	2.9985	1.3565	3.0723
V_Ed / min(V_Rds, V_Rdmax)	0.8586	0.4483	0.8798
Check Ratio	0.8586	0.4483	0.8798

Di seguito la verifica grafica a pressoflessione.



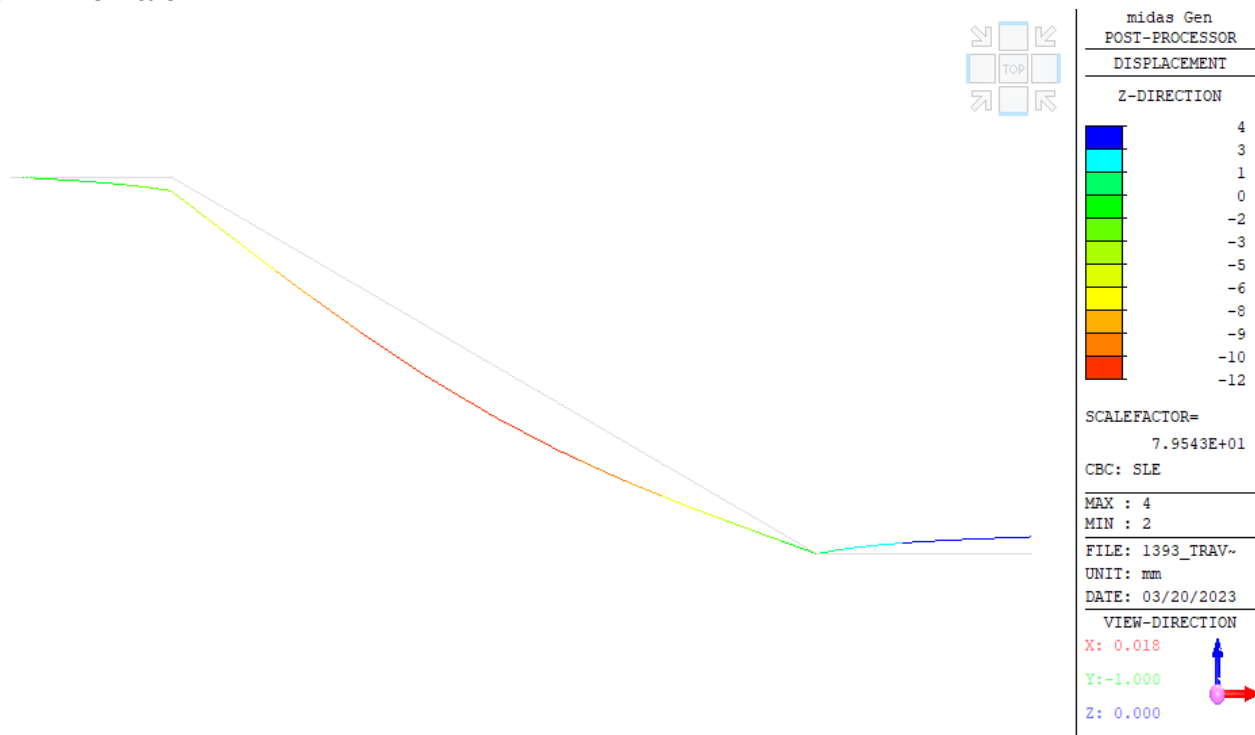
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

15.2.2 Verifica SLE



Il limite di deformazione è $L/250 = 12000 \text{ m}/250 = 48 \text{ mm} > 12 \text{ mm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

16 COPERTURA

16.1.1 Sollecitazioni

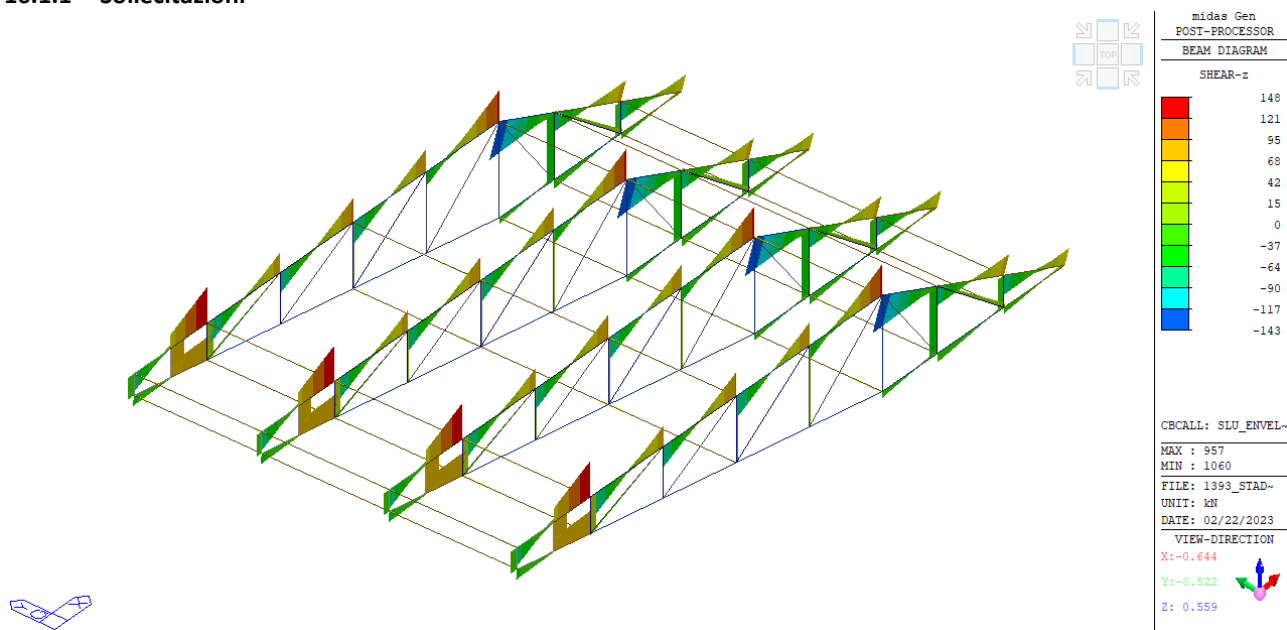


FIGURA 37 SLU/SLV – TAGLIO.

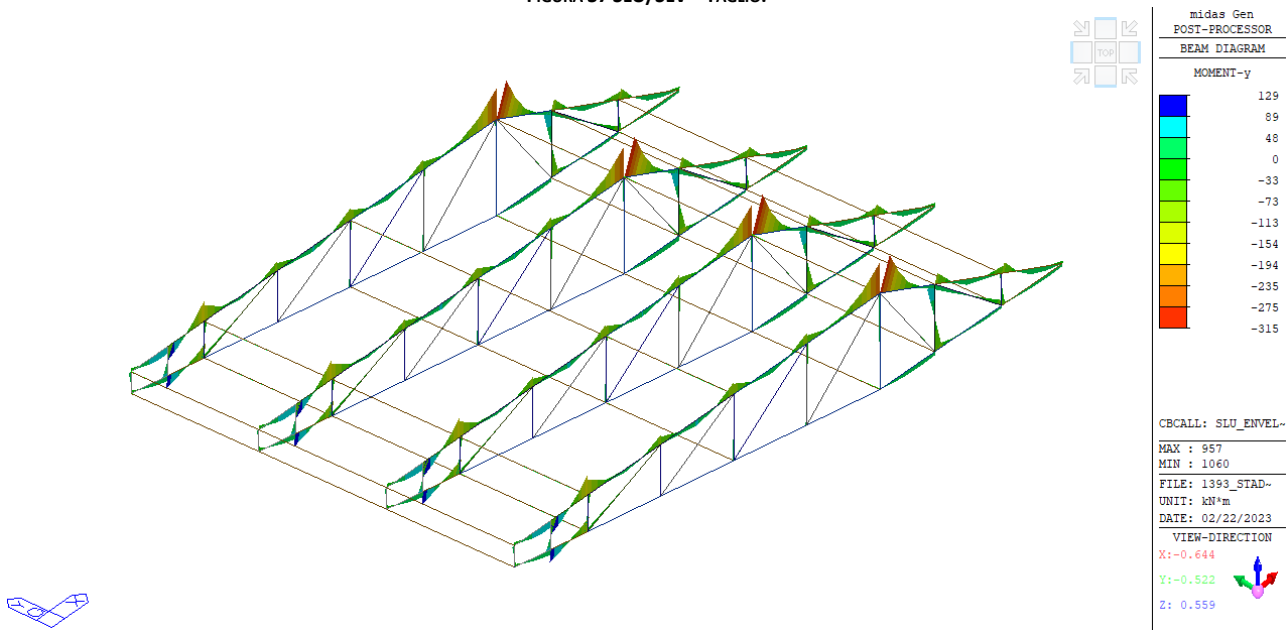


FIGURA 38 SLU/SLV – MOMENTO FLETTENTE.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

