

REGIONE EMILIA ROMAGNA



---

**PROGETTO PER LA VERIFICA SISMICA PRE E POST INTERVENTO  
RELATIVAMENTE AL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO  
DELL'EDIFICIO DENOMINATO PALESTRA ESISTENTE "MONTESSORI  
DA VINCI" SITO IN VIA DELLA REPUBBLICA, 3 A PORRETTA TERME  
(BO) - BLOCCO DENOMINATO 2  
CIG Z2725F3148 – C19F18000420001**

---

**VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA - STATO DI FATTO**



1	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA .....	3
2	RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3	RELAZIONE DI CALCOLO .....	9
4	VERIFICA STATICA.....	15
5	VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE .....	30
6	ALLEGATO A - ANALISI FEM .....	34

Il progettista delle strutture



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA .....</b>	<b>3</b>
1.1	DESCRIZIONE GENERALE .....	3
1.2	DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA .....	6
<b>2</b>	<b>RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>7</b>
2.1	DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA.....	7
2.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI .....	7
<b>3</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO .....</b>	<b>9</b>
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	9
3.2	AZIONI DI PROGETTO .....	9
3.2.1	ANALISI DEI CARICHI.....	9
3.3	IPOTESI, COMBINAZIONI DI CARICO E CRITERI DI VERIFICA.....	12
3.3.1	STRUTTURA INTELAIATA IN C.A.....	12
3.3.2	Combinazioni di carico .....	13
3.3.3	Ipotesi e criteri di calcolo per la verifica delle fondazioni superficiali.....	14
<b>4</b>	<b>VERIFICA STATICA.....</b>	<b>15</b>
4.1	VERIFICA COPERTURA PALAZZINA SERVIZI .....	15
4.1.1	Verifica solaio in laterocemento.....	15
4.1.2	Verifica travi in c.a.....	19
4.2	VERIFICA COPERTURA PALESTRA .....	25
4.3	VERIFICA DEI PILASTRI .....	26
4.3.1	Verifica pilastro palestra 25x25 .....	26
4.4	RIEPILOGO VERIFICHE E RISULTATI .....	29
<b>5</b>	<b>VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>ALLEGATO A - ANALISI FEM .....</b>	<b>34</b>
6.1	TABULATI .....	34
6.2	IMMAGINI MODELLAZIONE FEM.....	38

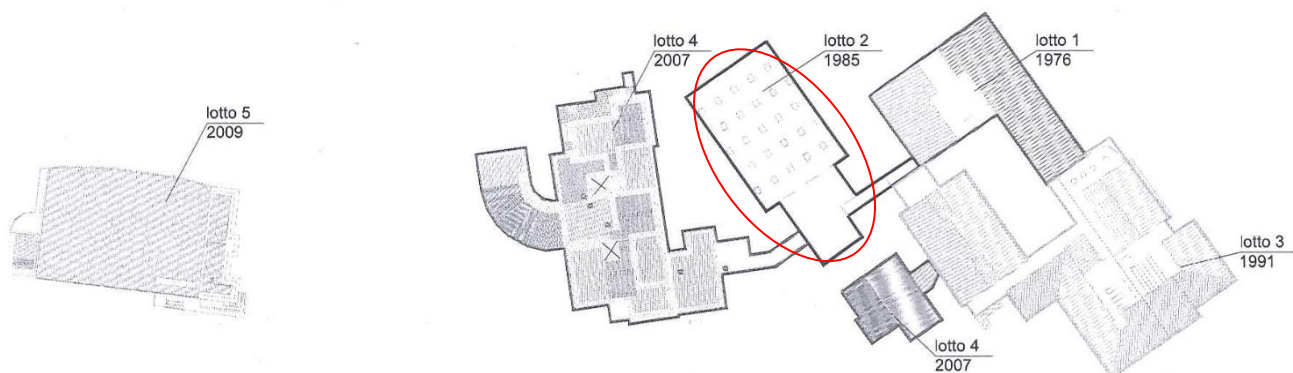
# 1 RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

## 1.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'attuale Istituto "Montessori - da Vinci" sito in Via della Repubblica, 3 – Porretta Terme (Bologna) è costituito da una serie di corpi di fabbrica inseriti in un'area piuttosto ampia, ubicata in una zona accliva sovrastante Porretta Terme.

