

Committente	COMUNE DI PADOVA SETTORE LAVORI PUBBLICI SERVIZIO IMPIANTI SPORTIVI
Progetto Esecutivo	ARCOSTRUTTURA DI VIA LUISARI: ADEGUAMENTO ENERGETICO E NUOVI SPOGLIATOI
Rif. Comune di Padova	LLPP EDP 2020/092
RUP	Arch. STEFANO BENVEGNU'
Nome file	APPR_23_ST.R01
Oggetto Elaborato	RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE, RELAZIONE GEOTECNICA, RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA
Sigla elaborato	ST.R01
Data	SETTEMBRE 2022

# 1. INDICE

<b>1. INDICE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PREMESSE E DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>4</b>
2.1 PREMESSE .....	4
2.2 INTERVENTI SU ARCOSTRUTTURA .....	4
2.2 SPOGLIATOI E MAGAZZINO .....	5
2.3 ASPETTI SISMICI .....	6
2.4 ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI .....	6
<b>3. CRITERI DI CALCOLO E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. MATERIALI .....</b>	<b>8</b>
4.1. CALCESTRUZZO C25/30 PER FONDAZIONI .....	8
4.2. CALCESTRUZZO C28/35 PER PILASTRI, TRAVI, CORDOLI .....	8
4.3 ACCIAIO DA C.A. B450C .....	8
4.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA S275 .....	8
4.5 LEGNO LAMELLARE CLASSE GL 24C SECONDO UNI EN 1194:2000 .....	8
<b>5. PRINCIPALI AZIONI SULLE NUOVE STRUTTURE .....</b>	<b>9</b>
5.1 PREMESSE .....	9
5.2 AZIONI SULLE COSTRUZIONI .....	9
5.3 COMBINAZIONE DELLE AZIONI .....	10
5.3.1 GENERALITA' .....	11
<b>6. ARCOSTRUTTURA .....</b>	<b>12</b>
6.1 COMBINAZIONI DI CARICO CONSIDERATE .....	12
6.2 MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	13
6.3 DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA .....	14
6.3.1 GENERALITA' .....	14
6.3.2 RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE .....	16
6.3.3 RIEPILOGO DEI MATERIALI UTILIZZATI NEL MODELLO STRUTTURALE .....	16
6.3.4 CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE .....	16
6.3.5 MASSA ECCITATA QUOTA > 0.00 .....	17
<b>7. RISULTATI DELL'ANALISI ALLO SLU DEGLI ARCHI .....</b>	<b>19</b>
<b>8. VERIFICA SINTETICA DEGLI ELEMENTI IN LEGNO LAMELLARE .....</b>	<b>21</b>
8.1 VERIFICA ARCARECCIO NUOVO PER POSA COPERTURA SANDWICH .....	21
8.2 VERIFICA ARCO .....	23
8.3 VERIFICA CONTROVENTI .....	26
<b>9. VERIFICA FONDAZIONI IN C.A. ....</b>	<b>27</b>
9.1 FONDAZIONI DIRETTE .....	27
<b>10. DEFORMAZIONI .....</b>	<b>27</b>
10.1 COMBINAZIONE RARA .....	28
<b>11 SPOGLIATOI, MAGAZZINO E CETRALE TERMICA .....</b>	<b>28</b>
11.1 COMBINAZIONI DI CARICO .....	29
11.2 CORPO SPOGLIATOI .....	29
11.2.1 LISTA MATERIALI UTILIZZATI .....	30
11.2.2 RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE .....	30
11.2.3 CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE .....	30
11.2.4 CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI .....	30
11.2.5 COMBINAZIONI DI CARICO .....	30
11.2.6 TABELLA MASSE ECCITATE .....	31
11.2.7 RISULTATI ELEMENTI IN C.A. IN ELEVAZIONE .....	33

11.2.8	IMPALCATO DI COPERTURA.....	36
11.2.9	RISULTATI FONDAZIONI C.A. - PLATEA SP. 30 CM.....	41
11.3	CORPO MAGAZZINO E CENTRALE TERMICA .....	44
11.3.1	LISTA MATERIALI UTILIZZATI.....	44
11.3.2	CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE .....	44
11.3.3	CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI .....	45
11.3.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	45
11.3.5	IMPALCATO DI COPERTURA.....	45
11.3.6	RISULTATI FONDAZIONI C.A. - PLATEA SP. 30 CM.....	48

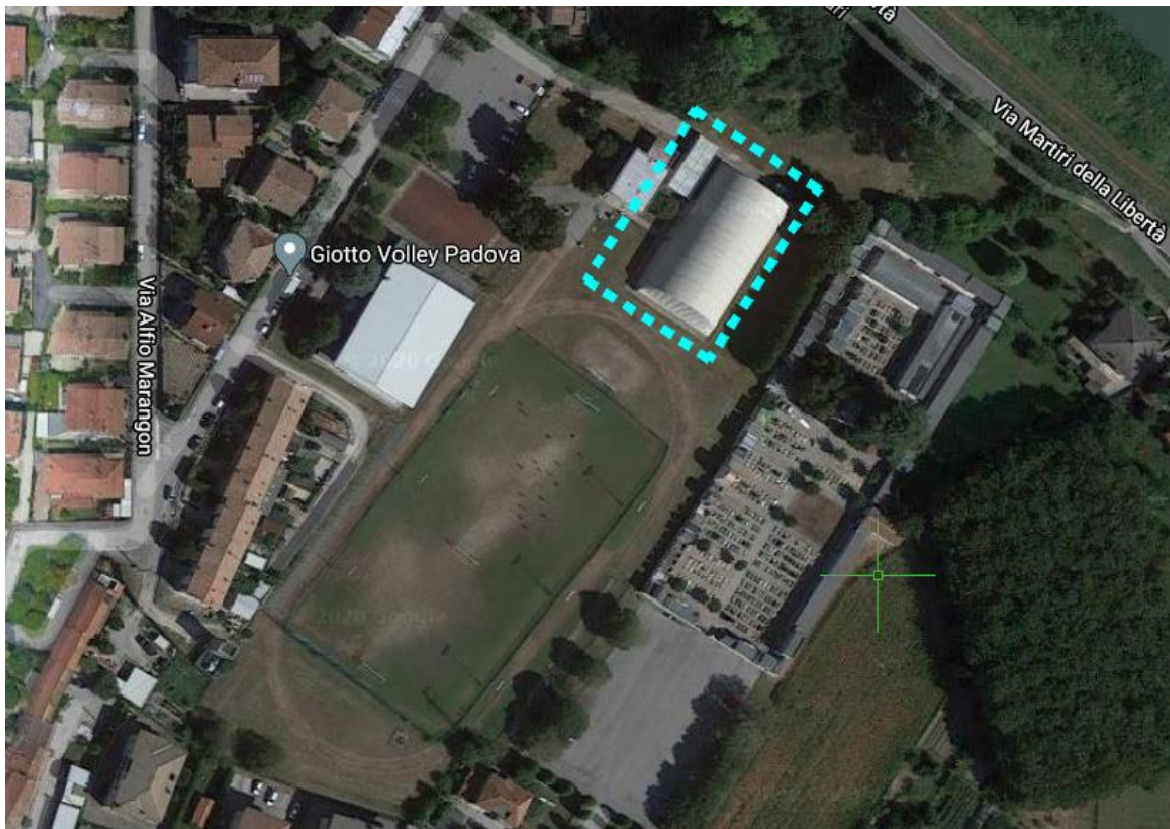
## **ALLEGATO 1: INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO ..... 51**

CODICE DI CALCOLO ADOTTATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI.....	51
------------------------------------------------------------------------	----

## **2. PREMESSE E DESCRIZIONE DELLE OPERE**

### **2.1 PREMESSE**

La relazione riporta i criteri generali seguiti nella progettazione esecutiva delle strutture nell'ambito dell' "ADEGUAMENTO ENERGETICO ARCOSTRUTTURE di Via LUISARI", situata a Padova in via Luisari in località Ponte di Brenta (PD). La progettazione comprende anche la realizzazione di un nuovo corpo spogliatoi e di un corpo adibito a magazzino e centrale termica



***Stato di fatto***

### **2.2 INTERVENTI SU ARCOSTRUTTURA**

L'arco struttura progettata e realizzata nel 2007 si trova in buono stato di conservazione e viene perciò trattata come se fosse nuova. Copre un'area di forma rettangolare posata su un anello rettangolare di fondazione in cls con lati di lunghezza rispettivamente 41,60 e 22,20 m.

E' costituita da otto portali ad "arco a tre cerniere (cerniere agli appoggi degli archi e in sommità)", di luce netta in asse alla fondazione pari a 21,40 metri ed altezza al colmo di circa 11,10 m. Gli archi sono posti ad interasse 5,30 metri, con sezione variabile in altezza e pari a 12 cm in larghezza. Ciascun arco, con estradosso ad unico raggio di curvatura pari a 11,84 m, è costituito da due pezzi, semiarchi con giunzione metallica a cerniera bullonata nel legno.

Sugli archi, opportunamente controventati da un'orditura di arcarecci (sezione 14x16.5 cm) anch'essi di legno e tiranti in tondo di acciaio di diametro  $\phi 20$  mm, è posato il telo in PVC di chiusura.

Le fondazioni in c.a. sono del tipo "a trave continua" con sezioni rettangolari pari a 80x50 cm sui lati principali, 50x50 cm sui lati minori.

Le principali opere hanno lo scopo di ridurre sensibilmente il consumo energetico per il riscaldamento del volume coperto sostituendo le membrane in pvc con:

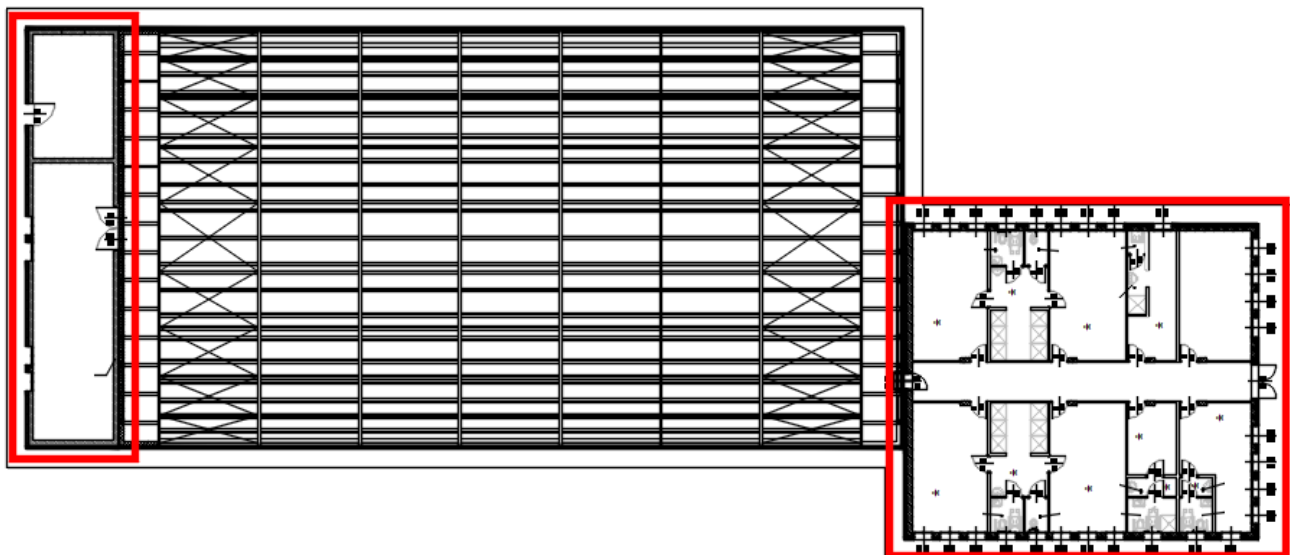
- Pannello/pacchetto sandwich calandrato isolante e fonoassorbente per il tamponamento della copertura;
- Tamponamento perimetrale dalla fondazione alla quota della trave di banchina esistente, con pannello sandwich di adeguato spessore;
- Tamponamento delle testate con struttura in legno a sostegno di tamponamento in pannello sandwich e in polycarbonato alveolare.

Dal punto di vista prettamente strutturale si prevede perciò:

1. Rimozione telo esistente
2. Fornitura e posa in opera di nuovi arcarecci a filo superiore archi per posizionamento nuovo manto di copertura coibentante
3. Tamponamento lati lunghi con pannello sandwich
4. Fornitura e posa di montanti e traversi per baraccatura di testata
5. Fornitura e posa di copertura calandrata

Le opere saranno completate da tamponamento delle testate con fissaggio di pannelli sandwich e lastre in polycarbonato e da tutte le finiture non strutturali (gronde, pluviali, scossaline ecc.).

## **2.2 SPOGLIATOI E MAGAZZINO**




I due nuovi corpi di fabbrica ad un piano fuori terra sono aderenti alla palestra esistente, ma strutturalmente indipendenti. Sono previsti in muratura portante (con alcuni pilastri in c.a. disposti lungo le tramezzature interne del corridoio degli spogliatoi con funzione di resistenza ai carichi verticali), con muratura in mattoni semipieni (foratura <45%) di spessore 25 cm, impostata su fondazione di tipo superficiale a platea di spessore 30 cm. Il solaio di copertura trova appoggio sulle murature opportunamente dotate di cordolo in c.a. e sulle travi centrali impostate sui pilastri. Il solaio è previsto in laterocemento di spessore 24+6 cm per totali 30 cm.

## 2.3 ASPETTI SISMICI

La progettazione della struttura risalente all'anno 2005 non si tenne conto delle azioni sismiche. Le verifiche di seguito riportate includeranno nella combinazioni di carico specifiche anche tali azioni.

In merito agli aspetti sismici sottolineiamo che Il Comune di Padova è classificato sismico in zona 4 secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003. Dalla data 01 luglio 2009 sono entrate in vigore le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 e le successive modifiche in vigore dal 2018 che forniscono puntualmente nel territorio nazionale i valori dei parametri sismici necessari all'individuazione degli spettri di risposta corrispondenti ai diversi stati limite da considerare nel dimensionamento e verifica delle strutture. Di seguito si riportano i valori dei parametri sismici per il sito dell'edificio in oggetto per il quale si è in classe d'uso III .



Via Gino Luisari, 49, 35129 Padova PD, Italia

CERCA

VITA NOMINALE: 50 (anni)

CLASSE DI UTILIZZO: Classe II

VITA DI RIFERIMENTO: 50

SPETTRO: SLV 10%

PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DELLA VITA DI RIFERIMENTO: 10 %

PERIODO DI RITORNO: 475 (anni)

LATITUDINE: 45.42509

LONGITUDINE: 11.95230

**RISULTATI:**

AG/G:	F0:	TC:
0.0841	2.63	0.34

### *Sismicità del luogo di intervento*

## 2.4 ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

Si rimandano le indagini sul terreno ai fini della capacità portante dello stesso alle eventuali fasi precedenti l'affidamento dei lavori, qualora il finanziamento richiesto andasse a buon fine.

Tuttavia si può osservare, come evidenziato nel seguito della relazione, che le massime pressioni sul terreno per combinazioni di carico SLU si attestano per spogliatoio, magazzino e centrale termica su valori intorno a 0,50 kg/cmq; il valore di per sé basso è sensibilmente inferiore alla pressione alla base delle fondazioni dell'arcostruttura esistente, struttura che non presenta alcuna problematica relativa alle fondazioni.

### **3. CRITERI DI CALCOLO E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

In generale ai fini della sicurezza saranno adottati i criteri contemplati dal metodo agli STATI LIMITE. La valutazione dei valori massimi e minimi dei parametri di sollecitazione è stata eseguita considerando le combinazioni più sfavorevoli delle singole azioni.

Si è fatto riferimento in generale per quanto possibile alla normativa italiana e alle norme ed istruzioni elencate nel seguito.