16.1.2 Verifiche di resistenza

Si riportano nel seguito gli stress normali e tangenziali delle aste di copertura ottenuti da involucro combinazioni SLU ed SLV. I valori degli sforzi risultano minori di 338 Mpa.

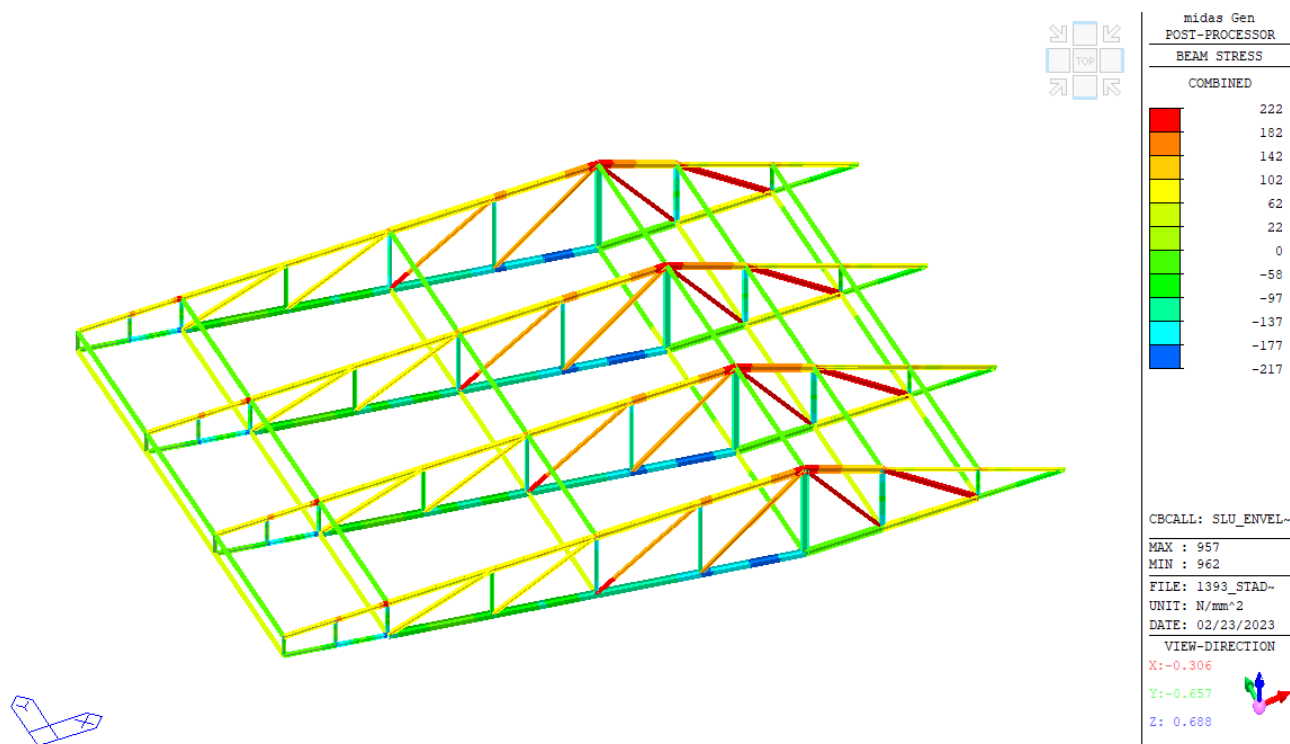


FIGURA 39: STRESS NORMALI SULLE ASTE DI COPERTURA.

Si ha $\sigma = 222 \text{ Mpa} < f_{yd} = 335 \text{ Mpa}$.

I04

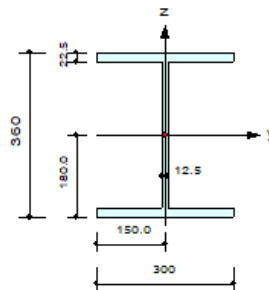
**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Verifica dell'asta compressa inferiore:

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System N, mm
Member No 965
Material S355 (No:1)
($F_y = 355.000$, $E_s = 210000$)
Section Name HEB360 (No:22)
(Rolled : HEB360).
Member Length : 12143.3



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -3155853$ (LCB: 3, POS:1/2)
Bending Moments $M_y = 21499.7$, $M_z = -28958654$
End Moments $M_{yi} = 21499.7$, $M_{yj} = 0.00000$ (for Lb)
 $M_{zi} = 28958654$, $M_{zj} = 0.00000$ (for Lb)
 $M_{yi} = 6665.65$, $M_{yj} = 0.00000$ (for Ly)
 $M_{zi} = -28958654$, $M_{zj} = 0.00000$ (for Lz)
Shear Forces $F_{yy} = -26194$ (LCB: 3, POS:1/2)
 $F_{zz} = 3.54101$ (LCB: 5, POS:1/2)

Depth	360.000	Web Thick	12.5000
Top F Width	300.000	Top F Thick	22.5000
Bot.F Width	300.000	Bot.F Thick	22.5000
Area	18100.0	Asz	4500.00
Qyb	103528	Qzb	11250.0
Iyy	431900000	Izz	101400000
Ybar	150.000	Zbar	180.000
Wely	2400000	Welz	676000
ry	155.000	rz	74.9000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 12143.3$, $L_z = 6071.65$, $L_b = 6071.65$
Effective Length Factors $K_y = 0.80$, $K_z = 0.80$
Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$KL/r = 64.9 < 200.0$ (Memb:965, LCB: 3)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/MIN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 3155853/3865191 = 0.816 < 1.000$ O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 21500/906771429 = 0.000 < 1.000$ O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 28958654/346481352 = 0.084 < 1.000$ O.K

Combined Resistance

$R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/M_{Ny,Rd}, M_{Edz}/M_{Nz,Rd}]$

$R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{Ny,Rd})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{Nz,Rd})^{\beta}$

$R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{byM} = M_{Edy}/M_{Ny,Rd} + M_{Edz}/M_{Nz,Rd}$

$R_{cLT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{bLT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{iLT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{cLT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{bLT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{iLT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{max} = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM}), MAX(R_{cLT1} + R_{bLT1}, R_{cLT2} + R_{bLT2})] = 0.916 < 1.000$.. O.K

Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.009 < 1.000$ O.K

$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.000 < 1.000$ O.K

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

16.1.3 Verifiche di deformabilità

16.1.3.1 Freccia totale

Di seguito si riporta l'analisi in combinazione rara delle deformazioni verticali della copertura metallica. La verifica di deformabilità è soddisfatta in quanto il limite di deformazione $(2xL)/200=300$ mm è maggiore della deformazione effettiva.