Il complesso scolastico venne realizzato a partire dal 1976 in sei lotti successivi come di seguito elencati:

1. Corpo Vecchio – Magistrali - lotto 1 – 1976
2. Palestra 1985 - lotto 2 – 1985
3. Corpo A e B - lotto 3 – 1991
4. Corpo "ampliamento" – lotto 4 – suddiviso a sua volta in 7 blocchi strutturali – 2007
5. Corpo palestra "nuova" – lotto 5 – 2009



### **Vista del complesso scolastico - in rosso l'edificio analizzato**

I manufatti oggetto di indagine sono il corpo palestra e l'annesso corpo spogliatoi (lotto 2 del 1985). L'obiettivo della presente relazione è quello di dare una valutazione tecnica sulla sicurezza statica della struttura. In particolare sono stati considerati i carichi verticali (pesi propri, pesi permanenti portati, neve e carichi accidentali) e il carico orizzontale da vento.



### **Vista dell'edificio oggetto di indagine**

Il fabbricato monopiano in oggetto ospita la palestra e i relativi servizi spogliatoi. La palestra ha dimensioni in pianta 30,00 x 20,00 ed altezza dal solaio di calpestio di ml. 7,50. Gli spogliatoi hanno una pianta ad L inscritta in un rettangolo di dimensioni 16,00x14,00 e un'altezza dal piano di calpestio pari a 3,00 mt.

Il progetto originale delle strutture in opera è a firma del dott. ing. Giuseppe Andina, datato 1981, mentre la struttura di copertura prefabbricata è stata progettata dal dott. ing. Andrea Franchi. La costruzione è stata eseguita dall'Impresa Cooperativa Muratori di Porretta Terme e dall'Impresa Pizzarotti & C Spa per le parti prefabbricate.

Il collaudo strutturale è stato eseguito il 23.04.1985 dall'Ing. Giorgio Gasparini.

I corpi analizzati possiedono un proprio organismo strutturale completamente indipendente rispetto ad altri fabbricati. I giunti di costruzione, che dividono il corpo spogliatoi dai due corridoi, non hanno ampiezza sufficiente per essere considerati giunti sismici, ma in prima approssimazione nell'ottica di una valutazione di sicurezza statica, è stato considerato opportuno analizzare tale unità strutturale in maniera indipendente.

Per la definizione delle armature e delle caratteristiche meccaniche necessarie alla definizione degli elementi strutturali principali, sono stati utilizzati i dati desunti dalla relazione tecnica

specialistica "Indagini e controlli non distruttivi sulle strutture della palestra dell'IIS Maria Montessori di Porretta Terme" a cura della società IN SITU s.r.l.

Per gli elementi non indagati sono stati utilizzati i dati presenti nei seguenti documenti progettuali:

- elaborati grafici strutture in opera ing. Andina;
- elaborati grafici e relazione strutture prefabbricate ing. Franchi;
- relazione a struttura ultimata a firma dell'ing. Silvano Casini;
- certificato di collaudo a firma dell'ing. Gasparini.

## 1.2 DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA

La struttura verticale della palestra è del tipo a telaio, costituito da pilastri, cordoli intermedi e travi di chiusura continue in c.a. realizzati in opera.

La copertura della palestra è composta da travi ad omega e tegoli a pi-greco prefabbricati in cemento armato precompresso.

Il solaio di calpestio della palestra è realizzato in laterocemento con elementi prefabbricati tipo "varese" e cappa gettata in opera. La copertura della palazzina spogliatoi è costituita da un solaio in laterocemento con travi in c.a. in spessore.