<b>D.M. LL.PP 14.01.2008</b>	Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>D.M. LL.PP 17.01.2018</b>	Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
<b>CIRCOLARE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI</b>	Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. LL.PP del 14.01.2008.
<b>O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006</b>	Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
<b>D.G.R.V. n. 71 del 22.01.2008</b>	Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"- Direttive per l'applicazione. Adozione del provvedimento n° 96/CR del 7 agosto 2006
<b>UNI EN 1995-1-1: EUROCODICE 5</b>	Progettazione delle strutture in legno

## 4. MATERIALI

### 4.1. CALCESTRUZZO C25/30 PER FONDAZIONI

Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} R_{ck} \times 0.83 / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa} = 144 \text{ kg/cm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ MPa} = 12.2 \text{ kg/cm}^2$ $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.55

### 4.2. CALCESTRUZZO C28/35 PER PILASTRI, TRAVI, CORDOLI

Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} R_{ck} \times 0.83 / \gamma_c = 16.46 \text{ MPa} = 168 \text{ kg/cm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ MPa} = 13.5 \text{ kg/cm}^2$ $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$
Classe di esposizione:	XC3
Rapporto acqua/cemento max:	0.55

### 4.3 ACCIAIO DA C.A. B450C

Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ MPa} = 3835 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_s = 1.15$
Modulo di elasticità	$E_s = 200000 \text{ MPa} = 1960000 \text{ kg/cm}^2$

### 4.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA S275

Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 275 / 1.05 \text{ MPa} = 2566 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di elasticità	$E_s = 210000 \text{ MPa} = 2058210 \text{ kg/cm}^2$

### 4.5 LEGNO LAMELLARE CLASSE GL 24C SECONDO UNI EN 1194:2000

Resistenza a flessione	$f_{m,g,k}$	24,0	[MPa]	235.2	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza a trazione	$f_{t,0,g,k}$	14,0	[MPa]	137.2	[kg/cm <sup>2</sup> ]
	$f_{t,90,g,k}$	0,35	[MPa]	3.4	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza a compressione	$f_{c,0,g,k}$	21,0	[MPa]	205.8	[kg/cm <sup>2</sup> ]
	$f_{c,90,g,k}$	2,40	[MPa]	23.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza a taglio	$f_{v,g,k}$	2,20	[MPa]	21.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di elasticità	$E_{0,g,mean}$	11600	[MPa]	113680	[kg/cm <sup>2</sup> ]
	$E_{0,g,05}$	9400	[MPa]	92120	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G_{g,mean}$	590	[MPa]	5782	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Massa volumica	$\rho_{g,k}$	350	[kg/m <sup>3</sup> ]	350	[kg/m <sup>3</sup> ]

## 5. PRINCIPALI AZIONI SULLE NUOVE STRUTTURE

### 5.1 PREMESSE

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

Ai sensi del par. 2.4.1 delle D.M. 14.01.2008 si prevede una vita nominale dell'opera  $V_n$  pari 50 anni.

Si è adottato per l'edificio la classe d'uso III a cui corrisponde un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a:  $V_r = V_n \cdot C_u = 712$  anni.

La categoria di sottosuolo adottata è la C.

### 5.2 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

#### **G1** *Permanenti (peso proprio)*

Calcestruzzo	2500	kg/mc
Strutture legno lamellare	500	kg/mc
Muratura esterna con faccia a vista e cordolo	1260	kg/m
Muratura testate, cordolo e tamponamento superiore	1600	kg/m

#### **G2** *Permanenti (elementi non strutturali)*

Permanenti copertura	40	kg/mq
----------------------	----	-------

#### **Q** *Variabili*

➤ <b>Variabile Neve:</b>	82	kg/mq
--------------------------	----	-------

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

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

Provincia : Padova  
Zona : IIIm  
Altitudine : 300 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo :  $q_{sk} = 102 \text{ kg/m}^2$

Coefficiente di esposizione  $C_E : 1$  (Normale)

Coefficiente termico  $C_t : 1$

Tipo di copertura: ad una falda ( $\alpha_{\max} = 22^\circ$ )

Carico da neve :

$q_s(\mu_1(\alpha)) = 81.6 \text{ kg/m}^2$  [  $\mu_1(\alpha) = 0.8$  ]

$q_s(\mu_1=0.8) = 81.6 \text{ kg/m}^2$

La neve prevede due casi di carico per coperture cilindriche (circolare 02.02.2009 n.617 – paragrafo C3.4.5.5) che di seguito nella modellazione sono indicate come neve simmetrica ( $\mu=0,80$ ), neve asimmetrica ( $\mu=0,0-2,00$ ).

➤ **Azione Sismica:**

Localita'	Padova (PD)
ag/g	0.084
Fo	2.63
Tc	0.34

Categoria del sottosuolo: C

➤ **Azione del vento**

Provincia: Padova, Zona: 1  
Altitudine: 0 m s.l.m  
Tempo di ritorno  $T_r$ : 50 anni;  
Velocità di riferimento  $v_b(T_r)$ : 25 m/s  
Pressione cinetica di riferimento  $q_b$ : 39.86 Kg/m<sup>2</sup>  
Altezza della costruzione  $z$ : 11 m ( $z_{\min}$ : 5m)  
Distanza dalla costa: Terra, oltre i 40 km dalla costa, sotto i 500 m  
Classe di rugosità del terreno: C  
Categoria di esposizione del sito: III  
Coefficiente topografico  $c_t$ : 1  
Coefficiente dinamico  $c_d$ : 1  
Coefficiente di esposizione  $c_e(z)$ :  
 $c_e(z_{\min} = 5\text{m})$ : 1.71  
 $c_e(z = 6\text{m})$ : 2.20

Il vento è applicato alternativamente da sinistra, da destra o in testata (considerata la asimmetria di un caso di carico neve).

### **5.3 COMBINAZIONE DELLE AZIONI**

### 5.3.1 GENERALITA'

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

Per le combinazioni delle azioni ai sensi del par. 2.5.3 per gli stati ultimi strutturali si adotta l'approccio progettuale tipo APPROCCIO 2 COLONNA A1 STR. Ne risultano i seguenti coefficienti parziali per le azioni o effetto delle azioni agli SLU:

		Coefficiente $\gamma_f$	A1 STR
CARICHI PERMANENTI G1	Favorevoli Sfavorevoli	$\gamma_{G1}$	1.0 1.3
CARICHI PERMANENTI G2 (definiti - indefiniti)	Favorevoli Sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0.0 1.3 - 1.5
CARICHI VARIABILI Q	Favorevoli Sfavorevoli	$\gamma_Q$	0.0 1.5

Le combinazioni considerate sono:

SLU	$\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_Q Q1 + \gamma_Q \psi_{02} Q2$	$\psi_{02} = 0.7$ per classi C $\psi_{02} = 0.5$ per neve $\psi_{02} = 0.6$ per vento
SLE RARA	$G1 + G2 + \psi_{02} Q$ con	$\psi_{02} = 0.7$ per classi C $\psi_{02} = 0.5$ per neve $\psi_{02} = 0.6$ per vento
SLE FREQUENTE	$G1 + G2 + \psi_{11} Q$ con	$\psi_{11} = 0.7$ per classi C $\psi_{11} = 0.2$ per neve $\psi_{11} = 0.2$ per vento
SLE QUASI PERM.	$G1 + G2 + \psi_{21} Q$ con	$\psi_{21} = 0.6$ per classi C $\psi_{21} = 0.0$ per neve $\psi_{21} = 0.0$ per vento
COMBINAZIONE SISMICA E	$E + G1 + G2 + \psi_{21} Q$ con	$\psi_{21} = 0.6$ per classi C $\psi_{21} = 0.0$ per neve $\psi_{21} = 0.0$ per vento

## 6. ARCOSTRUTTURA

### 6.1 COMBINAZIONI DI CARICO CONSIDERATE

Sulla base delle seguenti condizioni di carico:

1. Peso proprio + permanenti portati
2. Neve – situazione simmetrica
3. Vento da Sx (vento trasversale)
4. Vento da direzione Dx (vento trasversale)
5. Neve – situazione asimmetrica
6. Vento in direzione Y (sulle testate)

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
2	neve sim+ventosx	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.300
			Nessuna	Condizione 2	1.500
			Nessuna	Condizione 3	0.900
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
7	neve asim+ventosx	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.300
			Nessuna	Condizione 3	0.900
			Nessuna	Condizione 5	1.500
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
8	neve asim+ventodx	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.300
			Nessuna	Condizione 4	0.900
			Nessuna	Condizione 5	1.500
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
9	ventosx+neveasim	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.300
			Nessuna	Condizione 3	1.500
			Nessuna	Condizione 5	0.750
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
10	ventodx+neveasim	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.000
			Nessuna	Condizione 4	1.500
			Nessuna	Condizione 5	0.750
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
11	nevesim+ventotest	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.300
			Nessuna	Condizione 2	1.500
			Nessuna	Condizione 6	0.900
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
12	ventotest+nevesim	Azione sismica: Sisma assente	Nessuna	Condizione 1	1.300
			Nessuna	Condizione 2	0.750
			Nessuna	Condizione 6	1.500
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara 1	Tipologia: Rara	Nessuna	Condizione 1	1.000
			Nessuna	Condizione 2	1.000
			Nessuna	Condizione 3	0.600
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
4	Rara 2	Tipologia: Rara	Nessuna	Condizione 1	1.000
			Nessuna	Condizione 2	0.500
			Nessuna	Condizione 3	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

## **6.2 MODELLAZIONE STRUTTURALE**

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata adeguatamente valutata, interpretata e trasferita nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliante dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

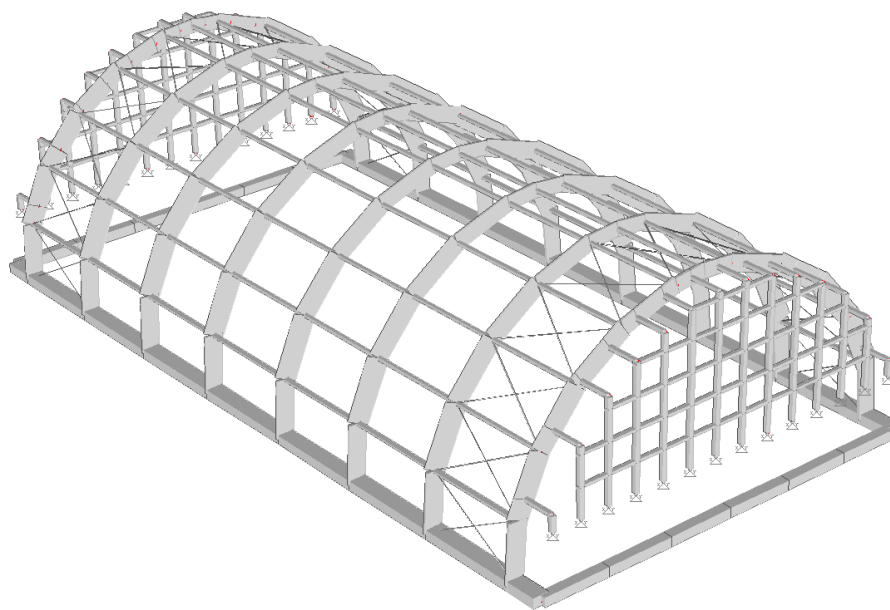
E' stata impiegata un'analisi dinamica modale in campo lineare con adozione di spettro di risposta conforme alla normativa vigente. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite ultimo e di esercizio.

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stata utilizzata un'analisi lineare nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo degli stati limite.

Si ritiene che il programma di calcolo utilizzato (MasterSap) sia idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e che gli elementi finiti disponibili e utilizzati siano rappresentativi della realtà costruttiva. Tramite le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, si è verificata la riproduzione della realtà costruttiva ed accertata la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello è stato generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, connessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione. E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla mia personale esperienza.

Nel seguito si riporta immagine della modellazione ad elementi finiti.



## **6.3 DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA**

### **6.3.1 GENERALITA'**

#### **NORMATIVA**

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Spettro di risposta	Stato limite ultimo SLV
Probabilità di superamento periodo di riferimento	10
Tempo di ritorno del sisma	712 anni
Località	PADOVA – Via Luisari
Località	Padova (PD)
ag/g	0.084
Fo	2.63
Tc	0.34
Categoria del sottosuolo:	C
Fattore topografico	1

#### **STATO LIMITE ULTIMO**

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricità accidentale	5%
Numero di frequenze	15

#### **PARAMETRI SISMICI**

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC 2008 - Eurocodice 8
$\lambda$	0.3
$\mu$	0.3

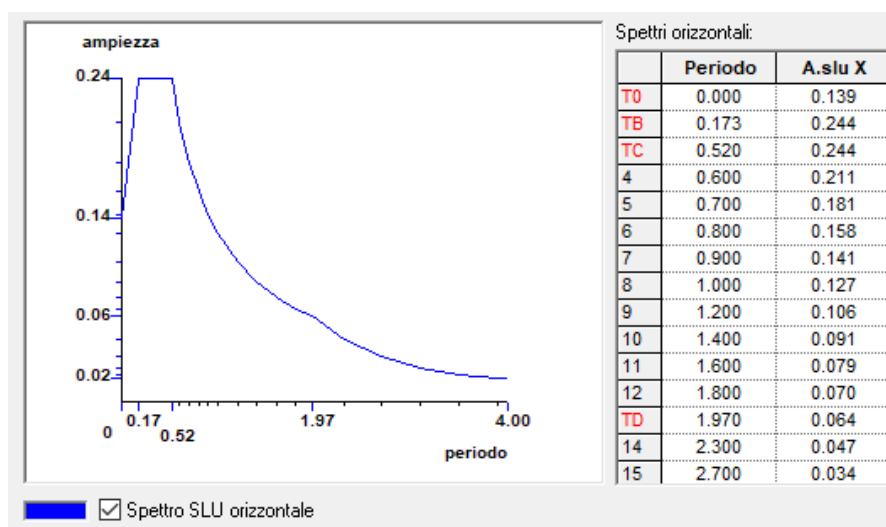
### FATTORE DI STRUTTURA

Per il calcolo del fattore di struttura si è fatto riferimento a quanto indicato dalla normativa per strutture in legno (tab. 7.3.II NTC 2018) considerando i seguenti parametri di calcolo:

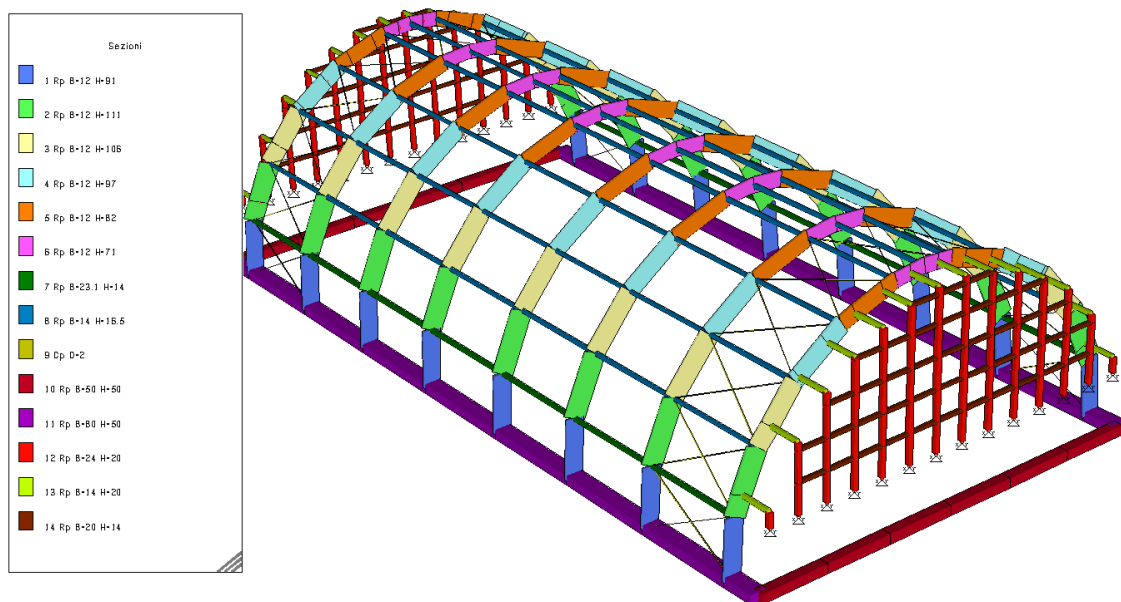
- tipologia strutturale: strutture isostatiche, portali isostatici con mezzi di unione a gambo cilindrico;
- coefficiente di base  $q_0 = 1.50$
- regolare in altezza:  $k_r = 1.00$

quindi il fattore di struttura per le azioni orizzontali risulta essere pari a :  $q = q_0 k_r = 1.50$