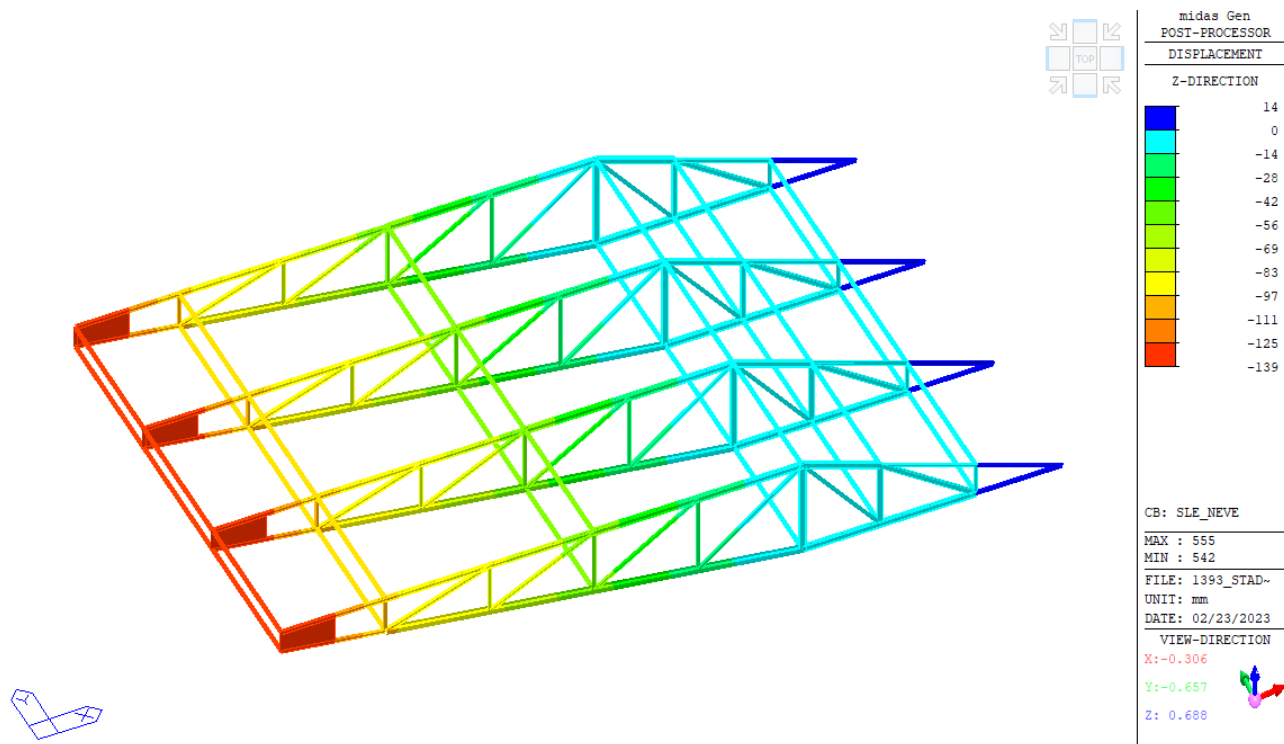


FIGURA 40: VERIFICA FRECCIA TOTALE COPERTURA.

Si fa $\Delta z = 139\text{mm} < \Delta_{\text{lim}} = 300\text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$

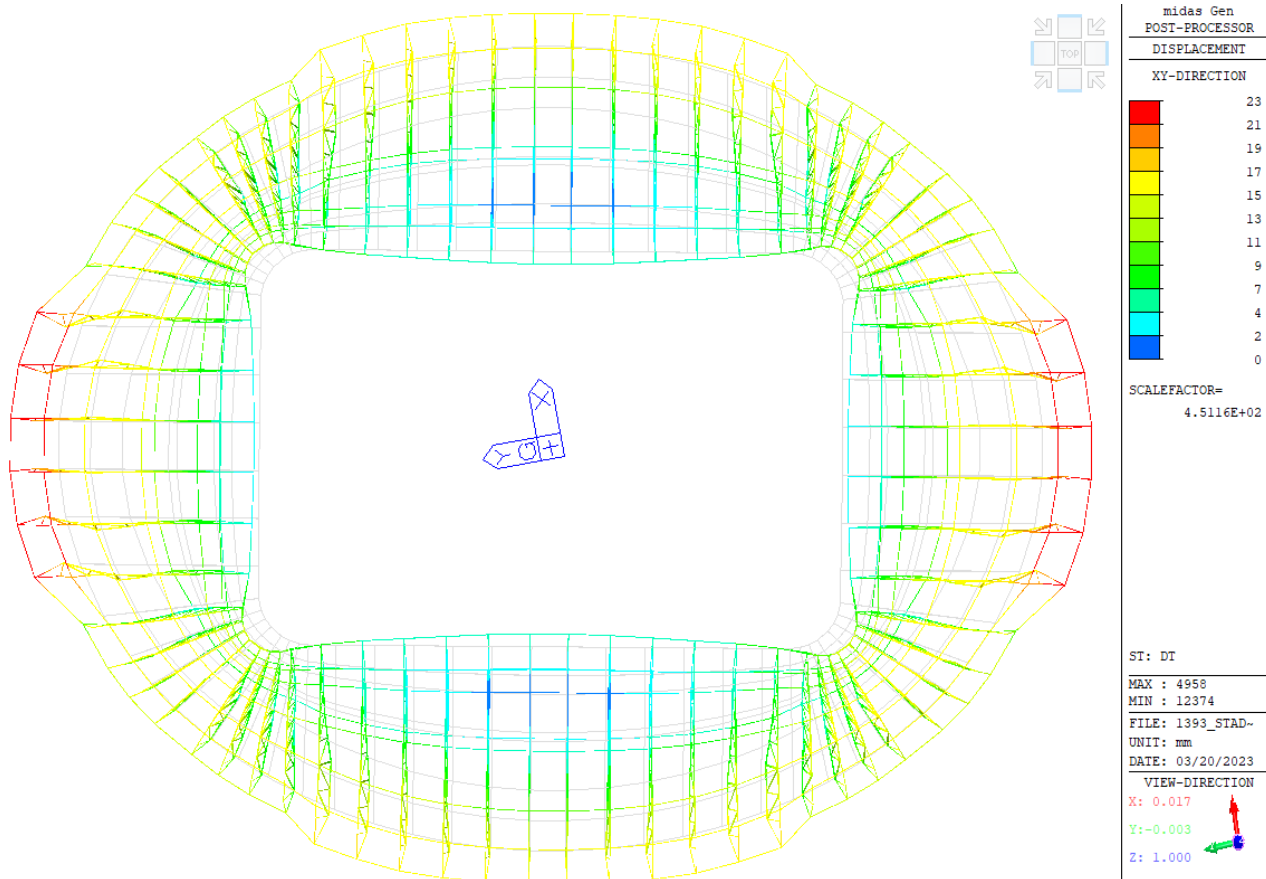
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