Le tamponature della palestra e del corpo spogliatoi sono realizzate in mattoni forati di laterizio.

Le fondazioni sono di tipo diretto a suola continua in c.a. intestate sullo strato di limi ed argille limose (Livello 2).

Nel 2012 è stato progettato ed eseguito un intervento di messa in sicurezza della copertura della palestra, avente lo scopo di collegare tra di loro gli elementi prefabbricati e le travi gettate in opera (tegoli - travi omega, travi omega - travi di chiusura).

Il progettista delle strutture



## 2 RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 2.1 DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura e dei materiali che la costituiscono. Per questo vengono introdotti particolari parametri, i “fattori di confidenza”, legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive.

Essi vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare nel progetto o nella verifica (valori da ridurre ulteriormente, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza).

Vista la documentazione in possesso (elaborati grafici, relazioni e certificato di collaudo) e viste le verifiche e prove eseguite dalla IN SITU s.r.l., si è deciso di analizzare la struttura scegliendo i seguenti livelli di conoscenza:

- **LC2** - calcestruzzo e acciaio;
- **LC1** - muratura di tamponamento in laterizio forato.

**Il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza LC2 è:  $FC = 1.20$ .** Tale valore è stato utilizzato per la riduzione delle resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio.

**Il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza LC1 è:  $FC = 1.35$ .** Tale valore è stato utilizzato per la riduzione delle resistenze della muratura di laterizio forato.

### 2.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali realizzati in opera sono state confermate dalle indagini effettuate dalla società IN SITU s.r.l.. Le prove di laboratorio eseguite sui campioni estratti hanno evidenziato resistenze medie maggiori rispetto ai valori previsti nel progetto originale.

#### ▪ Calcestruzzo strutturale – pilastri e travi in c.a.

Stati limite ultimi

$$f_{cm} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} / F.C. = 9.44 \text{ MPa}$$

#### ▪ Acciaio per c.a. - pilastri, travi e solai (FeB38k - barre nervate)

Stati limite ultimi

$$f_{ym} = 428 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} / F.C. = 310 \text{ MPa}$$

▪ **Muratura in laterizio forato**

Stati limite ultimi

$$f_m = 1.1 \text{ MPa}$$

$$f_d / \text{F.C.} = 0.272 \text{ MPa}$$

$$T_0 = 0.1 \text{ MPa}$$

$$T_d / \text{F.C.} = 0.025 \text{ MPa}$$

### 3 RELAZIONE DI CALCOLO

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica delle strutture con la valutazione degli indici di vulnerabilità.

#### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- L. 05/11/1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- L. 02/02/74 n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

#### 3.2 AZIONI DI PROGETTO

Si considerano i seguenti carichi elementari caratteristici, successivamente combinati al fine di ricavare le massime sollecitazioni agli SL (SLU – SLV - SLD).