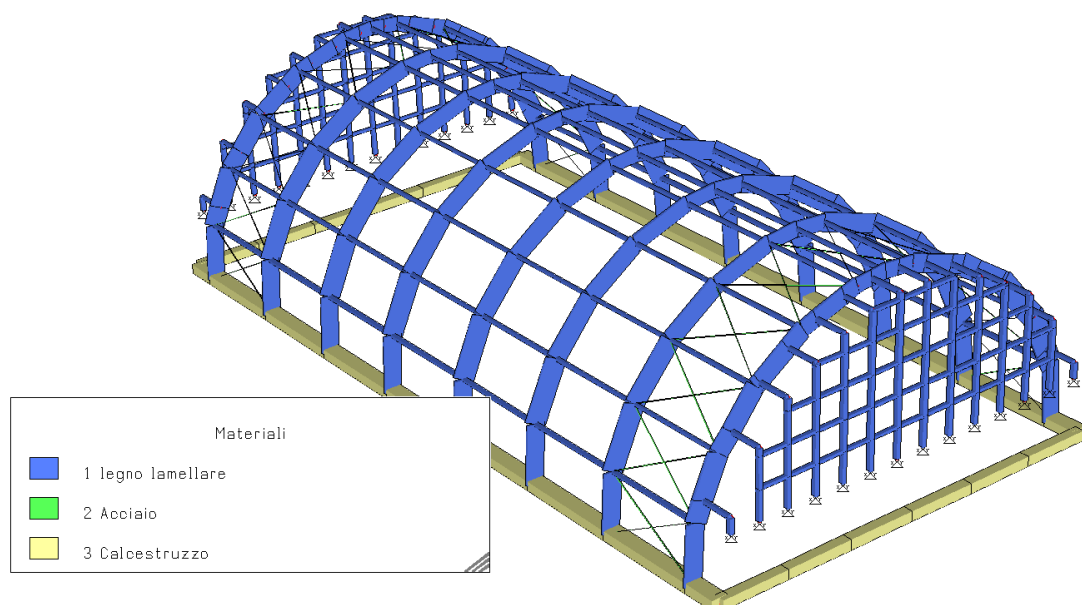
### SPETTRO SLU ORIZZONTALE



### 6.3.2 RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE



### 6.3.3 RIEPILOGO DEI MATERIALI UTILIZZATI NEL MODELLO STRUTTURALE



### 6.3.4 CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

**Carico distribuito con riferimento globale Y**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
vento testata 1	20	Condizione 6	Nessuna	0.900000	0.000	0.900000	0.000	0.0000	0.0000

**Carico distribuito con riferimento globale Z**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
PERMENENTI PORTATI	1	Condizione 1	Nessuna	-0.004000	0.000	-0.004000	0.000	0.0000	0.0000
neve simmetrica	2	Condizione 2	Nessuna	-0.008200	0.000	-0.008200	0.000	0.0000	0.0000
murature e tamponamenti testata	11	Condizione 1	Nessuna	-16.000000	0.000	-16.000000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 1	12	Condizione 5	Nessuna	-1.300000	0.000	-3.410000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 2	13	Condizione 5	Nessuna	-3.410000	0.000	-4.700000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 3	14	Condizione 5	Nessuna	-4.700000	0.000	-1.620000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 4	15	Condizione 5	Nessuna	-1.620000	0.000	-0.001000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 5	16	Condizione 5	Nessuna	-0.001000	0.000	-3.240000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 6	17	Condizione 5	Nessuna	-3.240000	0.000	-9.460000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 7	18	Condizione 5	Nessuna	-9.460000	0.000	-6.810000	0.000	0.0000	0.0000
neve asimm 8	19	Condizione 5	Nessuna	-6.810000	0.000	-2.650000	0.000	0.0000	0.0000
muratura lati longitudinale	21	Condizione 1	Nessuna	-12.600000	0.000	-12.600000	0.000	0.0000	0.0000

**Carico distribuito con riferimento locale y**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
vento sx 1 e 2	3	Condizione 3	Nessuna	-0.007100	0.000	-0.007100	0.000	0.0000	0.0000
vento sx 3	4	Condizione 3	Nessuna	-0.005000	0.000	-0.005000	0.000	0.0000	0.0000
vento sx 4	5	Condizione 3	Nessuna	-0.001600	0.000	-0.001600	0.000	0.0000	0.0000
vento sx 5	6	Condizione 3	Nessuna	0.004300	0.000	0.004300	0.000	0.0000	0.0000
vento dx 1 e 2	7	Condizione 4	Nessuna	-0.007100	0.000	-0.007100	0.000	0.0000	0.0000
vento dx 3	8	Condizione 4	Nessuna	-0.005000	0.000	-0.005000	0.000	0.0000	0.0000
vento dx 4	9	Condizione 4	Nessuna	-0.001600	0.000	-0.001600	0.000	0.0000	0.0000
vento dx 5	10	Condizione 4	Nessuna	0.004300	0.000	0.004300	0.000	0.0000	0.0000

**6.3.5 MASSA ECCITATA QUOTA > 0.00**

Si precisa che la massa è eccitata per tutte le traslazioni del centro di massa considerato.

**TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX****FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE**

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	1.884e+001	2.998e+000	3.336e-001	0.000e+000
2	2.216e+001	3.526e+000	2.836e-001	0.000e+000
3	2.431e+001	3.870e+000	2.584e-001	0.000e+000
4	3.145e+001	5.005e+000	1.998e-001	0.000e+000
5	3.458e+001	5.504e+000	1.817e-001	0.000e+000
6	3.845e+001	6.120e+000	1.634e-001	1.565e-030
7	4.179e+001	6.652e+000	1.503e-001	1.270e-027
8	4.447e+001	7.077e+000	1.413e-001	1.246e-024
9	5.138e+001	8.177e+000	1.223e-001	2.077e-018
10	5.305e+001	8.443e+000	1.184e-001	5.544e-016
11	5.317e+001	8.462e+000	1.182e-001	3.659e-015
12	5.541e+001	8.818e+000	1.134e-001	4.797e-015
13	5.611e+001	8.930e+000	1.120e-001	4.778e-014
14	5.752e+001	9.154e+000	1.092e-001	4.079e-013
15	5.958e+001	9.483e+000	1.055e-001	2.987e-013

**COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE**

Modo	Direz.X	Direz.Y
------	---------	---------

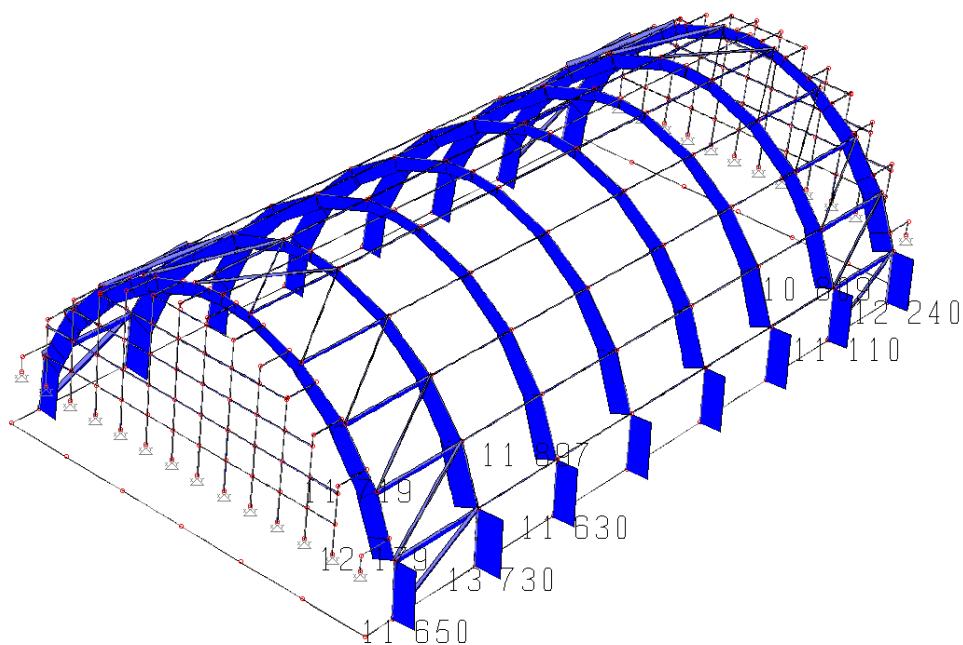
Modo	Direz.X	Direz.Y
1	4.348e-002	4.450e+000
2	-4.698e+000	4.094e-002
3	1.609e-001	2.339e-002
4	3.509e-001	2.586e-003
5	-8.992e-003	-4.189e-004
6	4.952e-003	-1.613e-003
7	-2.065e-002	-2.282e-005
8	-1.290e-003	9.421e-004
9	4.179e-003	-1.008e-001
10	4.317e-003	1.821e-001
11	6.644e-004	-3.572e-001
12	1.807e-003	1.353e+000
13	2.906e-001	-6.785e-003
14	9.064e-003	-1.331e-002
15	-4.263e-003	1.270e+000

### MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

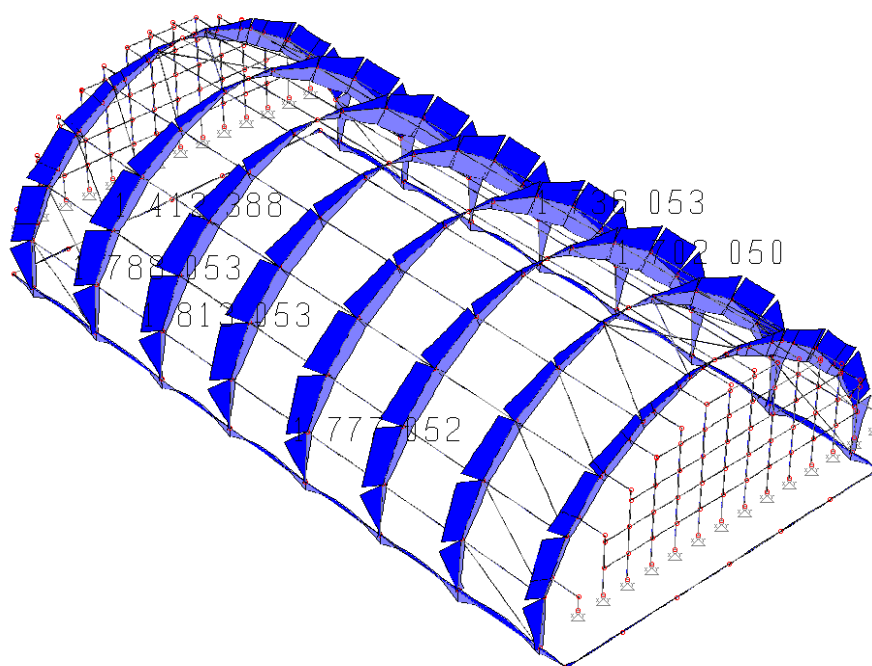
Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+1.89e-003	0	+1.98e+001	77	+5.91e-005	0
Progressiva	+1.89e-003	0	+1.98e+001	77	+5.91e-005	0
Modo: 2	+2.21e+001	86	+1.68e-003	0	+1.79e-006	0
Progressiva	+2.21e+001	86	+1.98e+001	77	+6.09e-005	0
Modo: 3	+2.59e-002	0	+5.47e-004	0	+2.04e-006	0
Progressiva	+2.21e+001	86	+1.98e+001	77	+6.29e-005	0
Modo: 4	+1.23e-001	0	+6.69e-006	0	+3.46e-007	0
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+6.33e-005	0
Modo: 5	+8.09e-005	0	+1.75e-007	0	+6.87e-007	0
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+6.40e-005	0
Modo: 6	+2.45e-005	0	+2.60e-006	0	+3.23e-007	0
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+6.43e-005	0
Modo: 7	+4.27e-004	0	+5.21e-010	0	+3.07e-010	0
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+6.43e-005	0
Modo: 8	+1.67e-006	0	+8.87e-007	0	+8.92e-008	0
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+6.44e-005	0
Modo: 9	+1.75e-005	0	+1.02e-002	0	+7.42e-001	3
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+7.42e-001	3
Modo: 10	+1.86e-005	0	+3.32e-002	0	+1.63e+000	6
Progressiva	+2.22e+001	86	+1.98e+001	77	+2.37e+000	9
Modo: 11	+4.41e-007	0	+1.28e-001	0	+3.04e-001	1
Progressiva	+2.22e+001	86	+2.00e+001	78	+2.68e+000	10
Modo: 12	+3.27e-006	0	+1.83e+000	7	+4.59e-004	0
Progressiva	+2.22e+001	86	+2.18e+001	85	+2.68e+000	10
Modo: 13	+8.44e-002	0	+4.60e-005	0	+9.18e-006	0
Progressiva	+2.23e+001	87	+2.18e+001	85	+2.68e+000	10
Modo: 14	+8.22e-005	0	+1.77e-004	0	+2.31e-005	0
Progressiva	+2.23e+001	87	+2.18e+001	85	+2.68e+000	10
Modo: 15	+1.82e-005	0	+1.61e+000	6	+3.12e-006	0
Progressiva	+2.23e+001	87	+2.34e+001	91	+2.68e+000	10

## 7. RISULTATI DELL'ANALISI ALLO SLU DEGLI ARCHI

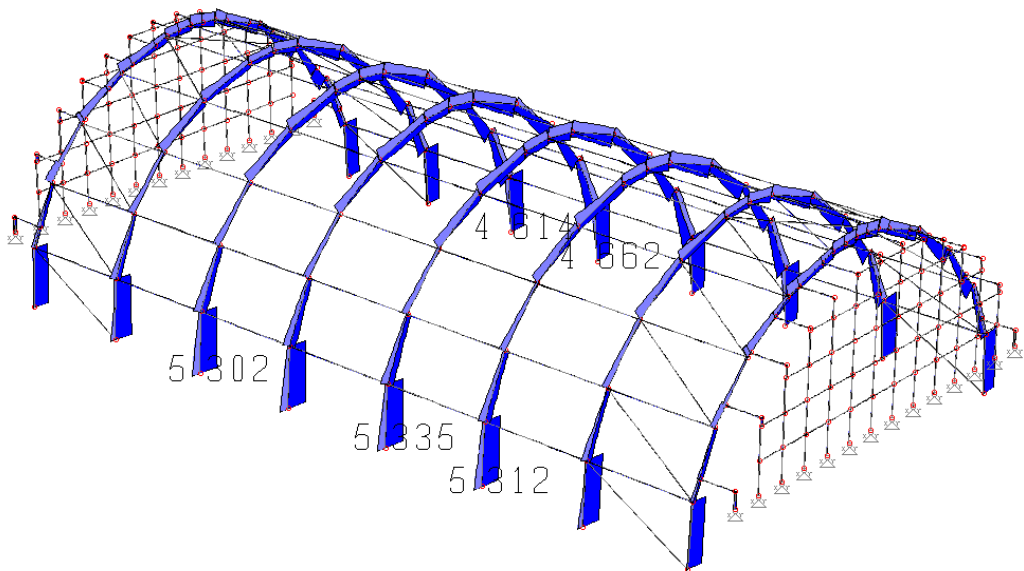
Si riportano per immagini le sollecitazioni di involucro allo stato limite ultimo.



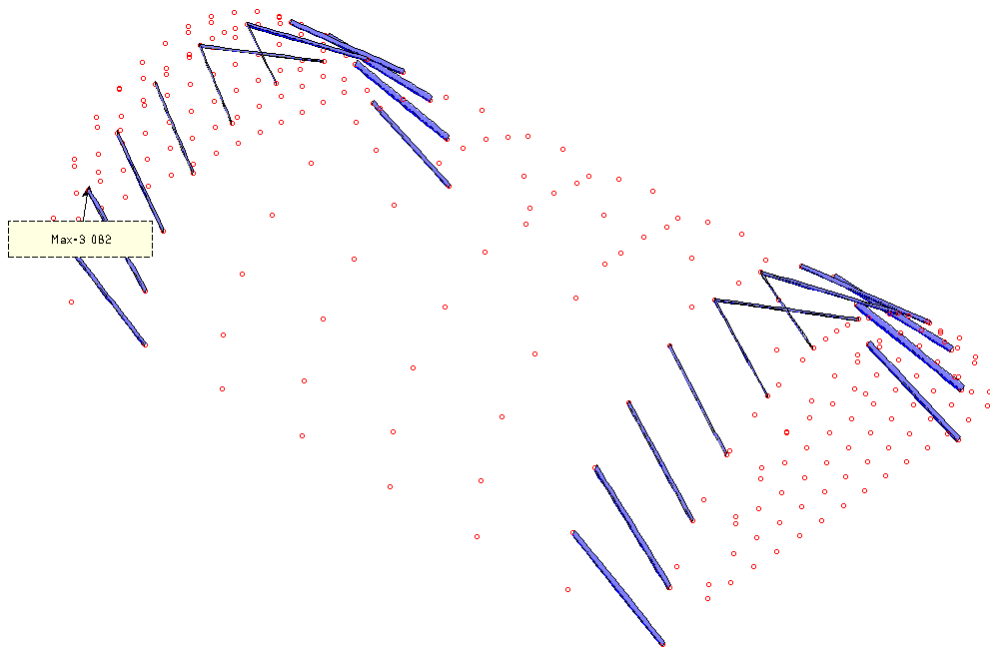
**Sforzo normale archi I.I. (kg)**



**Momento flettente Mz archi I.I. (kgcm)**



**Sforzo di taglio  $F_y$  archi I.I. (kg)**



**Trazione controventi (kg)**

## 8. VERIFICA SINTETICA DEGLI ELEMENTI IN LEGNO LAMELLARE

### 8.1 VERIFICA ARcareccio NUOVO PER POSA COPERTURA SANDWICH

I nuovi arcarecci sono posti ad interasse 150 cm e a favore di sicurezza non sono stati inseriti nella modellazione generale. Si conduce la verifica dell'elemento singolo di sezione 14x20 cm di luce 5,30 m in semplice appoggio:

$$\begin{aligned}\text{Comb. SLU: } q_d &= 1,30 \times (14 + 60) + 1,50 \times 123 = 280,7 \text{ kg/m} \\ M_{yd} &= 949 \text{ kgm} \\ T_d &= 730 \text{ kg}\end{aligned}$$

#### VERIFICHE A FLESSIONE

Nd	0	[N]
Myd	9490000	[Nmm]
Mzd	0	[Nmm]
B	140	[mm]
h	200	[mm]
Khb	1,15	
Khh	1,15	
A	28000	[mm <sup>2</sup> ]
Wy	933333	[mm <sup>3</sup> ]
Wz	653333	[mm <sup>3</sup> ]
$\sigma_{cd}$	0,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{yd}$	10,17	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{zd}$	0,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Km	0,7	
verifica 1	0,42	ver.
verifica 2	0,59	ver.