16.1.3.2 Dilatazioni termiche



I04

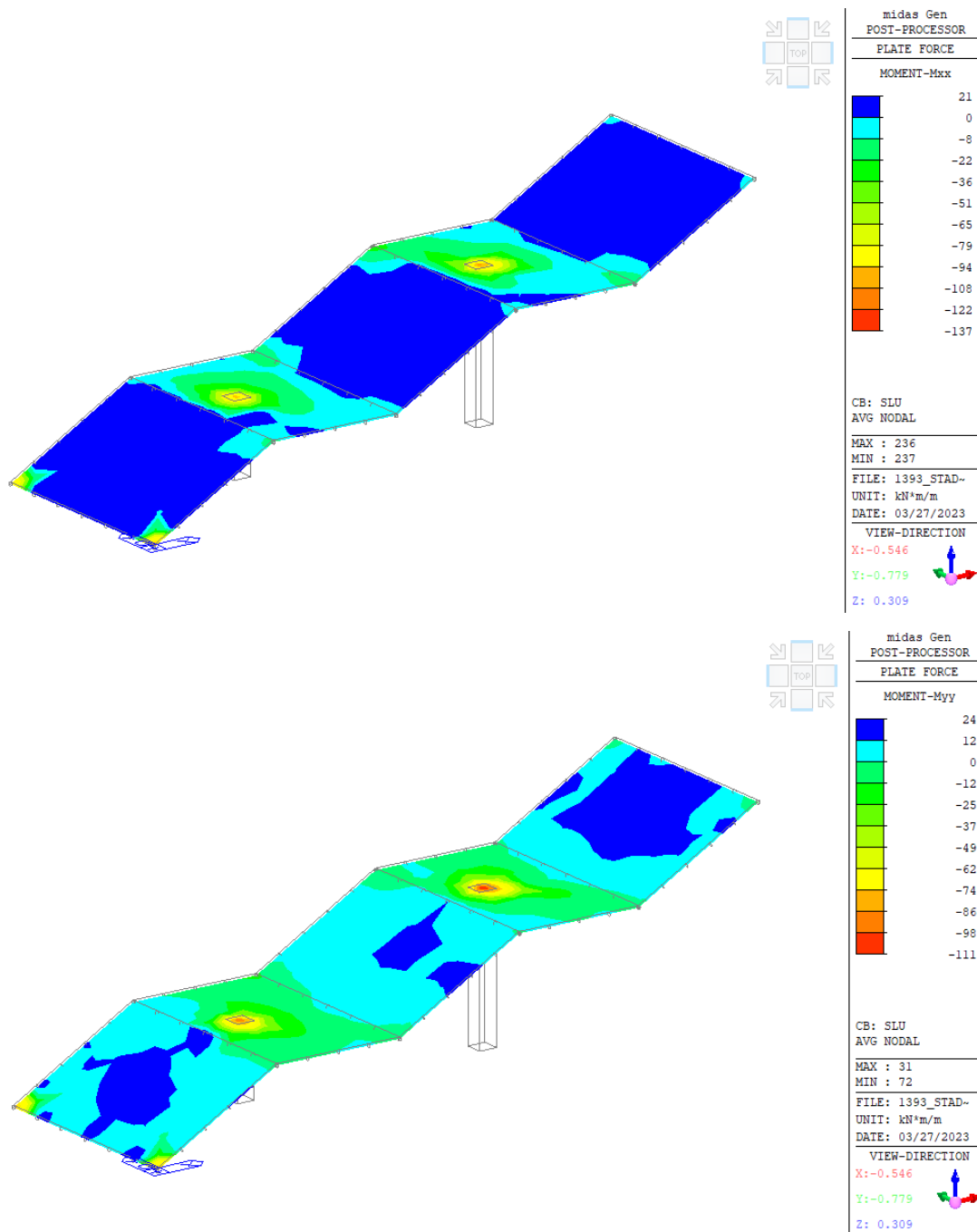
**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

17 SCALE ESTERNE

17.1 Sollecitazioni



104

BOSCO DELLO SPORT
STADIO

104-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

17.2 Verifica SLU

In direzione x è stata adottata un'armatura di base di $\phi 14$ passo 200 con un momento resistente di 60.4 kNm. E localmente un ulteriore infittimento di $\phi 14$ passo 200 con un momento resistente di 107.

TITOLO :

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N° strati barre 2 Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11,5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6933
 τ_{c1} 2,029

M_{xRd} 60,4 kNm

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 23,78 ‰
d 25 cm
x 3,208 x/d 0,1283
 δ 0,7

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.U. Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

o 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

TITOLO :

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N° strati barre 2 Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,31	5
2	11,31	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11,5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6933
 τ_{c1} 2,029

M_{xRd} 107,4 kNm

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 17,13 ‰
d 25 cm
x 4,241 x/d 0,1696
 δ 0,7

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.U. Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

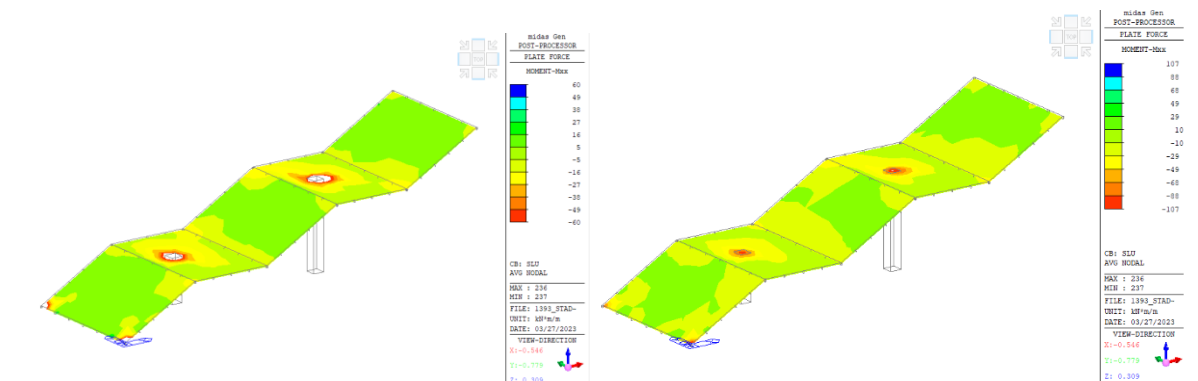
N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

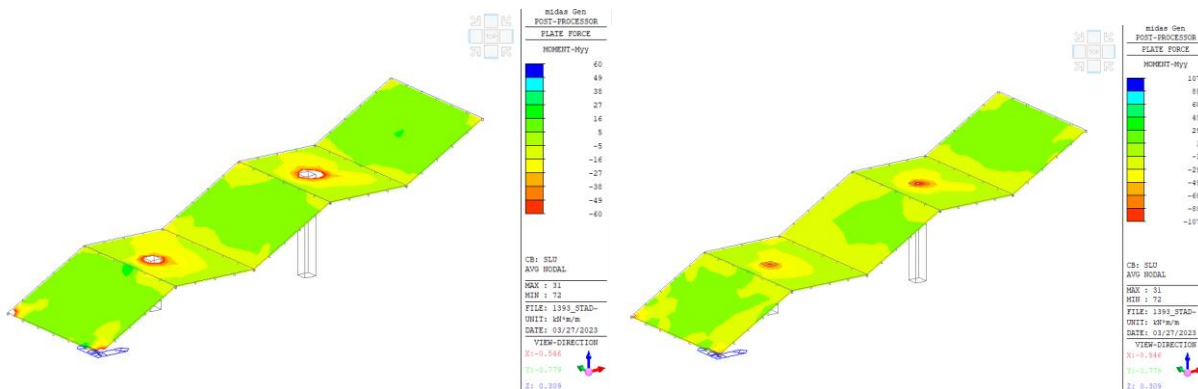
o 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso



Allo stesso modo in direzione y.