##### 3.2.1 ANALISI DEI CARICHI

###### ▪ Copertura palestra

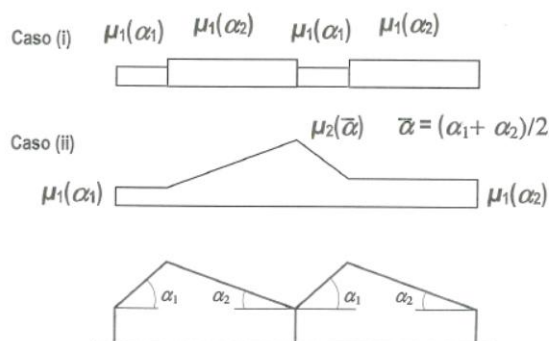
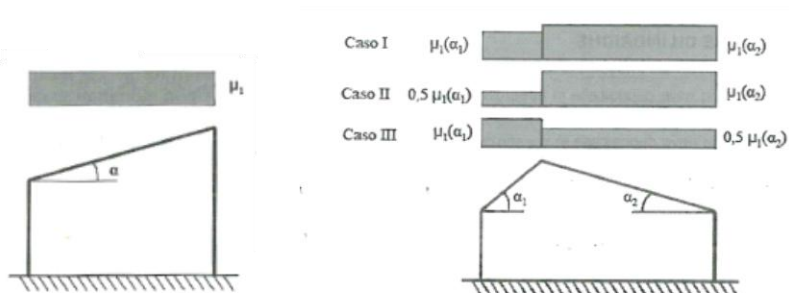
p.p. str. solaio prefabbricato	$G_{1,k} = 2.60 \text{ kN/m}^2$
permanente portato	$G_{2,k} = \underline{0.25 \text{ kN/m}^2}$
tot. carico permanente	$\Sigma G_k = 2.85 \text{ kN/m}^2$
tot. carico variabile (neve)	$Q_k = \underline{1.63 \text{ kN/m}^2}$
totale $q_k$	$4.48 \text{ kN/m}^2$

###### ▪ Copertura corpo servizi

p.p. str. solaio h=23 cm	$G_{1,k} = 2.70 \text{ kN/m}^2$
permanente portato	$G_{2,k} = \underline{1.00 \text{ kN/m}^2}$
tot. carico permanente	$\Sigma G_k = 3.70 \text{ kN/m}^2$
tot. carico variabile (neve)	$Q_k = \underline{1.63 \text{ kN/m}^2}$
totale $q_k$	$5.33 \text{ kN/m}^2$

▪ **Neve****CALCOLO CARICO DA NEVE SECONDO PUNTO 3.4 NTC18**

Zona climatica	<b>I-MEDITERRANEA</b>	
altezza sul livello del mare	$a_s$	430 m s.l.m.
carico caratteristico da neve	$q_{sk}$	2.04 $\text{kN/m}^2$
Calcolo coefficiente di forma pendenza copertura	$\alpha$	0°
	$\mu_1$	0.80
	$\mu_2$	0.80
Topografia	<b>NORMALE</b>	
Coefficiente di esposizione	$C_E$	1.00
Coefficiente termico	$C_t$	1.00



Carico da neve di progetto	$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$	<b>1.63 <math>\text{kN/m}^2</math></b>
----------------------------	--	--

Nella verifica dei solai è stato trascurato l'accumulo della neve (come nel progetto originale) e nel piano di manutenzione verrà indicato, in caso di nevicata, di rimuovere manualmente l'accumulo di neve superiore agli 80 centimetri dal piano finito della copertura.