#### CARICO CRITICO DI TRAVE A FLESSIONE

distanza ritegni torsionali L	5200	[mm]
Lef/L	0,9	
carico estradosso/intradosso	es	
Lef	5080	[mm]
A	28000	[mm <sup>2</sup> ]
Jy	93333333	[mm <sup>4</sup> ]
Jz	45733333	[mm <sup>4</sup> ]
Wy	933333	[mm <sup>3</sup> ]
Wz	653333	[mm <sup>3</sup> ]
iy	57,7	[mm]
iz	40,4	[mm]
$\lambda_z$	125,7	
$\sigma_{y,crit}$	128,5	
$\lambda_{rel,y}$	0,43	
k <sub>crit</sub>	1,00	
$\lambda_{rel,z}$	1,89	
$\beta_c$	0,10	
kz	2,37	
kc <sub>z</sub>	0,26	
verifica svergolamento $\sigma_{may,d}$	0,59	ver.

**VERIFICHE A TAGLIO**

Td	<b>7300</b>	[N]
B	<b>140</b>	[mm]
h	<b>200</b>	[mm]
A	28000	[mm <sup>2</sup> ]
$\tau_d$	0,39	[N/mm <sup>2</sup> ]
verifica 1	<b>0,29</b>	ver.

Si conduce la verifica dell'elemento singolo di sezione 14x20 cm di luce 5,30 m in semplice appoggio ruotato di 60° ovvero in flessione deviata, su interasse pari a 80 cm:

Comb. SLU:  $q_d = 158.2 \text{ kg/m}$

$M_{yd} = 267 \text{ kgm}$ ,  $M_{zd} = 463 \text{ kgm}$

**VERIFICHE A FLESSIONE**

Nd	<b>0</b>	[N]
Myd	<b>2670000</b>	[Nmm]
Mzd	<b>4630000</b>	[Nmm]
B	<b>140</b>	[mm]
h	<b>200</b>	[mm]
Khb	1,15	
Khh	1,15	
A	28000	[mm <sup>2</sup> ]
Wy	933333	[mm <sup>3</sup> ]
Wz	653333	[mm <sup>3</sup> ]
$\sigma_{cd}$	0,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{yd}$	2,86	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{zd}$	7,09	[N/mm <sup>2</sup> ]
Km	<b>0,7</b>	
verifica 1	<b>0,53</b>	ver.
verifica 2	<b>0,46</b>	ver.

**CARICO CRITICO DI TRAVE A FLESSIONE**

distanza ritegni torsionali L	<b>5200</b>	[mm]
Lef/L	<b>0,9</b>	
carico estradosso/intradosso	<b>es</b>	
Lef	<b>5080</b>	[mm]
A	28000	[mm <sup>2</sup> ]
Jy	93333333	[mm <sup>4</sup> ]
Jz	45733333	[mm <sup>4</sup> ]
Wy	933333	[mm <sup>3</sup> ]
Wz	653333	[mm <sup>3</sup> ]
iy	57,7	[mm]
iz	40,4	[mm]
$\lambda_z$	125,7	
<b><math>\sigma_{y,crit}</math></b>	128,5	
$\lambda_{rel,y}$	0,43	
k <sub>crit</sub>	1,00	
$\lambda_{rel,z}$	1,89	
$\beta_c$	<b>0,10</b>	
kz	2,37	
kcz	0,26	

$\sigma_{md} < K_{crit} \times f_{md}$

**8.2 VERIFICA ARCO**

Si riportano alcune verifiche di sezioni dell'arco soggetto a pressoflessione e taglio.

Sezione con massimo momento flettente **12x108 cm, Nd = 10719 kg, Myd = 18130 kgm**

**VERIFICHE A COMPRESSIONE SEMPLICE PARALLELA ALLE FIBRE**

Nd	<b>107190</b>
B	<b>120</b>
h	<b>1080</b>
A	129600
$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione	0,83
verifica	<b>0,06</b>

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE**

Nd	<b>107190</b>
Myd	<b>181300000</b>
Mzd	<b>0</b>
B	<b>120</b>
h	<b>1080</b>
Khb	1,15
Khh	1
A	129600
Wy	23328000
Wz	2592000
$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione	0,83
$\sigma_{yd}$ tensione flessione intorno a y	7,77
$\sigma_{zd}$ tensione di flessione intorno z	0
Km	<b>0,7</b>
verifica 1	<b>0,526</b>
verifica 2	<b>0,37</b>

**VERIFICA DI STABILITA' A PRESSOFLESSIONE CON CARICO DI PUNTA**

Nd	<b>107190</b>
Myd	<b>181300000</b>
Mzd	<b>0</b>
lunghezza colonna sbandamento da Myd	<b>3000</b>
lunghezza colonna sbandamento da Mzd	<b>3000</b>
B	<b>120</b>
h	<b>1080</b>
Jy	12597120000
Jz	155520000
A	129600
Wy	23328000
Wz	2592000
iy	311,8
iz	34,6
$\lambda_y$	9,6
$\lambda_z$	86,6

$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione	0,83
$\sigma_{yd}$ tensione flessione intorno a y	7,77
$\sigma_{zd}$ tensione di flessione intorno a z	0
$\lambda_{rel,y}$	0,14
$\lambda_{rel,z}$	1,30
$\beta_c$	<b>0,10</b>
$k_y$	0,50
$k_z$	1,40
$k_{cy}$	1,02
$k_{cz}$	0,52
$K_m$	<b>0,7</b>
verifica 1	<b>0,58</b>
verifica 2	<b>0,49</b>

### VERIFICHE A FLESSIONE

$N_d$	<b>107190</b> [N]
$M_{yd}$	<b>181300000</b> [Nmm]
$M_{zd}$	<b>0</b> [Nmm]
$B$	<b>120</b> [mm]
$h$	<b>1080</b> [mm]
$K_{hb}$	1,15
$K_{hh}$	1
$A$	129600 [mm <sup>2</sup> ]
$W_y$	23328000 [mm <sup>3</sup> ]
$W_z$	2592000 [mm <sup>3</sup> ]
$\sigma_{cd}$	0,83 [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{yd}$	7,77 [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{zd}$	0,00 [N/mm <sup>2</sup> ]
$K_m$	<b>0,7</b>
verifica 1	<b>0,37</b> ver.
verifica 2	<b>0,52</b> ver.

### CARICO CRITICO DI TRAVE A FLESSIONE

distanza ritegni torsionali $L$	<b>1500</b> [mm]
$L_{ef}/L$	<b>0,9</b>
carico estradosso/intradosso	<b>es</b>
$L_{ef}$	<b>3510</b> [mm]
$A$	129600 [mm <sup>2</sup> ]
$J_y$	12597120000 [mm <sup>4</sup> ]
$J_z$	155520000 [mm <sup>4</sup> ]
$W_y$	23328000 [mm <sup>3</sup> ]
$W_z$	2592000 [mm <sup>3</sup> ]
$i_y$	311,8 [mm]
$i_z$	34,6 [mm]
$\lambda_z$	101,3
$\sigma_{y,crit}$	25,3
$\lambda_{rel,y}$	0,97
$k_{crit}$	0,83
$\lambda_{rel,z}$	1,52
$\beta_c$	<b>0,10</b>
$k_z$	1,72
$k_{cz}$	0,40

verifica svergolamento con N sigmay,d

**0,56**

ver.

Sezione di base **12x70 cm**, **Nd = 13730 kg**, **Myd = 0 kgm**, **Td = 5335 kg**

#### VERIFICHE A COMPRESSIONE SEMPLICE PARALLELA ALLE FIBRE

Nd	<b>137300</b> [N]	
B	<b>120</b> [mm]	
h	<b>700</b> [mm]	
A	84000 [mm <sup>2</sup> ]	
$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione	1,63 [N/mm <sup>2</sup> ]	
verifica	<b>0,13</b>	ver.

#### VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE

Nd	<b>137300</b> [N]	
Myd	<b>0</b> [Nmm]	
Mzd	<b>0</b> [Nmm]	
B	<b>120</b> [mm]	
h	<b>700</b> [mm]	
Khb	1,15 [mm <sup>2</sup> ]	
Khh	1 [mm <sup>3</sup> ]	
A	84000 [mm <sup>3</sup> ]	
Wy	9800000 [N/mm <sup>2</sup> ]	
Wz	1680000 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione	1,63 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$\sigma_{yd}$ tensione flessione intorno a y	0,00 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$\sigma_{zd}$ tensione di flessione intorno z	0	
Km	<b>0,7</b>	
verifica 1	<b>0,016</b>	ver.
verifica 2	<b>0,02</b>	ver.

#### VERIFICA DI STABILITA' A PRESSOFLESSIONE CON CARICO DI PUNTA

Nd	<b>137300</b> [N]	
Myd	<b>0</b> [Nmm]	
Mzd	<b>0</b> [Nmm]	
lunghezza colonna sbandamento da Myd	<b>3000</b> [mm]	
lunghezza colonna sbandamento da Mzd	<b>3000</b> [mm]	
B	<b>120</b> [mm]	
h	<b>700</b> [mm]	
Jy	3430000000 [mm <sup>4</sup> ]	
Jz	100800000 [mm <sup>4</sup> ]	
A	84000 [mm <sup>2</sup> ]	
Wy	9800000 [mm <sup>3</sup> ]	
Wz	1680000 [mm <sup>3</sup> ]	
iy	202,1 [mm]	
iz	34,6 [mm]	
$\lambda_y$	14,8	
$\lambda_z$	86,6	
$\sigma_{c,0,d}$ tensione di compressione	1,63 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$\sigma_{yd}$ tensione flessione intorno a y	0,00 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$\sigma_{zd}$ tensione di flessione intorno z	0 [N/mm <sup>2</sup> ]	

$\lambda_{rel,y}$	0,22	
$\lambda_{rel,z}$	1,30	
$\beta_c$	<b>0,10</b>	
$k_y$	0,52	
$k_z$	1,40	
$k_{cy}$	1,01	
$k_{cz}$	0,52	
$K_m$	<b>0,7</b>	
verifica 1	<b>0,12</b>	ver.
verifica 2	<b>0,24</b>	ver.

### VERIFICHE A TAGLIO

$T_d$	<b>53350</b>	[N]
B	<b>120</b>	[mm]
h	<b>700</b>	[mm]
A	84000	[mm <sup>2</sup> ]
$\tau_d$	0,95	[N/mm <sup>2</sup> ]
verifica 1	<b>0,70</b>	ver.

### 8.3 VERIFICA CONTROVENTI

$N_d = 3240$  kg

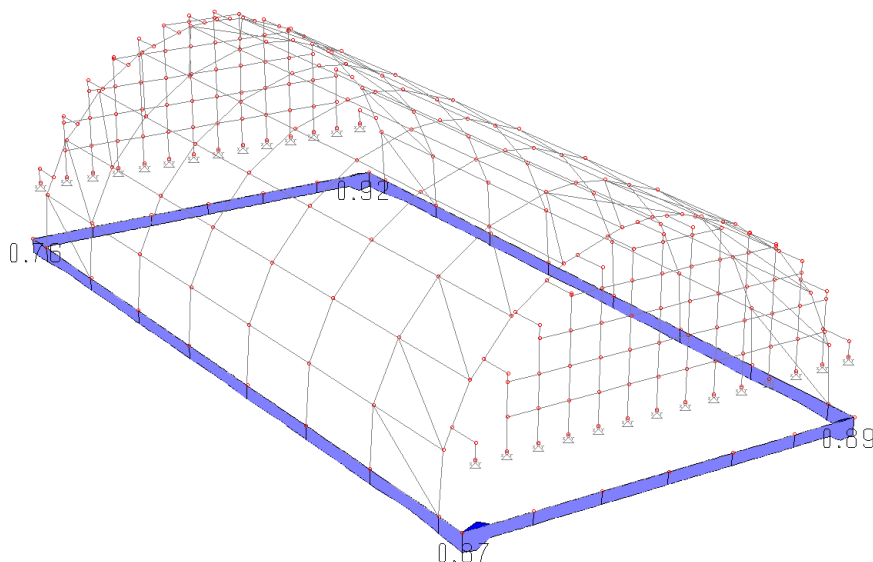
Verifica a Trazione della sezione										
Ned/Nc,Rd<1		<b>0,46</b>	Verificata							
dove:										
Ned		32,4	kN	sforzo normale di trazione agente sulla sezione						
Nt, Rd		70,28	kN	resistenza di calcolo a trazione						
$N_{pl,Rd} = (A \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0}$		70,28	kN	resistenza di progetto a trazione						
$N_{u,Rd} = (0,9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}) / \gamma_{M2}$		81,3888	kN	resist. a rot. della sezione in corrispondenza dei fori per i collegamenti						
A		3,14	cmq	area della sezione						
$A_{net}$		3,14	cmq	area della sezione al netto dei fori						
$f_{yk}$		235	N/mmq	tensione di snervamento dell'acciaio						
$f_{tk}$		360	N/mmq	tensione di rottura dell'acciaio						
$\gamma_{M0}$		1,05	adim.	coeff.						
$\gamma_{M2}$		1,25	adim.	coeff.						

## 9. VERIFICA FONDAZIONI IN C.A.

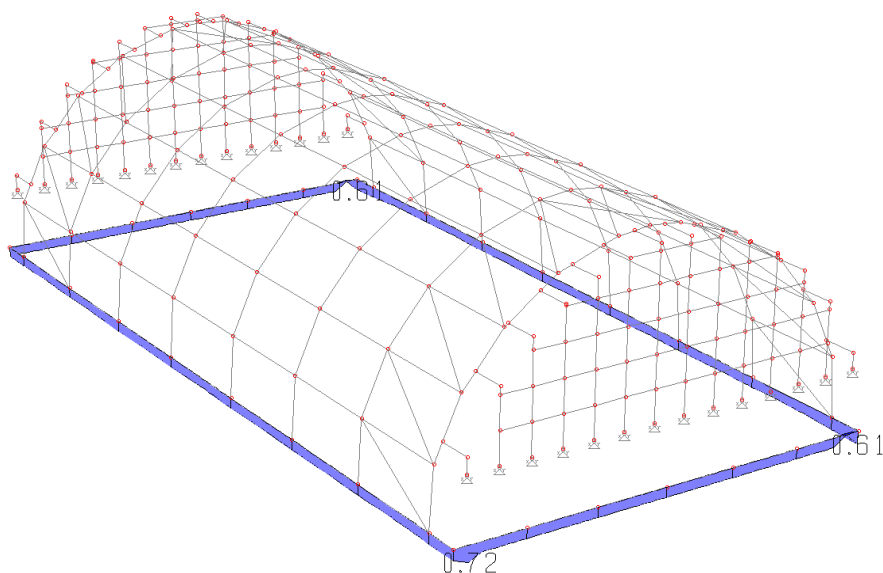
### 9.1 FONDAZIONI DIRETTE

Per la verifica delle fondazioni si è realizzato un ulteriore modello ad elementi finiti, incrementando del 10% le azioni agenti sulle strutture come richiesto dalle NTC 2018 al punto 7.2.5 per le fondazioni superficiali progettate in CD "B".

Nella immagini seguenti si riportano le pressioni sul terreno che risultano limitate.