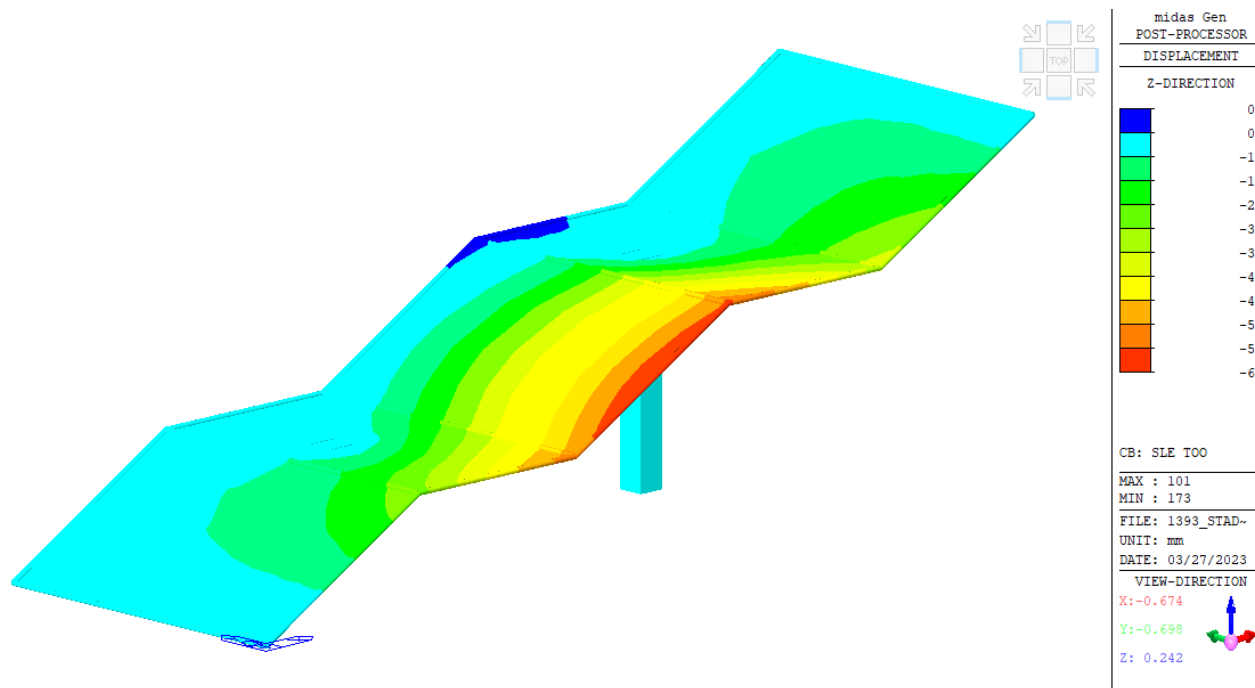
I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

17.3 Verifica SLE



Lo spostamento relativo in corrispondenza del pilastro rispetto allo spigolo esterno è $3 \text{ mm} < 3000 \times 2 / 250 = 24 \text{ mm}$.

18 SOLAI ALVEOLARI (ESCLUSO PODIUM)

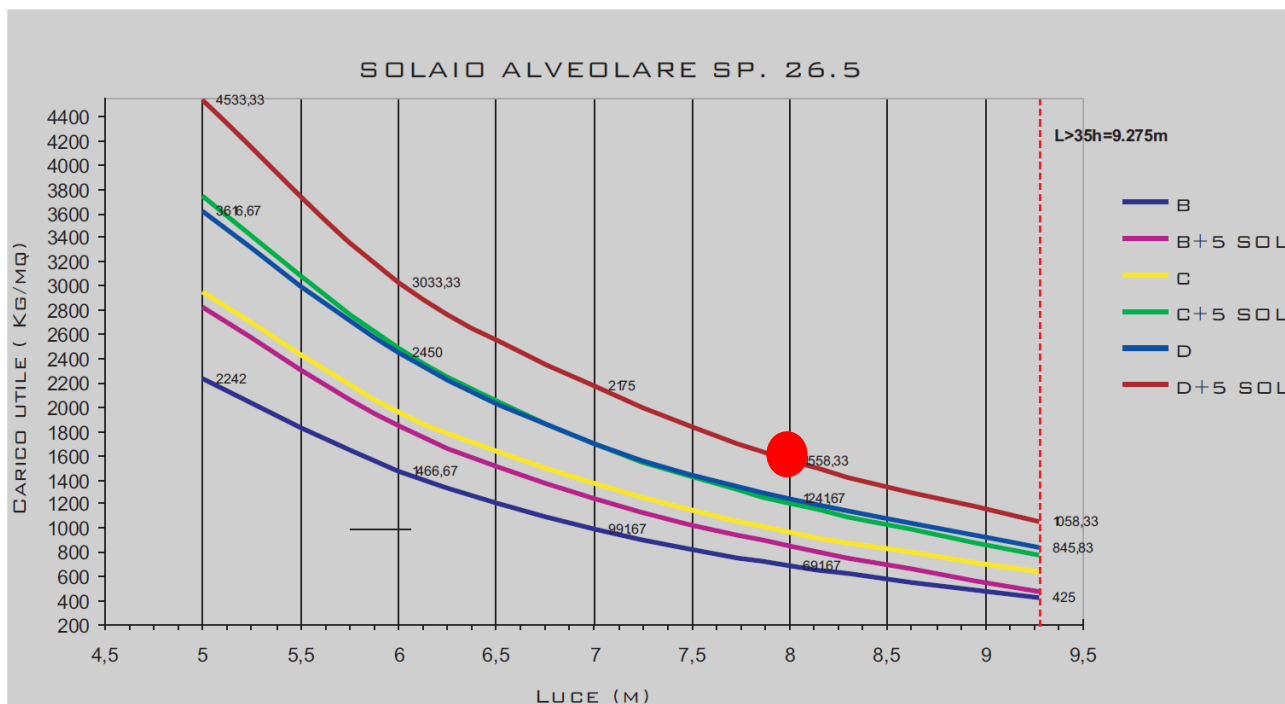
Trattasi di solai su luce $L=8\text{m}$ sottoposti a sovraccarico utile $q=10 \text{ kN/mq}$ (permanenti più accidentali).

A partire dalla tabella di portata di un comune prodotto disponibile in commercio si evince che la portata è soddisfatta:

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



Si evince:

$$q_{amm} / q_{ed} = 15.58 / 10 = 1.56 > 1 \Rightarrow \text{ok}$$

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

19 SOLAI ALVEOLARI DEL PODIUM

Trattasi di solai su luce minima $L_{\min}=6.15\text{m}$ e massima $L_{\min}=8.5\text{m}$ sottoposti a sovraccarico utile $q=10\text{ kN/mq}$ (permanenti più accidentali). C'è però da considerare pure il transito della camionetta dei vigili del fuoco pertanto si avrà $g_2=5\text{ kN/mq}$ di permanente più i carichi mobili.