## ▪ Vento

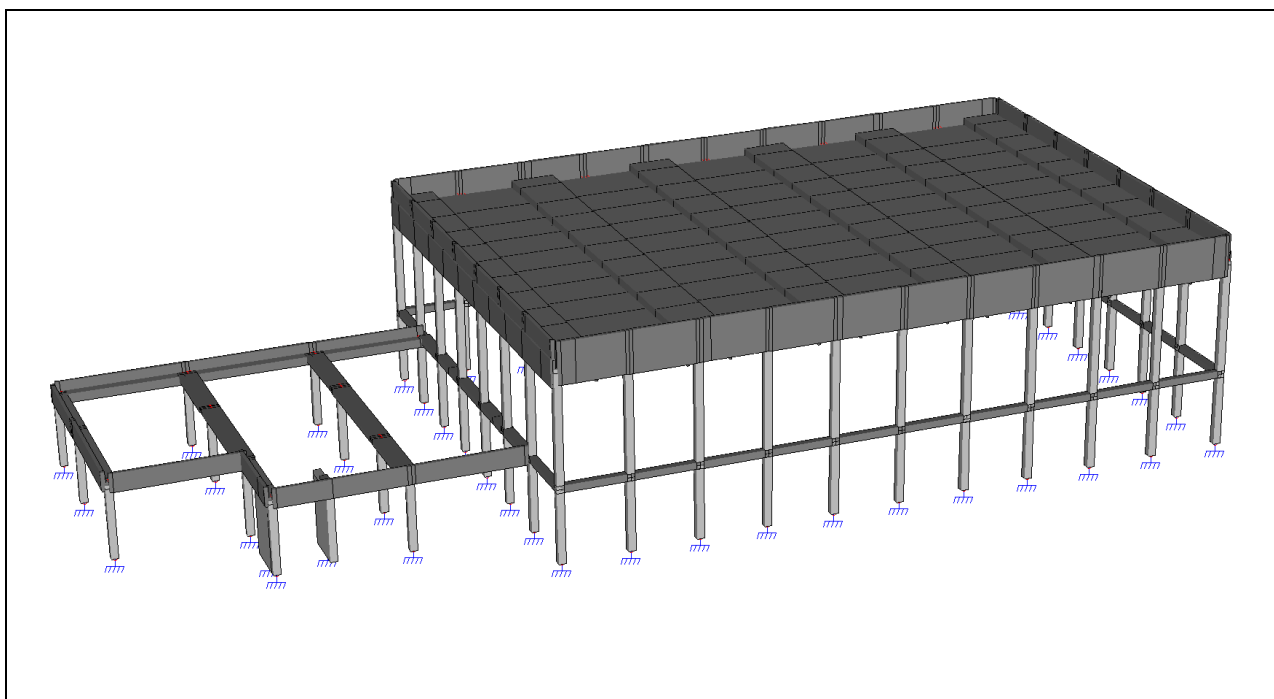
Calcolo delle pressioni statiche equivalenti all'azione del vento							
<b>secondo l'aggiornamento delle NTC - DM 17 gennaio 2018</b>							
Regione	Friuli Venezia Giulia						
Provincia	Trieste						
Zona =	2						
Classe =	B						
Categoria =	IV						
Altitudine s.l.m.: $a_s =$	430 m						
Altezza edificio: $z =$	8.00 m						
$v_{b,0} =$	25 m/s						
$a_0 =$	750 m						
$k_s =$	0.45						
$v_b =$	25 m/s		$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$				
$c_a =$	1.00		$c_a = 1$		per $a_s \leq a_0$		
$T_R =$	50 anni		$c_a = 1 + k_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$		per $a_0 < a_s \leq 1500$ m		
$c_r =$	1.00						
$v_r =$	25 m/s		=		90.066 km/h		
$c_d =$	1.00		$q_r = 0.50 \rho v_r^2 =$		0.391 kN/m <sup>2</sup>		
$c_t =$	1.00		$p(z) = q_r \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot c_p$				
$k_r =$	0.22		$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) (7+c_t \ln(z/z_0))$ per $z \geq z_{min}$				
$z_0 =$	0.30 m		$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$				
$z_{min} =$	8.00 m		$c_e(z) =$		1.63		
$c_{p,1} =$	0.8		(in pressione)				
$c_{p,2} =$	0.4		(in sovrappressione)				
Azione tangenziale del vento							
tipo di superficie	MOLTO SCABRA						
$c_f =$	0.04						
$p_f =$	0.026 kN/m <sup>2</sup>						
<b>z</b>	<b><math>c_e</math></b>	<b><math>q_r \cdot c_e(z)</math></b>	<b>v(z)</b>	<b>v(z)</b>	<b>p(z)<sub>1</sub></b>	<b>p(z)<sub>2</sub></b>	<b>press. tot.</b>
[m]		[kN/m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[km/h]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
8	1.63	0.64	32.0	115.14	0.51	0.26	0.77

### 3.3 IPOTESI, COMBINAZIONI DI CARICO E CRITERI DI VERIFICA

#### 3.3.1 STRUTTURA INTELAIATA IN C.A.

##### 3.3.1.1 Schema strutturale

- Il corpo strutturale in oggetto, è realizzato con struttura resistente alle azioni orizzontali da vento del tipo a telaio in c.a.