***Pressione su elementi tipo trave (SLU)***



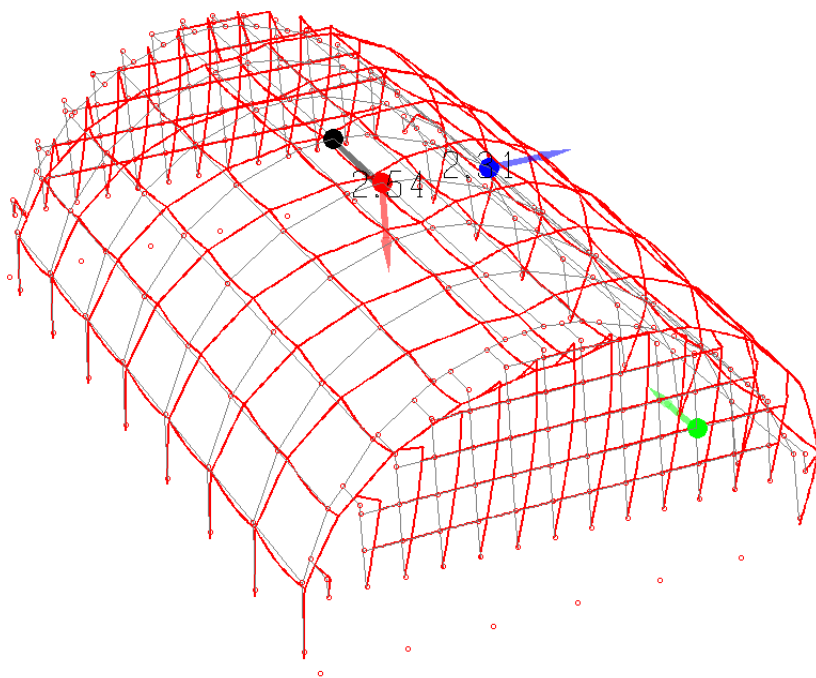
***Pressione su elementi tipo trave (SLE)***

Considerati i valori delle pressioni in gioco, lo stato attuale della copertura esistente (assenza totale di cedimenti né assoluti, né differenziali), non si è ritenuto necessario procedere ad indagine specifica sul terreno.

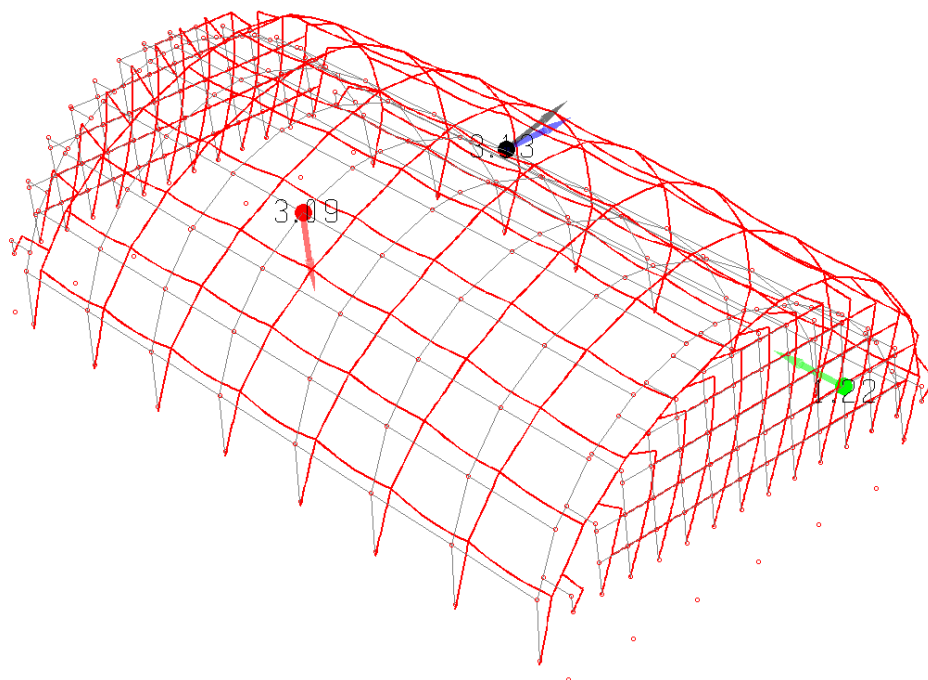
## 10. DEFORMAZIONI

## **10.1 COMBINAZIONE RARA**

Si riportano per immagini gli spostamenti della struttura soggetta alle due combinazioni di tipo "rara" considerate. Gli spostamenti sono risultati ridotti ed accettabili per la tipologia della struttura.



***Comb. Rara 1***



***Comb. Rara 2***

## **11 SPOGLIATOI, MAGAZZINO E CETRALE TERMICA**

Per entrambi i corpi di fabbrica si è realizzato un modello nello spazio ad elementi finiti verificato con analisi dinamica lineare.

## 11.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle seguenti condizioni di carico:

### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

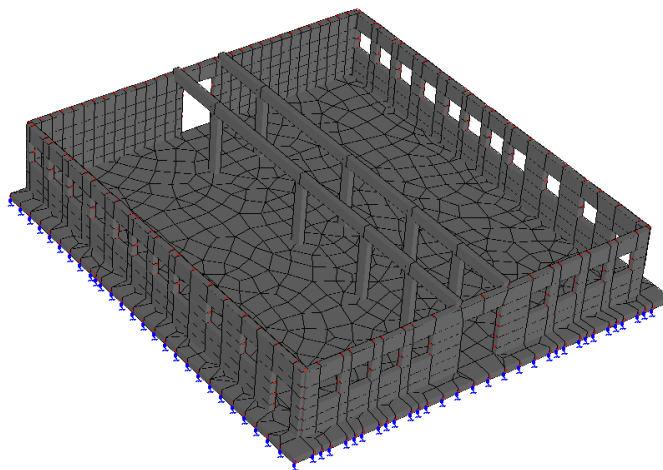
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500

### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

## 11.2 CORPO SPOGLIATOI

Si riportano i dati salienti della modellazione e i risultati per immagini.



**Modello spogliatoi**

### FATTORE DI STRUTTURA per SPOGLIATOI

Per il calcolo del fattore di struttura si è fatto riferimento a quanto indicato dalla normativa per strutture in legno (tab. 7.3.II NTC 2018) considerando i seguenti parametri di calcolo:

- tipologia strutturale: muratura ordinaria;
- classe di duttilità: B;
- coefficiente di base  $q_0 = 1.75 \alpha_u / \alpha_1$ ;  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.70$ ;  $k_r = 1.00$ ;  $q_{lim} = 2.975$

### 11.2.1 LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+004	0.250	0.00180	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C28/35 (Rck 350)	+3.30e+005	0.120	0.00250	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
3	senza p.p. Muratura	+1.50e+003	0.250	0.00000	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

### 11.2.2 RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

#### SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
1	50.000	25.000
2	25.000	50.000

### 11.2.3 CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

#### Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist. fin. nodo I	Aliq. inerz .	Aliq. inerz . SLD
Neve Zona II	3	Condizione 2	Variabile: Neve	-	0.000	-	0.000	0.0000	0.0000

#### Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist. fin. nodo I	Aliq. inerz .	Aliq. inerz . SLD
Peso proprio solaio h = 25+5 cm	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-	0.000	-	0.000	1.0000	1.0000
Permanente su copertura	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-	0.000	-	0.000	1.0000	1.0000

### 11.2.4 CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

#### Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq. inerziale	Aliq. inerz. SLD
Categoria B2 - Uffici aperti al pubblico	4	Condizione 3	Variabile: Uffici	-0.030600	0.3000	0.3000
Permanente su platea	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.020000	1.0000	1.0000

### 11.2.5 COMBINAZIONI DI CARICO

#### NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

### 11.2.6 TABELLA MASSE ECCITATE

#### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	5.192e+001	8.264e+000	1.210e-001	0.000e+000
2	5.695e+001	9.065e+000	1.103e-001	0.000e+000
3	8.506e+001	1.354e+001	7.387e-002	0.000e+000
4	9.610e+001	1.529e+001	6.538e-002	0.000e+000
5	9.730e+001	1.549e+001	6.458e-002	0.000e+000
6	9.893e+001	1.575e+001	6.351e-002	0.000e+000
7	1.038e+002	1.652e+001	6.052e-002	2.316e-023
8	1.042e+002	1.658e+001	6.032e-002	1.251e-022
9	1.047e+002	1.666e+001	6.001e-002	4.685e-022
10	1.056e+002	1.680e+001	5.952e-002	9.369e-022
11	1.070e+002	1.703e+001	5.872e-002	1.732e-019
12	1.079e+002	1.717e+001	5.826e-002	3.441e-018
13	1.081e+002	1.721e+001	5.811e-002	1.080e-017
14	1.094e+002	1.741e+001	5.745e-002	1.750e-018
15	1.106e+002	1.760e+001	5.681e-002	8.593e-018
16	1.121e+002	1.784e+001	5.604e-002	3.121e-016
17	1.139e+002	1.812e+001	5.517e-002	2.144e-014
18	1.142e+002	1.818e+001	5.501e-002	9.918e-014
19	1.143e+002	1.819e+001	5.499e-002	3.212e-013
20	1.168e+002	1.859e+001	5.379e-002	3.807e-015

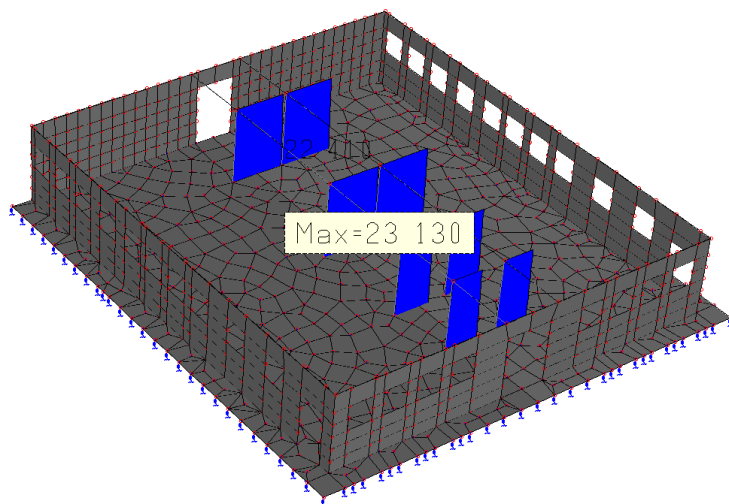
#### COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz. X	Direz. Y
1	1.447e+001	1.387e+000
2	1.501e+000	-1.477e+001
3	1.851e+000	9.852e-001
4	-2.185e-002	-4.827e-001
5	1.790e+000	-1.508e-002
6	-2.156e-002	1.239e+000
7	-2.773e-002	5.441e-001
8	2.066e+000	-2.382e-002
9	-1.164e+000	-1.828e-001
10	6.969e-002	2.761e-002
11	-2.973e-001	-1.424e-001
12	2.628e-002	8.283e-002
13	-2.735e-002	1.600e-001
14	-6.341e-003	2.069e+000
15	-7.880e-003	-3.189e-001
16	8.242e-001	-1.967e-002
17	-1.492e-003	-3.342e-001
18	8.024e-001	5.277e-002
19	5.203e-002	-7.397e-001
20	1.818e-002	-7.140e-001

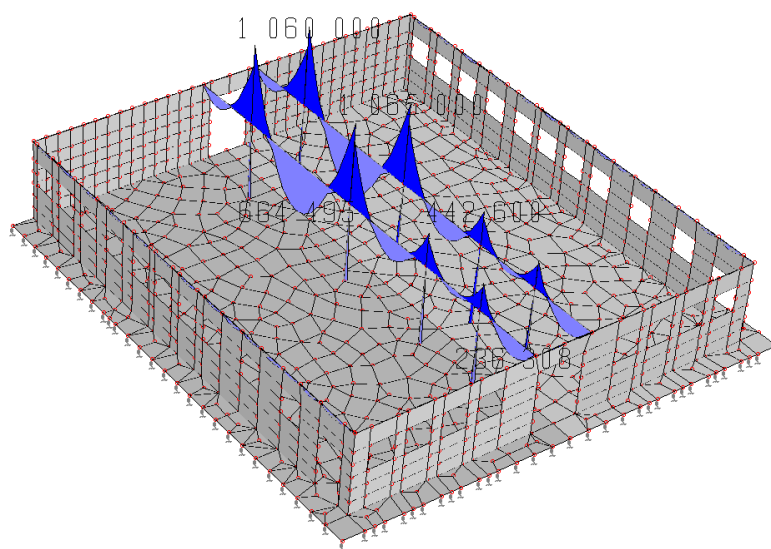
MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+2.09e+002	82	+1.92e+000	1	+7.17e-004	0	+3.41e+006	3
Progressiva	+2.09e+002	82	+1.92e+000	1	+7.17e-004	0	+3.41e+006	3
Modo: 2	+2.25e+000	1	+2.18e+002	85	+1.33e-001	0	+2.33e+006	2
Progressiva	+2.12e+002	83	+2.20e+002	86	+1.34e-001	0	+5.74e+006	5
Modo: 3	+3.43e+000	1	+9.71e-001	0	+5.93e-002	0	+7.80e+007	69
Progressiva	+2.15e+002	84	+2.21e+002	86	+1.93e-001	0	+8.38e+007	74
Modo: 4	+4.78e-004	0	+2.33e-001	0	+2.17e+001	8	+6.94e+003	0
Progressiva	+2.15e+002	84	+2.21e+002	86	+2.19e+001	9	+8.38e+007	74
Modo: 5	+3.20e+000	1	+2.27e-004	0	+4.11e-003	0	+1.69e+005	0
Progressiva	+2.18e+002	85	+2.21e+002	86	+2.19e+001	9	+8.40e+007	74
Modo: 6	+4.65e-004	0	+1.54e+000	1	+4.02e+001	16	+3.92e+004	0
Progressiva	+2.18e+002	85	+2.23e+002	87	+6.21e+001	24	+8.40e+007	74
Modo: 7	+7.69e-004	0	+2.96e-001	0	+4.10e+000	2	+2.83e+001	0
Progressiva	+2.18e+002	85	+2.23e+002	87	+6.62e+001	26	+8.40e+007	74
Modo: 8	+4.27e+000	2	+5.68e-004	0	+2.13e-003	0	+5.12e+004	0
Progressiva	+2.23e+002	87	+2.23e+002	87	+6.62e+001	26	+8.40e+007	74
Modo: 9	+1.36e+000	1	+3.34e-002	0	+2.61e-001	0	+3.23e+006	3
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.23e+002	87	+6.65e+001	26	+8.73e+007	77
Modo: 10	+4.86e-003	0	+7.63e-004	0	+1.89e+001	7	+2.05e+004	0
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.23e+002	87	+8.54e+001	33	+8.73e+007	77
Modo: 11	+8.84e-002	0	+2.03e-002	0	+2.17e-003	0	+1.46e+006	1
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.23e+002	87	+8.54e+001	33	+8.88e+007	78
Modo: 12	+6.91e-004	0	+6.86e-003	0	+1.23e+000	0	+1.31e+003	0
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.23e+002	87	+8.67e+001	34	+8.88e+007	78
Modo: 13	+7.48e-004	0	+2.56e-002	0	+4.31e-002	0	+7.21e+005	1
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.23e+002	87	+8.67e+001	34	+8.95e+007	79
Modo: 14	+4.02e-005	0	+4.28e+000	2	+4.10e+000	2	+4.69e+004	0
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.27e+002	89	+9.08e+001	35	+8.95e+007	79
Modo: 15	+6.21e-005	0	+1.02e-001	0	+6.19e+001	24	+4.94e+001	0
Progressiva	+2.24e+002	87	+2.28e+002	89	+1.53e+002	60	+8.95e+007	79
Modo: 16	+6.79e-001	0	+3.87e-004	0	+9.51e-003	0	+1.79e+006	2
Progressiva	+2.25e+002	88	+2.28e+002	89	+1.53e+002	60	+9.13e+007	80
Modo: 17	+2.23e-006	0	+1.12e-001	0	+2.72e+000	1	+2.41e+002	0
Progressiva	+2.25e+002	88	+2.28e+002	89	+1.55e+002	61	+9.13e+007	80
Modo: 18	+6.44e-001	0	+2.79e-003	0	+7.93e-003	0	+2.23e+004	0
Progressiva	+2.25e+002	88	+2.28e+002	89	+1.55e+002	61	+9.13e+007	80
Modo: 19	+2.71e-003	0	+5.47e-001	0	+1.43e+000	1	+5.99e+003	0
Progressiva	+2.25e+002	88	+2.28e+002	89	+1.57e+002	61	+9.13e+007	80
Modo: 20	+3.30e-004	0	+5.10e-001	0	+8.79e+000	3	+1.16e+003	0
Progressiva	+2.25e+002	88	+2.29e+002	89	+1.66e+002	65	+9.13e+007	80