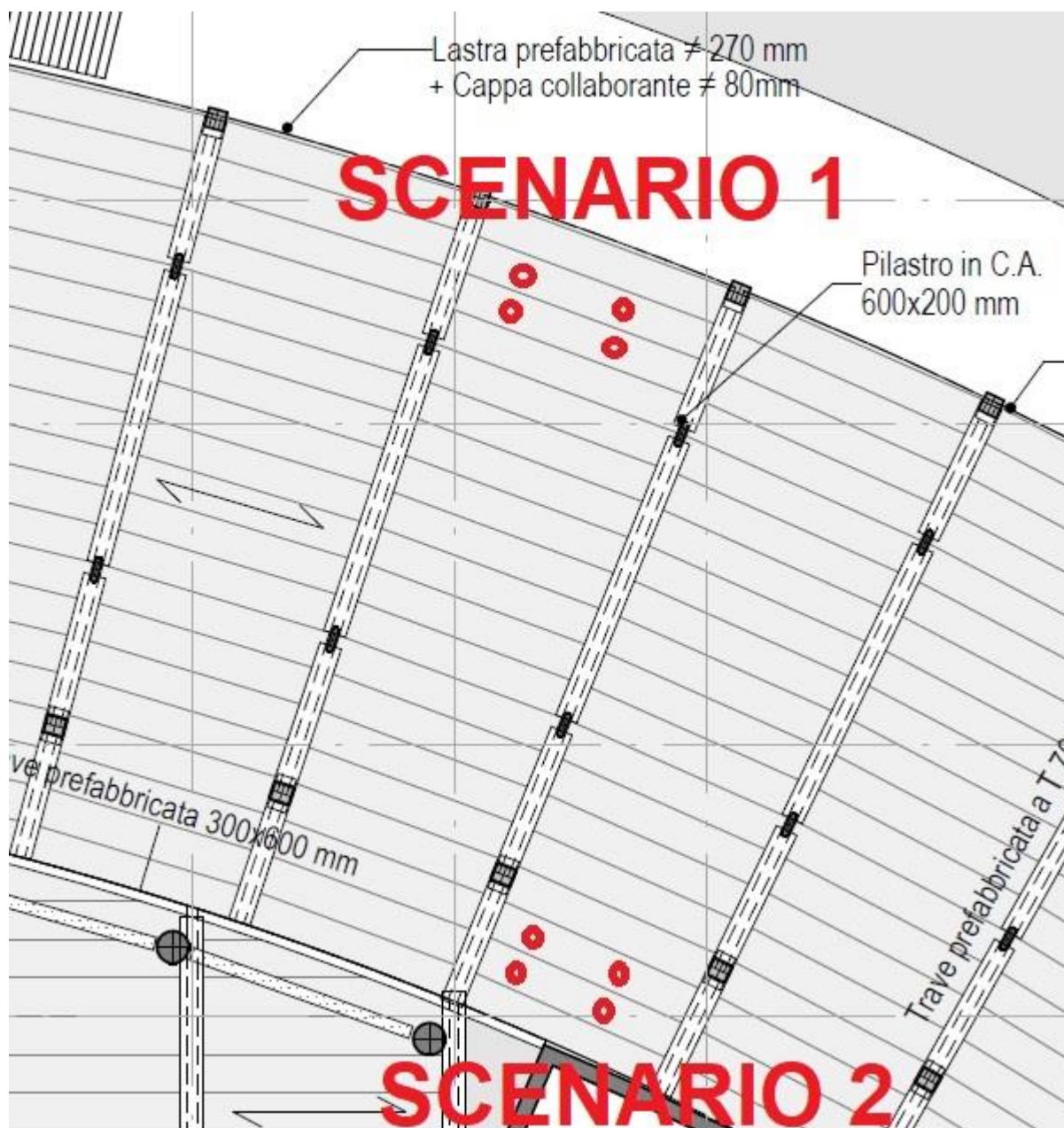
Sono da considerare i due seguenti scenari estremi di carico di camionetta:

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



Schema di statico considerato:

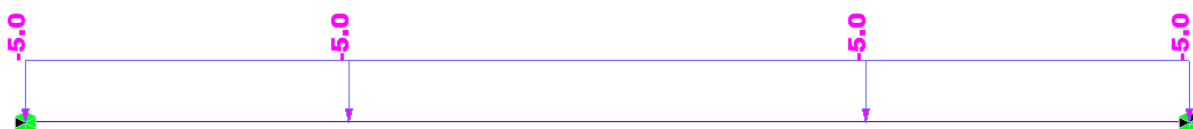


FIGURA 41 CARICO PERMANENTE G2

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



FIGURA 42 CARICO MOBILE IN MEZZERIA

Seguono i diagrammi di sollecitazione in caso di camionetta in mezzeria:

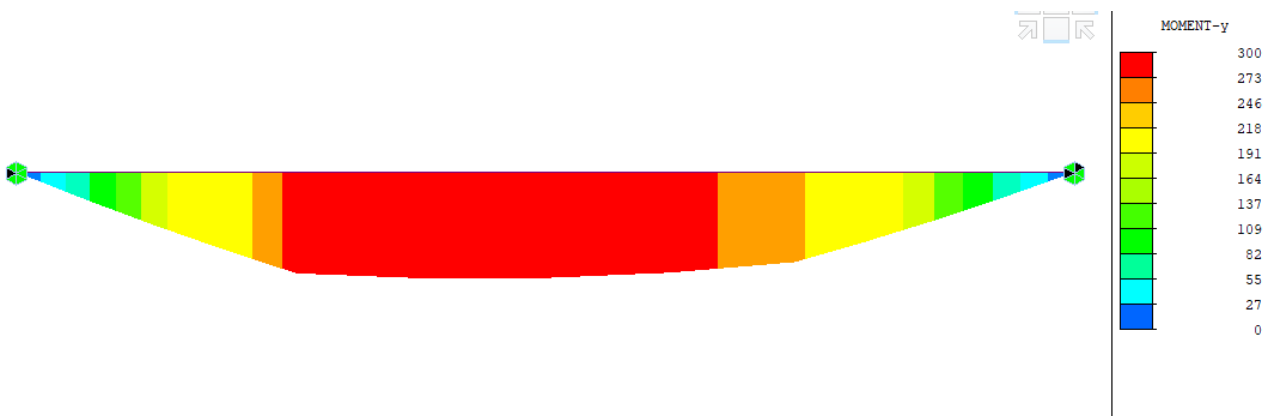


FIGURA 43 MOMENTO FLETTENTE CON CAMIONETTA IN MEZZERIA

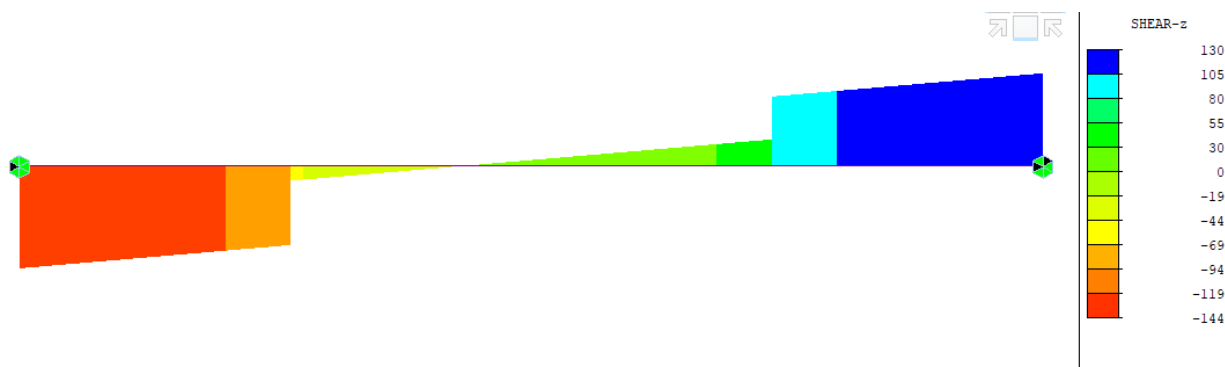


FIGURA 44 TAGLIO CON CAMIONETTA IN MEZZERIA

I carichi puntuali della camionetta possono essere rappresentati da un carico uniformemente distribuito di 12.5 kN/mq, che sommati ai sovraccarichi permanenti risulta:

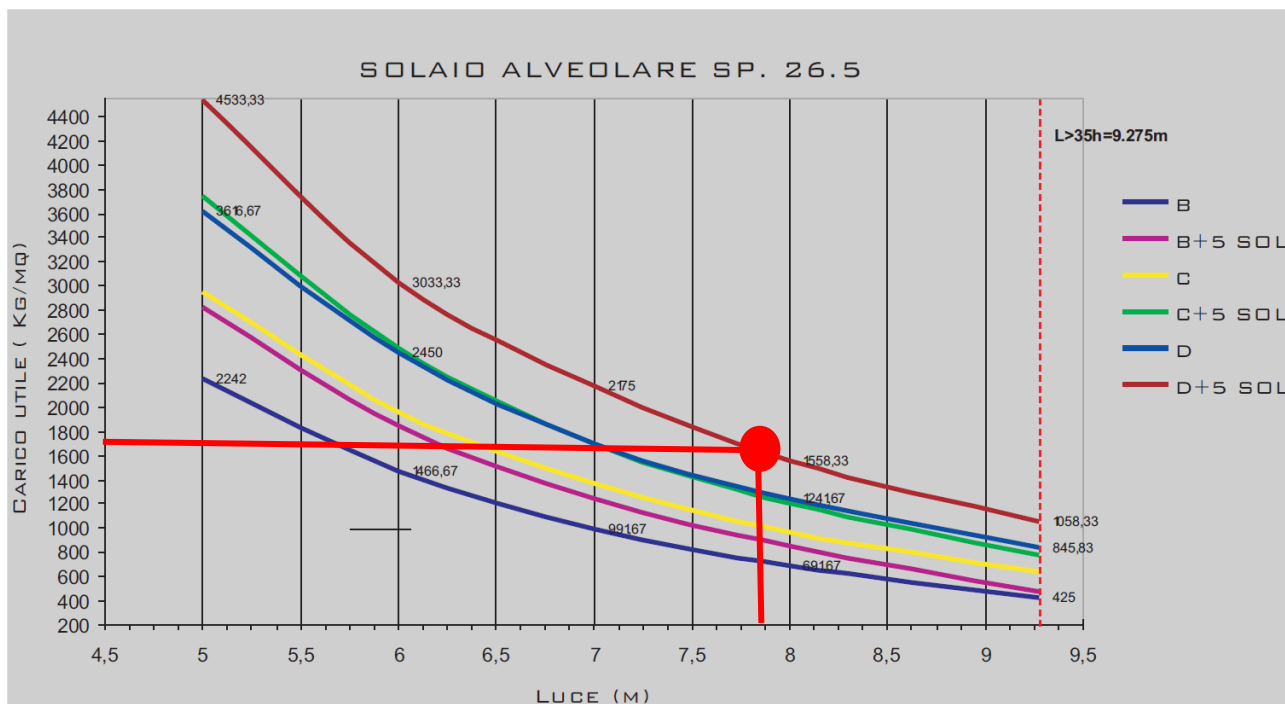
$$q_{ed, equivalente} = 17.5 \text{ kN/mq}$$

A partire dalla tabella di portata di un comune prodotto disponibile in commercio si evince che la portata è soddisfatta:

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



Si evince che con una lastra standard commerciale $h=270\text{mm}$ si arriva a circa 7.8m mentre per luci maggiori servono lastre alveolari "speciali" che potrebbero essere sempre da 270mm ma con maggiore precompressione oppure lastre leggermente più alte, in base alle tecnologie del prefabbricatore. Segue un estratto della porzione di podium dove sono localizzate le laste speciali:

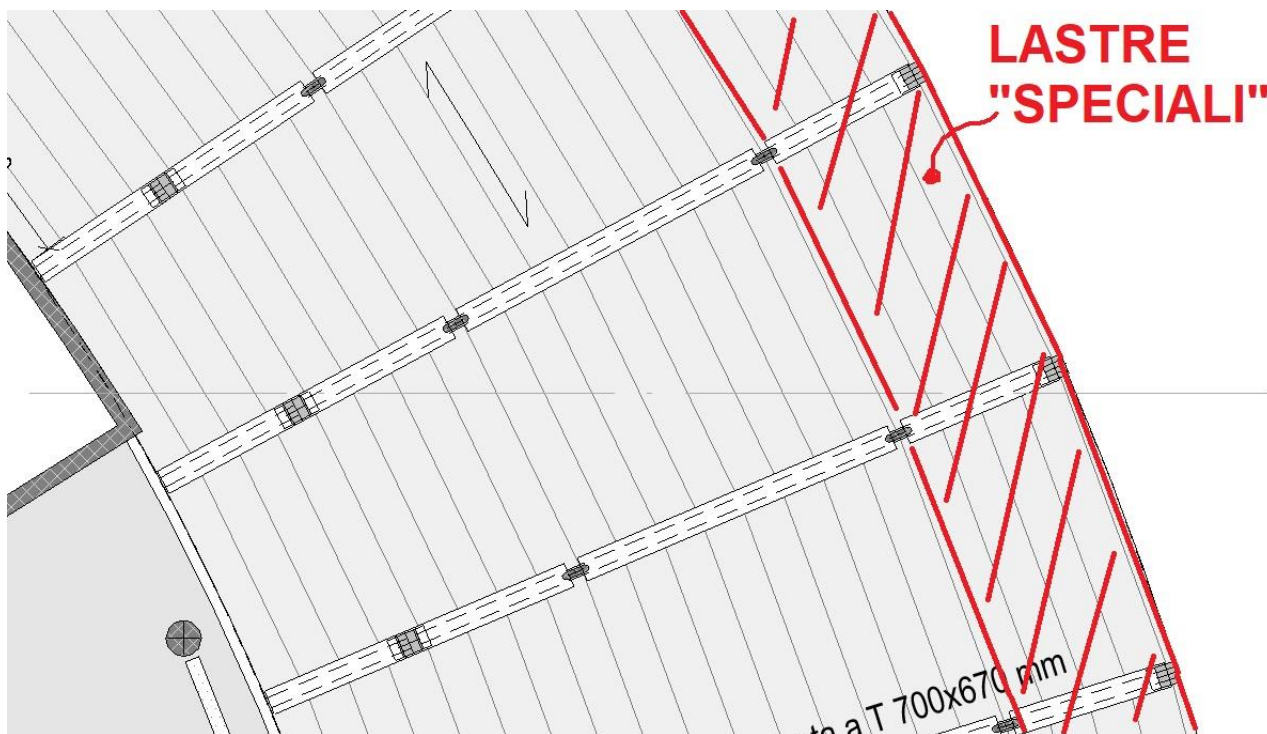


FIGURA 45 PORZIONE DI SOLAIO DI PODIUM CON LASTRE ALVEOLARI "SPECIALI" AD ELEVATA PORTATA

I04

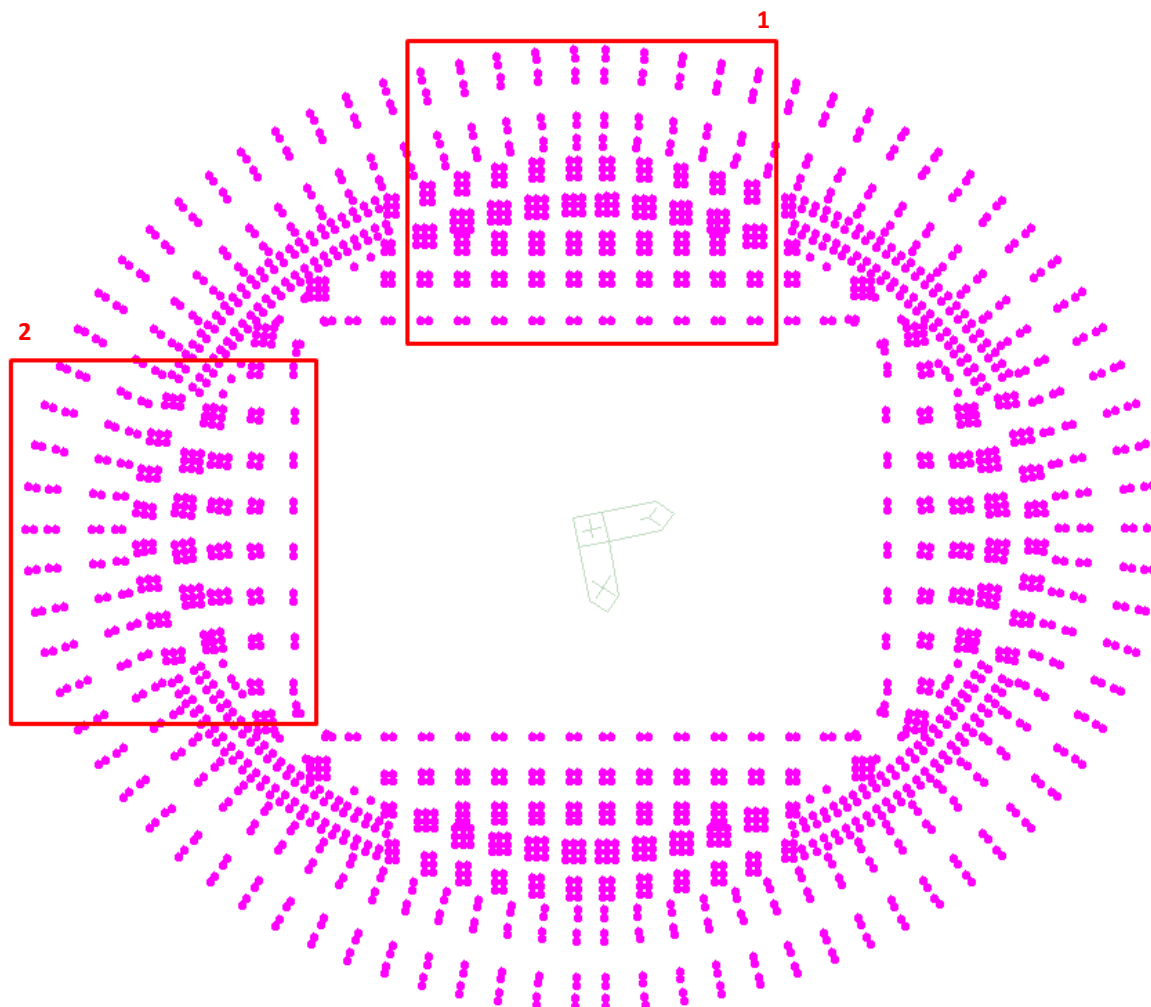
**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

20 SOLLECITAZIONI DEI PALI DI FONDAZIONE

Sono stati simulati tutti i pali di fondazione considerando una molla di 40000 kN/m nelle direzioni X-Y e di 400000 kN/m nella direzione Z. Si riportano i valori puntuali riferiti all'immagine di seguito.

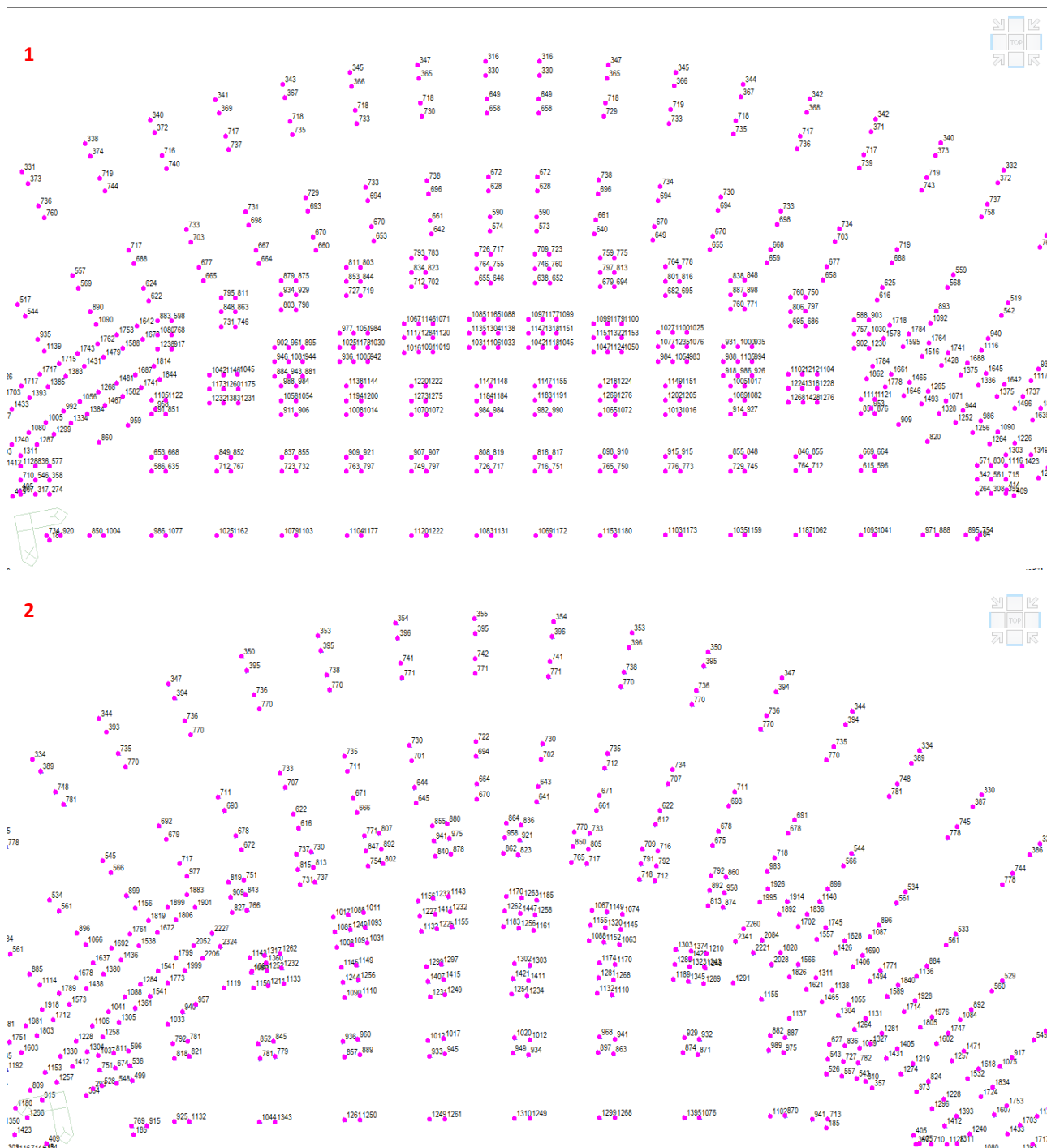


104

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE



Si riporta la tabella nell'allegato I04-PFTE-S-001-C all1.

I04

**BOSCO DELLO SPORT
STADIO**

I04-PFTE-S-001-D

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

21 CONCLUSIONI

Il progetto delle strutture affronta le prestazioni attese, i materiali, i carichi e le verifiche di prefattibilità.

La posizione dei pilastri, e dei pali sottostanti, piano terra zona parcheggi dovrà essere opportunamente adeguata in fase di redazione di progetto definitivo-esecutivo per rendere congruente lo spazio per aree di sosta, manovra, parcheggio, accesso camion, pullman ecc. Le dimensioni delle relative travi portate, pilastri e solai dovranno essere adeguatamente dimensionate in relazione alle luci effettive, come indicate nel progetto architettonico

Il solaio del podium al livello 1 deve essere carrabile alla camionetta dei vigili del fuoco, pertanto, il progetto contempla carico mobile su due assi, uno da 8t ed uno da 12t.

La resistenza al fuoco delle strutture dovrà essere commisurata ai livelli di prestazione previsti dal progetto di prevenzione incendi, pertanto, i copriferrì degli elementi strutturali di calcestruzzo dovranno essere opportunamente definiti. Le carpenterie di copertura sono opere all'aperto pertanto sarà da valutare accuratamente il grado di resistenza all'incendio.

Lo stadio sarà costruito in prossimità della costa pertanto tale collocazione dovrà essere tenuta in considerazione nella determinazione del mix design del calcestruzzo e nel ciclo di protezione delle carpenterie della copertura.

Il tabulato dei calcoli è presente nell'*allegato I04-PFTE-S-001-C_all2*.