Vista 3D del modello strutturale

##### 3.3.1.2 Ipotesi, criteri di calcolo e tipo di analisi strutturale

Per il calcolo degli indici di vulnerabilità è stato utilizzato il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti “MASTERSAP 2018” prodotto da AMV S.r.l. Software Company – Ronchi dei Legionari(GO). I risultati delle analisi, eseguite su schema statico spaziale, sono riportate negli allegati tabulati di calcolo.

La verifica della struttura è stata effettuata attraverso **un'analisi statica lineare**. Le verifiche sono state condotte secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Di seguito si riportano i parametri principali utilizzati per la modellazione della struttura.

### 3.3.2 Combinazioni di carico

Le strutture sono verificate all'azione dei carichi permanenti e variabili verticali, alle azioni sismiche, combinate in diverse combinazioni di carico agli SLU ed agli SLE:

○ *Verifica allo Stato Limite Ultimo (SLU)*

a) SLU comb. non sismica

$$F_d = \sum \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_Q Q_{1k} + \sum (\gamma_Q \Psi_{0i} Q_{ik})$$

b) SLV (S.L. di Salvaguardia della Vita - comb. Sismica)

$$F_d = E_{SLV} + \sum G_{ik} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

○ *Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE)*

a) SLE comb. Rara (non sismica)

$$F_d = \sum G_{ik} + Q_{1k} + \sum (\Psi_{0i} Q_{ik})$$

b) SLE comb. Frequente (non sismica)

$$F_d = \sum G_{ik} + \Psi_{11} Q_{1k} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

c) SLE comb. Quasi permanente (non sismica)

$$F_d = \sum G_{ik} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

d) SLD (S.L. di Danno - comb. sismica )

$$F_d = E_{SLD} + \sum G_{ik} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

### 3.3.3 Ipotesi e criteri di calcolo per la verifica delle fondazioni superficiali

- Coefficienti di sicurezza per la verifica dell'opera agli SLU

**Tab. 6.2.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q$	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

- Coefficienti di sicurezza per la verifica delle fondazioni agli SLU

#### APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

**Tab. 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

- Coefficienti di sicurezza sulla resistenza del terreno

**Tab. 6.4.I** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

## 4 VERIFICA STATICA

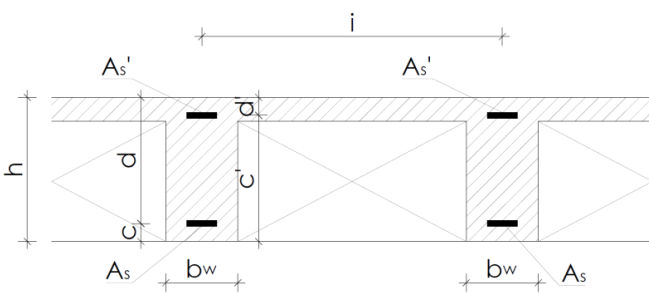
Di seguito si riportano le verifiche degli elementi strutturali principali, analizzati con le sollecitazioni massime calcolate in modo diretto e/o ricavate mediante modellazione. Le verifiche sono svolte con riferimento alle sollecitazioni ottenute dall'applicazione dei carichi verticali ed orizzontali da vento.

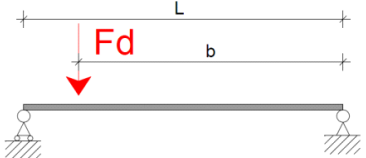
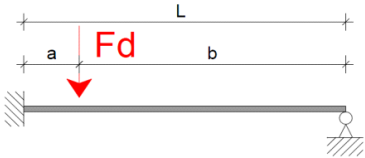
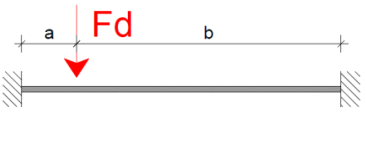
### 4.1 VERIFICA COPERTURA PALAZZINA SERVIZI

#### 4.1.1 Verifica solaio in laterocemento

Di seguito si riporta la verifica della striscia di solaio maggiormente sollecitata. Le sollecitazioni sono calcolate in modo diretto.