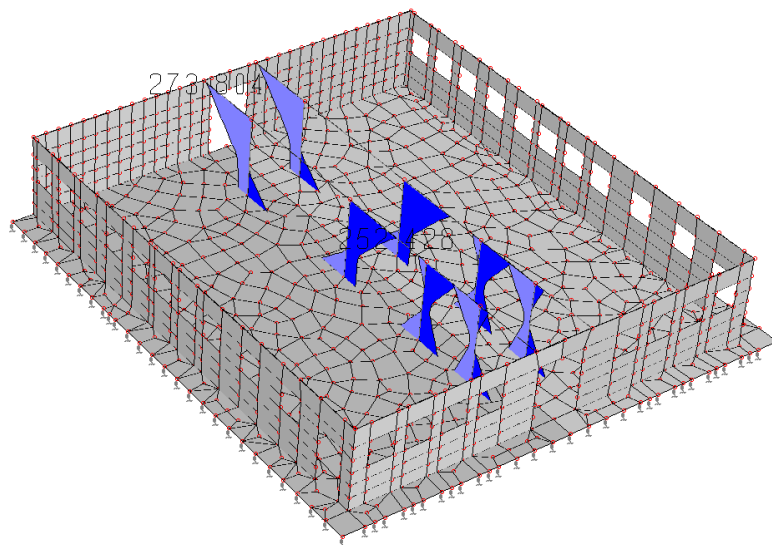
### 11.2.7 RISULTATI ELEMENTI IN C.A. IN ELEVAZIONE



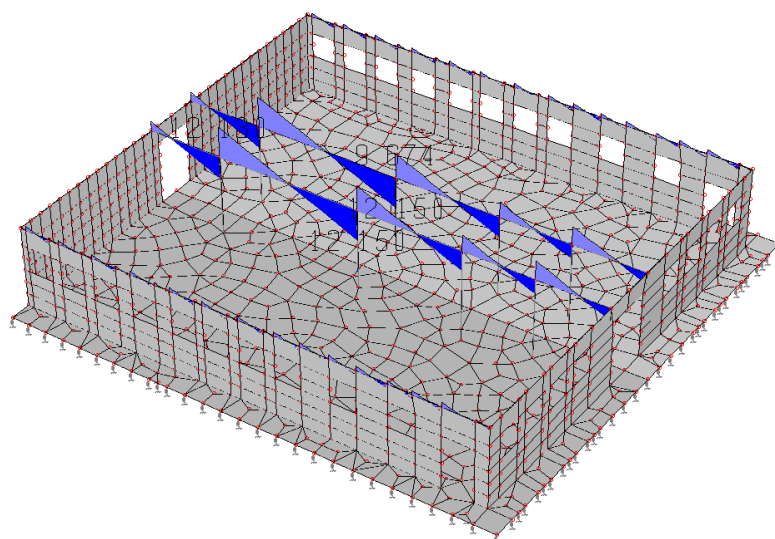
**Sforzo normale pilastri c.a. (kg)**



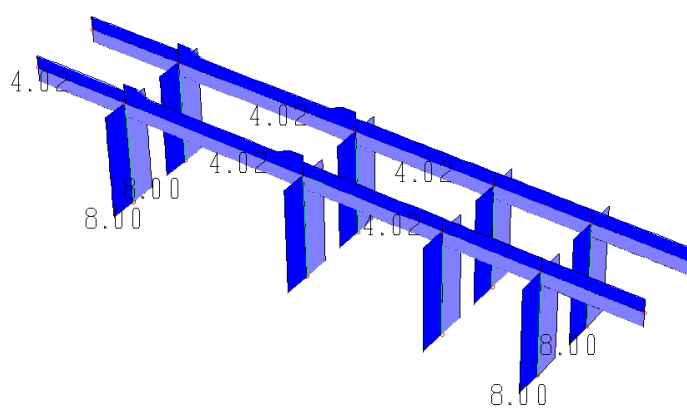
**Momento flettente  $M_z$  travi e pilastri c.a. (kgcm)**



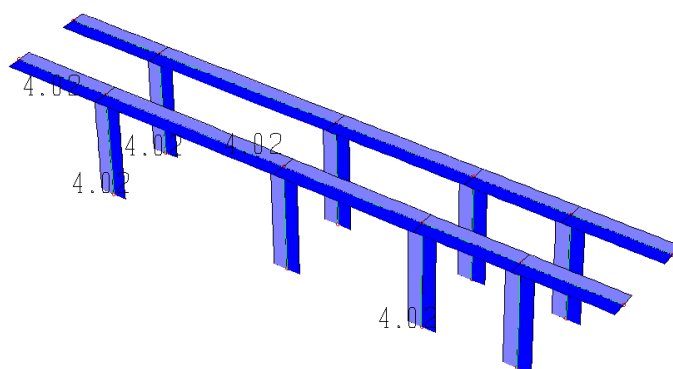
**Momento flettente  $M_y$  pilastri c.a. (kgcm)**



***Sforzo di taglio travi c.a. (kg)***



***Armatura disposta inferiormente e superiormente (travi e pilastri) in cmq***



***Armatura anteriore e posteriore (travi e pilastri) in cmq***



## 11.2.8 IMPALCATO DI COPERTURA

### CAMPATE

	+-----+-----+-----+
	1   2   3
	+-----+-----+-----+
Interasse (cm)	697   225   697
	+-----+-----+-----+

### APPOGGI

	+-----+-----+-----+
Larghezza (cm)	25   25   25   25
	+-----+-----+-----+
Coeff.riduz.mom.neg.	0   0   0   0
	+-----+-----+-----+
Largh. spunt. (cm)	25   25   25   25
	+-----+-----+-----+
Tipo appoggio	T   T   T   T
	+-----+-----+-----+

### CARICHI DISTRIBUITI UNIFORMI (POSITIVI SE RIVOLTI VERSO IL BASSO) E RELATIVE ASTE DI APPLICAZIONE

Unita' di misura: kg/cm<sup>2</sup>

PARAMETRI DI CARICO			ASTE INTERESSATE		
+-----+-----+-----+			+-----+-----+-----+		
N.	permanenti	variabili	1	2	3
		(accidentali)			
+-----+-----+-----+			+-----+-----+-----+		
1	0,055	0,008	*	*	*
+-----+-----+-----+			+-----+-----+-----+		

### FATTORI DI SICUREZZA PARZIALE SUI CARICHI S.L.U. E S.L.E.

Fattore di sicurezza per carichi permanenti S.L.U.: 1.3 S.L.E.: 1  
Fattore di sicurezza per carichi variabili S.L.U.: 1.5 S.L.E.: 0.7

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE SEZIONI DI PROGETTO

Normativa	NTC-2018
Versione	Edifici nuovi
Resistenza calcestruzzo Rck	kg/cm <sup>2</sup> 350
f <sub>yk</sub>	kg/cm <sup>2</sup> 4580
Copriferro	(cm) 2
Altezza solaio	(cm) 24+6
Interasse	(cm) 60
Armatura base di confezione	(cm <sup>2</sup> /int) 0,39
Tipo blocco	Non collaborante
Condizione ambientale	Ordinaria
Combinazione SLE	Rara
Aliq. momento massimo positivo in campata	16
Verifica a taglio	Ottimizzata

### Tabella delle sollecitazioni, indici di resistenza e delle armature solaio tralicciato (riferite all'interasse del solaio) CALCOLO ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Riferimento: Schema: Tral\_01

#### CAMPATA 1

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg )		(cm <sup>2</sup> )		Flessione	Taglio	
0	357	304	1449	1233	0,36	0,00	0,98	0,18	
13	534	455	1386	1180	1,26	0,00	0,38	0,83	
70	1201	1022	1098	934	1,26	0,00	0,87	0,66	
139	1763	1500	748	635	1,66	0,00	0,99	0,41	
209	2074	1763	397	336	1,94	0,00	0,98	0,21	
279	2087	1771	47	37	1,94	0,00	0,99	0,02	
288	2087				1,94	0,00	0,99	0,00	
349	2087	1771	-254	-311	1,94	0,00	0,99	0,16	
418	1870	1585	-553	-662	1,74	0,00	0,99	0,36	
488	1381	1166	-852	-1012	1,30	0,00	0,97	0,60	
558	593	591	-1151	-1362	1,26	0,00	0,43	0,82	
627	-1054	-1320	-1450	-1713	1,26	1,37	0,91	1,00	
685	-1708	-2081	-1696	-2001	1,26	2,18	0,91	1,00	
697	-1708	-2081	-1749	-2063	0,00	2,18	0,88	0,26	

#### CAMPATA 2

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg )		(cm <sup>2</sup> )		Flessione	Taglio	
0	-1708	-2081	737	311	0,00	2,18	0,88	0,09	
13	-1737	-2081	674	257	1,26	1,99	0,99	0,35	
23	-1708	-2081	624	215	1,26	1,99	0,99	0,32	
45	-1708	-2031	511	118	1,26	1,95	0,99	0,26	
67	-1628	-1949	398	22	1,26	1,88	0,98	0,21	
90	-1562	-1892	285	-75	1,26	1,83	0,98	0,15	
113	-1506	-1845	172	-172	1,26	1,79	0,98	0,09	

135	-1562	-1892	75	-285	1,26	1,83	0,98	0,15
158	-1628	-1949	-22	-398	1,26	1,88	0,98	0,21
180	-1708	-2031	-118	-511	1,26	1,95	0,99	0,26
203	-1708	-2081	-215	-624	1,26	1,99	0,99	0,32
213	-1737	-2081	-257	-674	1,26	1,99	0,99	0,35
225	-1708	-2081	-311	-737	0,00	2,18	0,88	0,09

#### CAMPATA 3

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza	Note
(cm)	(kg *m)		(kg )			(cm²)	Flessione	Taglio
0	-1708	-2081	2063	1749	0,00	2,18	0,88	0,26
13	-1708	-2081	2001	1696	1,26	2,18	0,91	1,00
70	-1054	-1320	1713	1450	1,26	1,37	0,91	1,00
139	593	591	1362	1151	1,26	0,00	0,43	0,82
209	1381	1166	1012	852	1,30	0,00	0,97	0,60
279	1870	1585	662	553	1,74	0,00	0,99	0,36
349	2087	1771	311	254	1,94	0,00	0,99	0,16
409	2087				1,94	0,00	0,99	0,00
418	2087	1771	-37	-47	1,94	0,00	0,99	0,02
488	2074	1763	-336	-397	1,94	0,00	0,98	0,21
558	1763	1500	-635	-748	1,66	0,00	0,99	0,41
627	1201	1022	-934	-1098	1,26	0,00	0,87	0,66
685	534	455	-1180	-1386	1,26	0,00	0,38	0,83
697	357	304	-1233	-1449	0,36	0,00	0,98	0,18

#### REAZIONI D'APPOGGIO

#### BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI

(riferite all' interasse)

Num.	MAX	MIN	Ø	LUNGH.TOT.
app.	(kg )	(kg )	(mm)	(cm)
1	1449	1233	8	66
2	2801	2060	10	106
3	2801	2060	10	106
4	1449	1233	8	66

#### TABELLA DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

Mensola/ Campata	Mom.max	a.inf	Indice resistenza flessione
n.	(kg *m)	(cm²)	
1	2087	1,94	0,992
2	159	1,26	0,116
3	2087	1,94	0,992

#### Tabella delle sollecitazioni delle tensioni e delle armature solaio tralicciato

(riferite all'interasse del solaio)

#### CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Riferimento: Schema: Tral\_01

#### CAMPATA 1

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg )			(cm²)		(kg/cm² )			(mm)	
0	0	0	1092	1049	0,36	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
13	134	128	1044	1003	1,26	0,00	-2,20	-0,80	32	0,00	0,00	
70	669	642	827	795	1,26	0,00	-21,43	0,00	1988	0,09	0,00	
139	1153	1108	563	541	1,66	0,00	-32,77	0,00	2619	0,14	0,00	
209	1454	1396	299	287	1,94	0,00	-38,63	0,00	2837	0,15	0,00	
279	1570	1507	35	33	1,94	0,00	-41,71	0,00	3063	0,16	0,00	
288	1572				1,94	0,00	-41,76	0,00	3066	0,16	0,00	
349	1502	1441	-220	-231	1,94	0,00	-39,91	0,00	2931	0,16	0,00	
418	1250	1199	-474	-496	1,74	0,00	-34,79	0,00	2711	0,15	0,00	
488	813	779	-728	-760	1,30	0,00	-25,69	0,00	2344	0,12	0,00	
558	192	182	-982	-1024	1,26	0,00	-3,18	-1,20	46	0,00	0,00	
627	-583	-622	-1236	-1289	1,26	1,37	-19,64		60	0,00	0,00	
685	-1349	-1421	-1444	-1505	1,26	2,18	-44,82		136	0,00	0,00	
697	-1475	-1549	-1490	-1553	0,00	2,18	-15,23		102	0,00	0,00	

#### CAMPATA 2

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg )			(cm²)		(kg/cm² )			(mm)	
0	-1475	-1549	461	376	0,00	2,18	-15,23		102	0,00	0,00	
13	-1489	-1557	414	330	1,26	1,99	-92,47		3093	0,00	0,33	
23	-1456	-1519	376	294	1,26	1,99	-90,21		3017	0,00	0,31	
45	-1390	-1454	290	212	1,26	1,95	-86,91		2944	0,00	0,29	
67	-1342	-1408	205	130	1,26	1,88	-44,43		136	0,00	0,00	
90	-1313	-1380	120	48	1,26	1,83	-43,56		133	0,00	0,00	
113	0	-1371	34	-34	1,26	1,79	-43,27		132	0,00	0,00	
135	-1313	-1380	-48	-120	1,26	1,83	-43,56		133	0,00	0,00	
158	-1342	-1408	-130	-205	1,26	1,88	-44,43		136	0,00	0,00	
180	-1390	-1454	-212	-290	1,26	1,95	-86,91		2944	0,00	0,29	
203	-1456	-1519	-294	-376	1,26	1,99	-90,21		3017	0,00	0,31	
213	-1489	-1557	-330	-414	1,26	1,99	-92,47		3093	0,00	0,33	
225	-1475	-1549	-376	-461	0,00	2,18	-15,23		102	0,00	0,00	

## CAMPATA 3

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg )		(cm <sup>2</sup> )			(kg/cm <sup>2</sup> )		(mm)		
0	-1475	-1549	1553	1490	0,00	2,18	-15,23		102	0,00	0,00	
13	-1349	-1421	1505	1444	1,26	2,18	-44,82		136	0,00	0,00	
70	-583	-622	1289	1236	1,26	1,37	-19,64		60	0,00	0,00	
139	192	182	1024	982	1,26	0,00	-3,18	-1,20	46	0,00	0,00	
209	813	779	760	728	1,30	0,00	-25,69	0,00	2344	0,12	0,00	
279	1250	1199	496	474	1,74	0,00	-34,79	0,00	2711	0,15	0,00	
349	1502	1441	231	220	1,94	0,00	-39,91	0,00	2931	0,16	0,00	
409	1572				1,94	0,00	-41,76	0,00	3066	0,16	0,00	
418	1570	1507	-33	-35	1,94	0,00	-41,71	0,00	3063	0,16	0,00	
488	1454	1396	-287	-299	1,94	0,00	-38,63	0,00	2837	0,15	0,00	
558	1153	1108	-541	-563	1,66	0,00	-32,77	0,00	2619	0,14	0,00	
627	669	642	-795	-827	1,26	0,00	-21,43	0,00	1988	0,09	0,00	
685	134	128	-1003	-1044	1,26	0,00	-2,20	-0,80	32	0,00	0,00	
697	0	0	-1049	-1092	0,36	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

## REAZIONI D'APPOGGIO

(riferite all' interasse)

## BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI

Num.	MAX	MIN	Ø	LUNGH.TOT.
app.	(kg )	(kg )	(mm)	(cm)
1	1092	1049	8	66
2	2014	1866	10	106
3	2014	1866	10	106
4	1092	1049	8	66

## TABELLA DELLE FRECCHE E DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

fmax &gt; 0 = abbassamento

Modulo di elasticita' = 200000 kg/cm<sup>2</sup>

Mensola/ Mom.inerzia Campata	Mom.max	a.inf	Sc	Slat	Sf	winf	xfmax	fmax	fmax/l	Mom.inerzia convenzionale	Mom.inerzia sez.non.fess.	Sez.fess.
n.	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )		(mm)	(cm)	(cm)		(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
1	1572	1,94	-41,76	0,00	3066	0,16	320	1,01	1/692	87642	50904	10381
2	120	1,79	-1,96	-0,80	28	0,00	113	-0,04		87642	50904	50904
3	1572	1,94	-41,76	0,00	3066	0,16	377	1,01	1/692	87642	50904	10381

## Tabella delle armature superiori, fasce piene e semipiene ( solaio tralicciato )

Riferimento: Schema: Tral\_01

Num.	Ø	Lungh. sinistra	Lungh. destra
app. (mm)	(mm)	(cm)	(cm)
2	12	155	380
2	12	115	340

## Tabella delle armature inferiori ( solaio tralicciato )

Riferimento: Schema: Tral\_01

Campata 1 - Luce 697 cm - Lunghezza Travetto 672 cm

Barra	n	Ø	Lungh. sinistra	Lungh. destra	Lungh. Totale
		(mm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	10		346	346	692
1	10		346	346	692

Campata 2 - Luce 225 cm - Lunghezza Travetto 200 cm

Barra	n	Ø	Lungh. sinistra	Lungh. destra	Lungh. Totale
		(mm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	8		110	110	220
1	8		110	110	220

Campata 3 - Luce 697 cm - Lunghezza Travetto 672 cm

Barra	n	Ø	Lungh. sinistra	Lungh. destra	Lungh. Totale
		(mm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	10		346	346	692
1	10		346	346	692

Armatura base di confezione = 0,39 cm<sup>2</sup>/int

# Indici di resistenza (SLU) effettivi di lavoro (rif. all'interasse) solaio tralicciato

Riferimento: Schema: Tral\_01

Mensola/Campata	Ascissa	Momento	Taglio a.inf	a.sup	Indice resistenza	
	(cm)	(kg *m)	(kg )	(cm²)	flessione	taglio
1	0	304	1449	0,50	0,00	0,55
1	13	455	1386	1,96	0,00	0,72
1	288	2087	0	1,96	0,00	0,98
1	685	-2081	-2001	1,96	2,26	0,88
1	697	-2081	-2063	0,79	2,26	0,85
2	0	-2081	737	0,79	2,26	0,85
2	13	-2081	674	1,40	2,26	0,88
2	113	159	172	1,40	2,26	0,10
2	213	-2081	-674	1,40	2,26	0,88
2	225	-2081	-737	0,79	2,26	0,85
3	0	-2081	2063	0,79	2,26	0,85
3	13	-2081	2001	1,96	2,26	0,88
3	409	2087	0	1,96	0,00	0,98
3	685	455	-1386	1,96	0,00	0,21
3	697	304	-1449	0,50	0,00	0,55

# Tensioni massime (SLE) effettive di lavoro (rif. all'interasse) solaio tralicciato

Riferimento: Schema: Tral\_01

Mensola/Campata	Ascissa	Momento	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
	(cm)	(kg *m)	(cm²)			( kg/cm² )		(mm)		
1	0	0	0,50	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
1	13	128	1,96	0,00	-2,08	-0,80	29	0,00	0,00	
1	288	1572	1,96	0,00	-41,57	0,00	3036	0,16	0,00	
1	685	-1421	1,96	2,26	-13,67		92	0,00	0,00	
1	697	-1549	0,79	2,26	-15,10		101	0,00	0,00	
2	0	-1549	0,79	2,26	-15,10		101	0,00	0,00	
2	13	-1557	1,40	2,26	-15,08		102	0,00	0,00	
2	113	120	1,40	2,26	-1,16	-0,70	8	0,00	0,00	
2	213	-1557	1,40	2,26	-15,08		102	0,00	0,00	
2	225	-1549	0,79	2,26	-15,10		101	0,00	0,00	
3	0	-1549	0,79	2,26	-15,10		101	0,00	0,00	
3	13	-1421	1,96	2,26	-13,67		92	0,00	0,00	
3	409	1572	1,96	0,00	-41,57	0,00	3036	0,16	0,00	
3	685	128	1,96	0,00	-2,08	-0,80	29	0,00	0,00	
3	697	0	0,50	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

# DATI DIMENSIONALI, CARICHI E PARAMETRI DI PROGETTO SOLAIO TRALICCIATO

Riferimento: Schema: Tral\_03

## CAMPATE

```

+-----+
| 1 |
+-----+
Interasse (cm) | 697 |
+-----+

```

## APPOGGI

```

+-----+
Larghezza (cm) | 25 | 25 |
+-----+
Coeff.riduz.mom.neg. | 0 | 0 |
+-----+
Largh. spunt. (cm) | 25 | 25 |
+-----+
Tipo appoggio | T | T |
+-----+

```

## CARICHI DISTRIBUITI UNIFORMI (POSITIVI SE RIVOLTI VERSO IL BASSO)

### E RELATIVE ASTE DI APPLICAZIONE

Unita' di misura: kg/cm²

PARAMETRI DI CARICO		ASTE INTERESSATE	
N.	permanenti	variabili	1
		(accidentali)	
1	0,055	0,008	*

## FATTORI DI SICUREZZA PARZIALE SUI CARICHI S.L.U. E S.L.E.

Fattore di sicurezza per carichi permanenti S.L.U.: 1.3 S.L.E.: 1  
Fattore di sicurezza per carichi variabili S.L.U.: 1.5 S.L.E.: 0.7

## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE SEZIONI DI PROGETTO

Normativa		NTC-2018
Versione		Edifici nuovi
Resistenza calcestruzzo Rck	kg/cm <sup>2</sup>	350
fyk	kg/cm <sup>2</sup>	4580
Copriferro	(cm)	2
Altezza solaio	(cm)	24+6
Interasse	(cm)	60
Armatura base di confezione	(cm <sup>2</sup> /int)	0,39
Tipo blocco		Non collaborante
Condizione ambientale		Ordinaria
Combinazione SLE		Rara
Aliq. momento massimo positivo in campata		16
Verifica a taglio		Ottimizzata

-----  
**Tabella delle sollecitazioni, indici di resistenza e delle armature solaio tralicciato**  
**(riferite all'interasse del solaio)**  
**CALCOLO ALLO STATO LIMITE ULTIMO**  
 -----

Riferimento: Schema: Tral\_03

**CAMPATA 1**

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg )		(cm <sup>2</sup> )		Flessione	Taglio	
0	434	370	1752	1495	0,40	0,00	0,98		0,22
13	649	554	1689	1441	1,26	0,00	0,47		0,95
70	1489	1270	1402	1196	1,38	0,00	0,98		0,79
139	2263	1931	1051	897	2,10	0,00	0,99		0,53
209	2786	2377	701	598	2,62	0,00	0,98		0,33
279	3053	2605	350	299	2,86	0,00	0,99		0,16
349	3053	2605	0	0	2,86	0,00	0,99		0,00
418	3053	2605	-299	-350	2,86	0,00	0,99		0,16
488	2786	2377	-598	-701	2,62	0,00	0,98		0,33
558	2263	1931	-897	-1051	2,10	0,00	0,99		0,53
627	1489	1270	-1196	-1402	1,38	0,00	0,98		0,79
685	649	554	-1441	-1689	1,26	0,00	0,47		0,95
697	434	370	-1495	-1752	0,40	0,00	0,98		0,22

**REAZIONI D'APPOGGIO**

(riferite all' interasse)

**BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI**

Num.	MAX	MIN	Ø	LUNGH.TOT.
app.	(kg )	(kg )	(mm)	(cm)
1	1752	1495	14	82
2	1752	1495	14	82

**TABELLA DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)**

Mensola/ Campata	Mom.max	a.inf	Indice resistenza flessione
n.	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )	
1	3053	2,86	0,991

-----  
**Tabella delle sollecitazioni delle tensioni e delle armature solaio tralicciato**  
**(riferite all'interasse del solaio)**  
**CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO**  
 -----

Riferimento: Schema: Tral\_03

**CAMPATA 1**

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg )		(cm <sup>2</sup> )			(kg/cm <sup>2</sup> )		(mm)		
0	0	0	1322	1270	0,40	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
13	162	156	1274	1225	1,26	0,00	-2,68	-1,00	39	0,00	0,00	
70	829	797	1057	1016	1,38	0,00	-25,52	0,00	2254	0,12	0,00	
139	1474	1416	793	762	2,10	0,00	-37,86	0,00	2662	0,14	0,00	
209	1934	1859	529	508	2,62	0,00	-45,29	0,00	2819	0,14	0,00	
279	2211	2125	264	254	2,86	0,00	-49,91	0,00	2960	0,14	0,00	
349	2303	2213	0	0	2,86	0,00	-51,99	0,00	3083	0,15	0,00	
418	2211	2125	-254	-264	2,86	0,00	-49,91	0,00	2960	0,14	0,00	
488	1934	1859	-508	-529	2,62	0,00	-45,29	0,00	2819	0,14	0,00	
558	1474	1416	-762	-793	2,10	0,00	-37,86	0,00	2662	0,14	0,00	
627	829	797	-1016	-1057	1,38	0,00	-25,52	0,00	2254	0,12	0,00	
685	162	156	-1225	-1274	1,26	0,00	-2,68	-1,00	39	0,00	0,00	
697	0	0	-1270	-1322	0,40	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

**REAZIONI D'APPOGGIO**

(riferite all' interasse)

**BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI**

Num.	MAX	MIN	Ø	LUNGH.TOT.
app.	(kg )	(kg )	(mm)	(cm)

1	1322	1270	14	82
2	1322	1270	14	82

#### TABELLA DELLE FRECCE E DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

fmax > 0 = abbassamento Modulo di elasticita' = 200000 kg/cm<sup>2</sup>

Mensola/ Campata	Mom.max	a.inf	Sc	Slat	Sf	winf	xymax	fmax	fmax/l	Mom.inerzia convenzionale	Mom.inerzia sez.non.fess.	Sez.fess.
	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )		(mm)	(cm)	(cm)		(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
1	2303	2,86	-51,99	0,00	3083	0,15	349	1,25	1/559	87642	50904	14542

#### Tabella delle armature superiori, fasce piene e semipiene ( solaio tralicciato )

Riferimento: Schema: Tral\_03

Non ci sono armature superiori

#### Tabella delle armature inferiori ( solaio tralicciato )

Riferimento: Schema: Tral\_03

Campata 1 - Luce 697 cm - Lunghezza Travetto 672 cm

Barra	n	Ø (mm)	Lungh. sinistra (cm)	Lungh. destra (cm)	Lungh. Totale (cm)
1	14	346	346	692	
1	12	266	266	532	piegata

Armatura base di confezione = 0,39 cm<sup>2</sup>/int

#### Indici di resistenza (SLU) effettivi di lavoro (rif. all'interasse) solaio tralicciato

Riferimento: Schema: Tral\_03

Mensola/Campata	Ascissa	Momento	Taglio	a.inf	a.sup	Indice resistenza	
	(cm)	(kg *m)	(kg )		(cm <sup>2</sup> )	flessione	taglio
1	0	370	1752	1,54	0,00	0,22	0,22
1	13	554	1689	1,93	0,00	0,26	0,88
1	349	3053	0	3,06	0,00	0,93	0,00
1	685	554	-1689	1,93	0,00	0,26	0,88
1	697	370	-1752	1,54	0,00	0,22	0,22

#### Tensioni massime (SLE) effettive di lavoro (rif. all'interasse) solaio tralicciato

Riferimento: Schema: Tral\_03

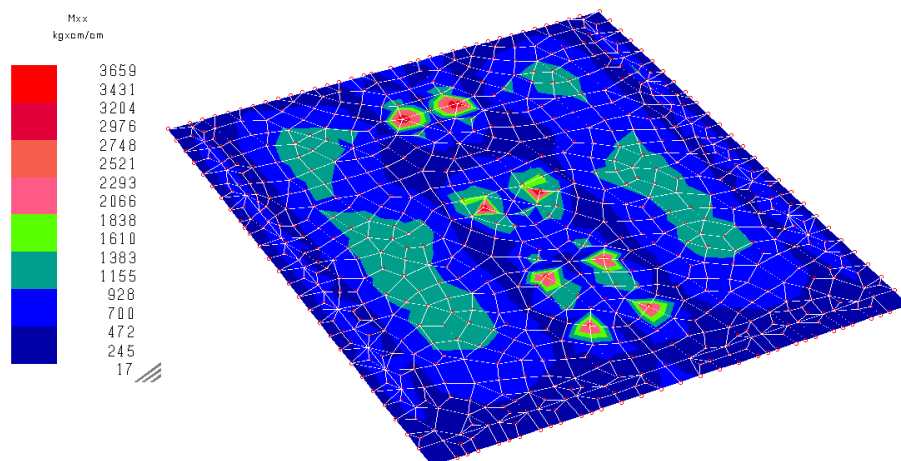
Mensola/Campata	Ascissa	Momento	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
	(cm)	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )		( kg/cm <sup>2</sup> )			(mm)		
1	0	0	1,54	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
1	13	156	1,93	0,00	-2,53	-1,00	36	0,00	0,00	
1	349	2303	3,06	0,00	-50,57	0,00	2888	0,13	0,00	
1	685	156	1,93	0,00	-2,53	-1,00	36	0,00	0,00	
1	697	0	1,54	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

#### 11.2.9 RISULTATI FONDAZIONI C.A. - PLATEA SP. 30 CM

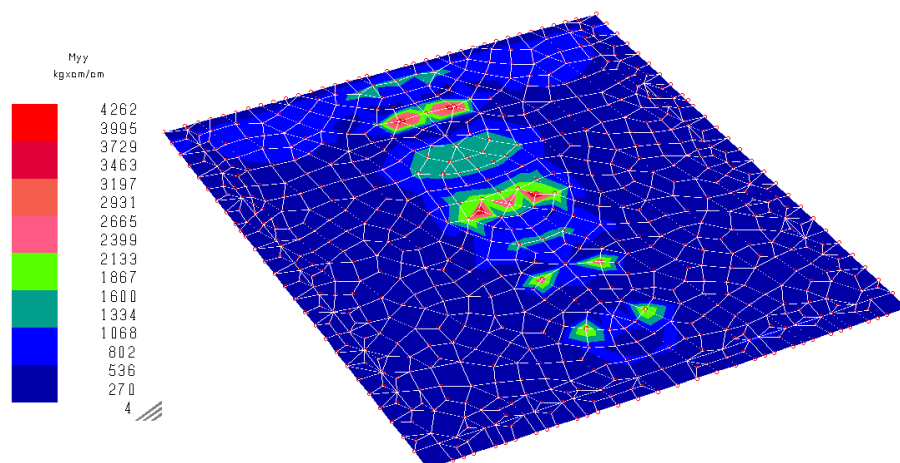
Per la verifica delle fondazioni si è realizzato un ulteriore modello ad elementi finiti, incrementando del 10% le azioni agenti sulle strutture come richiesto dalle NTC 2018 al punto 7.2.5 per le fondazioni superficiali progettate in CD "B".

La capacità portante è valutata sulla base delle indagini eseguite nel 2003 da ing. Mario Berlanda sul sito in oggetto per la costruzione della adiacente palestra in muratura ("*Relazione geologico-tecnica e indagine geognostica con mezzi meccanici per la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo di una nuova palestra in Salboro (PD) Via P. Bembo*")

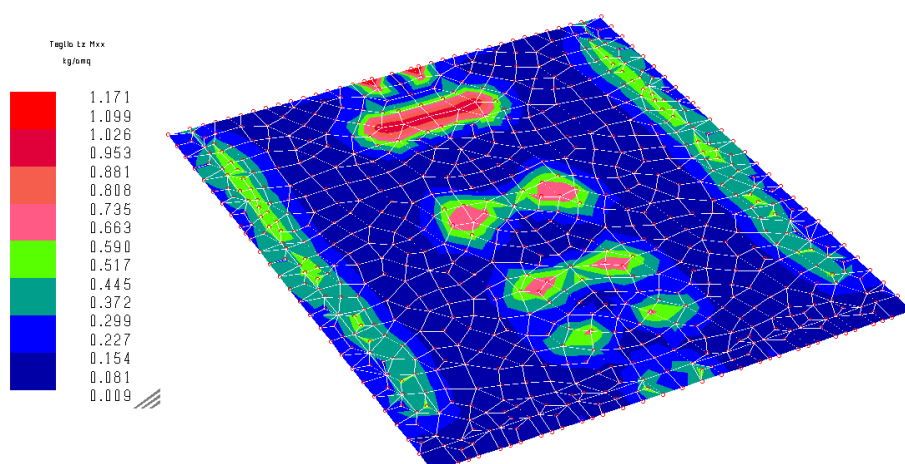
Nella immagini seguenti si riportano i risultati.



**Momento flettente Mxx**



**Momento flettente Myy**



**Taglio Tz (Mxx)**



Pag. 43/52

Si ha sulla base delle indagini citate per terreno coesivo (approccio n.2), per platea di dimensioni 17.90x19.10 m spessore 30 cm:

$$q_d = (1 + 0.20 \times B/L) \times c_u \times N_c + \gamma D \times N_q + (1 - 0.20 \times B/L) \times \gamma B/2 \times N_\gamma$$

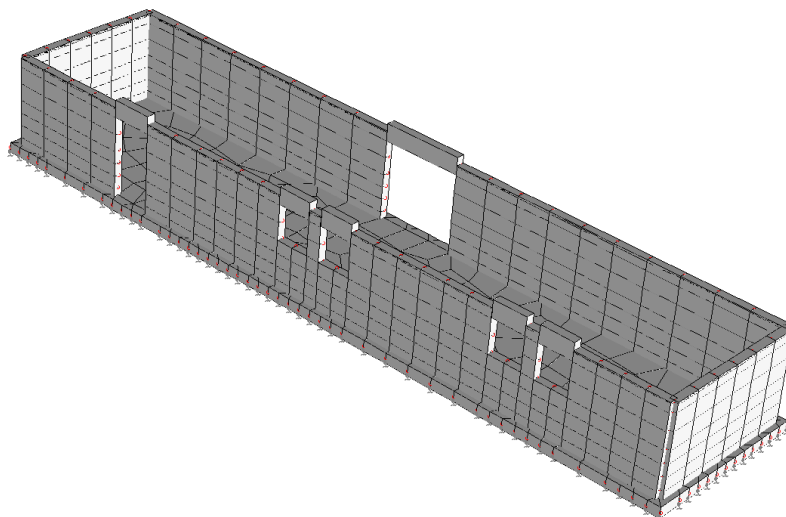
$$q_d = (1 + 0.20 \times 17.9/19.1) \times 5 \times 5.70 + 1.80 \times 0.3 \times 1 = 34.4 \text{ t/mq}$$

$$q_{lim} = 34.4/2.30 = 15.0 \text{ t/mq} = 1.50 \text{ kg/cmq}$$

Si ha  $q_{lim} > q_d$  (0.453)

### 11.3 CORPO MAGAZZINO E CENTRALE TERMICA

Si riportano i dati salienti della modellazione e i risultati per immagini.



**Modello magazzino/CT**

#### FATTORE DI STRUTTURA per MAGAZZINO

Per il calcolo del fattore di struttura si è fatto riferimento a quanto indicato dalla normativa per strutture in legno (tab. 7.3.II NTC 2018) considerando i seguenti parametri di calcolo:

- tipologia strutturale: muratura ordinaria;
- classe di duttilità: B;
- coefficiente di base  $q_0 = 1.75 \alpha_u/\alpha_1$ ;  $\alpha_u/\alpha_1 = 1.70$ ;  $k_r = 1.00$ ;  $q_{lim} = 2.975$

#### 11.3.1 LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+004	0.250	0.00180	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C28/35 (Rck 350)	+3.30e+005	0.120	0.00250	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
3	senza p.p. Muratura	+1.50e+003	0.250	0.00000	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

#### 11.3.2 CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

##### Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona II	3	Condizione 2	Variabile: Neve	0.008200	0.000	0.008200	0.000	0.0000	0.0000

##### Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz .	Aliq.inerz . SLD
Peso proprio solaio h = 25+5 cm	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	- 0.035000	0.000	- 0.035000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente su copertura	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	- 0.020000	0.000	- 0.020000	0.000	1.0000	1.0000

### 11.3.3 CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

#### Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Categoria B2 - Uffici aperti al pubblico	4	Condizione 3	Variabile: Uffici	-0.030600	0.3000	0.3000
Permanente su platea	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.020000	1.0000	1.0000

### 11.3.4 COMBINAZIONI DI CARICO

#### NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

##### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500

##### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

##### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

### 11.3.5 IMPALCATO DI COPERTURA

#### CAMPATE

```

+-----+
|   1   |
+-----+

```

Interasse (cm) | 451 |  
+-----

#### APPOGGI

Larghezza (cm)	25   25
Coeff. riduz. mom. neg.	0   0
Largh. spunt. (cm)	25   25
Tipo appoggio	T   T

#### CARICHI DISTRIBUITI UNIFORMI (POSITIVI SE RIVOLTI VERSO IL BASSO) E RELATIVE ASTE DI APPLICAZIONE

Unita' di misura: kg/cm²

PARAMETRI DI CARICO	ASTE INTERESSATE
N.   permanenti   variabili     1	
(accidentali)	
1   0,055   0,060     *	

#### FATTORI DI SICUREZZA PARZIALE SUI CARICHI S.L.U. E S.L.E.

Fattore di sicurezza per carichi permanenti	S.L.U.: 1.3	S.L.E.: 1
Fattore di sicurezza per carichi variabili	S.L.U.: 1.5	S.L.E.: 0.7

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE SEZIONI DI PROGETTO

Normativa	NTC-2018
Versione	Edifici nuovi
Resistenza calcestruzzo Rck	kg/cm² 300
fyk	kg/cm² 4580
Copriferro	(cm) 2
Altezza solaio	(cm) 6+19+5
Interasse	(cm) 120
Armatura base di confezione	(cm²/int) 1,71
Tipo blocco	Non collaborante
Condizione ambientale	Ordinaria
Combinazione SLE	Rara
Aliq. momento massimo positivo in campata	16
Verifica a taglio	Ottimizzata

#### Tabella delle sollecitazioni, indici di resistenza e delle armature solaio a lastre (riferite all'interasse del solaio) CALCOLO ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Riferimento: Schema: Lastra\_01

#### CAMPATA 1

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza	Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm²)		Flessione	Taglio
0	535	237	4370	1935	0,52	0,00	0,93	0,29
13	1067	472	4128	1828	2,52	0,00	0,38	0,83
45	2254	998	3496	1548	2,52	0,00	0,82	0,71
90	3539	1567	2622	1161	3,28	0,00	0,99	0,53
135	4414	1954	1748	774	4,12	0,00	0,99	0,33
180	4895	2167	874	387	4,56	0,00	0,99	0,16
226	4927	2181	0	0	4,60	0,00	0,99	0,00
271	4895	2167	-387	-874	4,56	0,00	0,99	0,16
316	4414	1954	-774	-1748	4,12	0,00	0,99	0,33
361	3539	1567	-1161	-2622	3,28	0,00	0,99	0,53
406	2254	998	-1548	-3496	2,52	0,00	0,82	0,71
439	1067	472	-1828	-4128	2,52	0,00	0,38	0,83
451	535	237	-1935	-4370	0,52	0,00	0,93	0,29

#### REAZIONI D'APPOGGIO

(riferite all' interasse)

#### BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI

Num.	MAX	MIN	Ø	LUNGH.TOT.
app.	(kg)	(kg)	(mm)	(cm)
1	4370	1935	2Ø10	66
2	4370	1935	2Ø10	66

#### TABELLA DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

Mensola/	Mom.max	a.inf	Indice resistenza
Campata			flessione

n.	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )	
1	4927	4,60	0,993

**Tabella delle sollecitazioni delle tensioni e delle armature solaio a lastre**  
(riferite all'interasse del solaio)  
**CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

Riferimento: Schema: Lastra\_01

**CAMPATA 1**

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg )		(cm <sup>2</sup> )			(kg/cm <sup>2</sup> )		(mm)		
0	0	0	3112	2625	0,52	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
13	378	319	2939	2479	2,52	0,00	-2,15	-1,50	17	0,00	0,00	
45	1263	1065	2490	2100	2,52	0,00	-7,17	-4,70	57	0,00	0,00	
90	2246	1894	1867	1575	3,28	0,00	-12,72	-8,40	100	0,00	0,00	
135	2947	2486	1245	1050	4,12	0,00	-16,66	-11,00	131	0,00	0,00	
180	3368	2841	622	525	4,56	0,00	-19,02	-12,50	149	0,00	0,00	
226	3509	2959	0	0	4,60	0,00	-19,81	-13,00	155	0,00	0,00	
271	3368	2841	-525	-622	4,56	0,00	-19,02	-12,50	149	0,00	0,00	
316	2947	2486	-1050	-1245	4,12	0,00	-16,66	-11,00	131	0,00	0,00	
361	2246	1894	-1575	-1867	3,28	0,00	-12,72	-8,40	100	0,00	0,00	
406	1263	1065	-2100	-2490	2,52	0,00	-7,17	-4,70	57	0,00	0,00	
439	378	319	-2479	-2939	2,52	0,00	-2,15	-1,50	17	0,00	0,00	
451	0	0	-2625	-3112	0,52	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

**REAZIONI D'APPOGGIO**

(riferite all' interasse)

**BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI**

Num.	MAX	MIN	Ø	LUNGH.TOT.
app.	(kg )	(kg )	(mm)	(cm)
1	3112	2625	2Ø10	66
2	3112	2625	2Ø10	66

**TABELLA DELLE FRECCHE E DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)**

fmax > 0 = abbassamento Modulo di elasticita' = 200000 kg/cm<sup>2</sup>

Mensola/ Mom.inerzia Campata	Mom.max	a.inf	Sc	Slat	Sf	winf	xfmax	fmax	fmax/l	Mom.inerzia convenzionale	Mom.inerzia sez.non.fess.	Sez.fess.
n.	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )		(mm)	(cm)	(cm)		(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
1	3509	4,60	-19,81	-13,00	155	0,00	226	0,19	1/2341	175284	223616	223616

**Tabella delle armature superiori, fasce piene e semipiene ( solaio a lastre )**

Riferimento: Schema: Lastra\_01

Non ci sono armature superiori

**Tabella delle armature inferiori ( solaio a lastre )**

Riferimento: Schema: Lastra\_01

Campata 1 - Luce 451 cm - Lunghezza Lastra 426 cm

Barra	n	Ø	Lungh. sinistra	Lungh. destra	Lungh. Totale
		(mm)	(cm)	(cm)	(cm)
	4	10	223	223	446

Armatura base di confezione = 1,71 cm<sup>2</sup>/int

**Indici di resistenza (SLU) effettivi di lavoro (rif. all'interasse) solaio a lastre**

Riferimento: Schema: Lastra\_01

Mensola/Campata	Ascissa	Momento	Taglio	a.inf	a.sup	Indice resistenza	
	(cm)	(kg *m)	(kg )	(cm <sup>2</sup> )		flessione	taglio
1	0	237	4370	1,57	0,00	0,14	0,29
1	13	472	4128	4,85	0,00	0,09	0,74
1	226	4927	0	4,85	0,00	0,94	0,00
1	439	472	-4128	4,85	0,00	0,09	0,74
1	451	237	-4370	1,57	0,00	0,14	0,29

-----  
**Tensioni massime (SLE) effettive di lavoro (rif. all'interasse) solaio a lastre**  
 -----

Riferimento: Schema: Lastra\_01

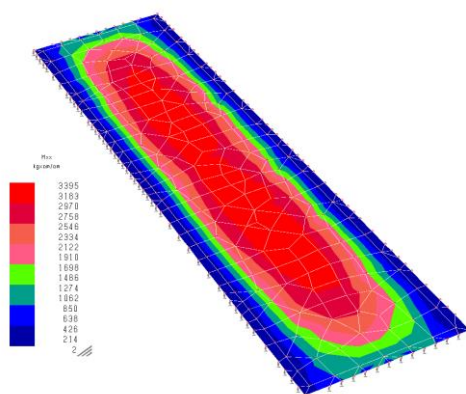
Mensola/Campata	Ascissa	Momento	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
	(cm)	(kg *m)	(cm <sup>2</sup> )			( kg/cm <sup>2</sup> )			(mm)	
1	0	0	1,57	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
1	13	319	4,85	0,00	-1,80	-1,20	14	0,00	0,00	
1	226	3509	4,85	0,00	-19,80	-13,00	155	0,00	0,00	
1	439	319	4,85	0,00	-1,80	-1,20	14	0,00	0,00	
1	451	0	1,57	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

### 11.3.6 RISULTATI FONDAZIONI C.A. - PLATEA SP. 30 CM

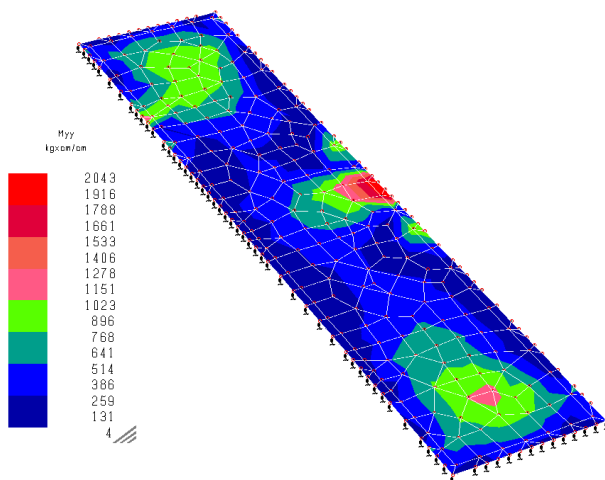
Per la verifica delle fondazioni si è realizzato un ulteriore modello ad elementi finiti, incrementando del 10% le azioni agenti sulle strutture come richiesto dalle NTC 2018 al punto 7.2.5 per le fondazioni superficiali progettate in CD "B".

La capacità portante è valutata sulla base delle indagini eseguite nel 2003 da ing. Mario Berlanda sul sito in oggetto per la costruzione della adiacente palestra in muratura ("*Relazione geologico-tecnica e indagine geognostica con mezzi meccanici per la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo di una nuova palestra in Salboro (PD) Via P. Bembo*")

Nella immagini seguenti si riportano i risultati.



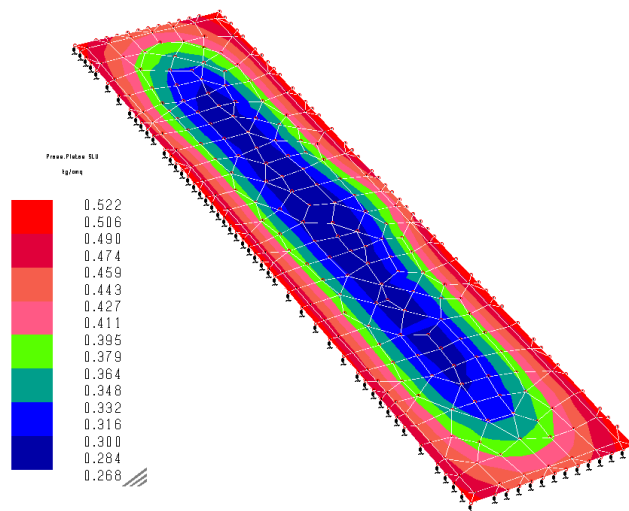
**Momento flettente Mxx**



**Momento flettente Myy**



Pag. 49/52



**Pressione terreno kg/cm<sub>q</sub> (SLU)**

Per platea di dimensioni 5,00x22,32 m spessore 30 cm:

$$q_d = (1 + 0.20 \times B/L) \times c_u \times N_c + \gamma D \times N_q + (1 - 0.20 \times B/L) \times \gamma B/2 \times N_\gamma$$

$$q_d = (1 + 0.20 \times 5.00/22.32) \times 5 \times 5.70 + 1.80 \times 0.3 \times 1 = 30.32 \text{ t/mq}$$

$$q_{lim} = 30.22/2.30 = 13.14 \text{ t/mq} = 1.31 \text{ kg/cmq}$$

Si ha  $q_{lim} > q_d$  (0.522)

Padova, Settembre 2022

Ing.

## ALLEGATO 1: INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO

### **CODICE DI CALCOLO ADOTTATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it).

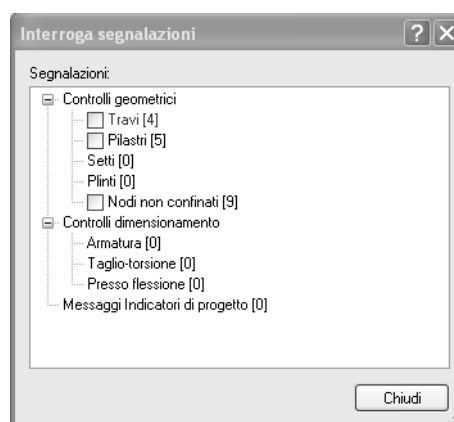
E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo).

Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.



filtri di  
essere  
gli  
dei  
  
di  
etc.  
per via  
le

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

AMV S.r.l.  
Via San Lorenzo, 106  
34077 Ronchi dei Legionari  
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.  
Fax +39 0481.777.125  
E-mail: info@amv.it  
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.  
P.Iva: IT00382470318  
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO  
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV  
in base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LIFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidità elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidità geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it).

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

AMV s.r.l.  
Il legale rappresentante  
Ing. Eugenio Aiello