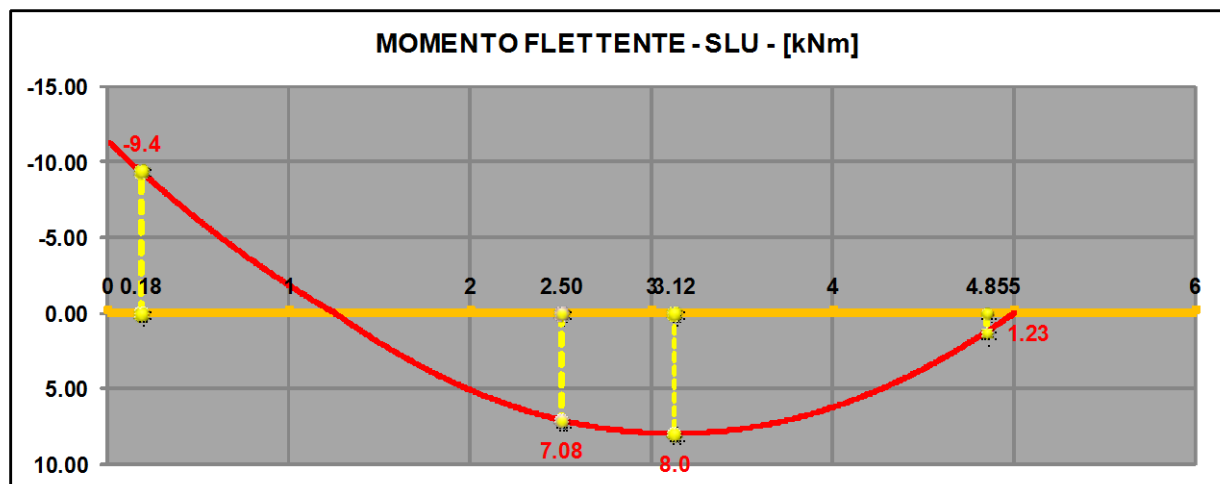
PROGETTO:		MONTESSORI - PORRETTA TERME					
		NERVATURA 12x23		TERME			
Caratteristiche meccaniche dei materiali e geometrie della trave							
CLS	R <sub>cm</sub>	25	MPa	f <sub>cm</sub>	20	MPa	
	f <sub>cd</sub>	9.4	MPa	fattore di conf.	F.C. cls	1.20	
ACCIAIO	f <sub>y</sub> m	428	MPa		F.C. acciaio	1.20	
	f <sub>y</sub> d	310.1	MPa		γ <sub>s</sub> ·FC	1.38	
larghezzaaa anima solaio	b <sub>w</sub>	12.0	cm		γ <sub>c</sub> ·FC	1.80	
altezza solaio	h	23.0	cm		α	0.85	
luce solaio	L	5.00	m	schema statico:	INC-APP		
copriferro superiore	d'	3.0	cm	fascia piena sx	b <sub>sx</sub>	18	cm
altezza utile a momento positivo	d	20.0	cm	fascia piena dx	b <sub>dx</sub>	15	cm
copriferro inferiore	c	3.0	cm	amplificazione momenti positivi per effetto scacchiera carichi variabili solai continui e/o per condizioni di vincolo particolari (solo caso INC-APP e INC-INC) e traslazione diagramma per equilibrio			25%
altezza utile a momento negativo	c'	20.0	cm				
interasse solaio	i	50	cm				
distanze carico concentrato:	a	2.50	m				
	b	2.50	m				



APPOGGIO-APPOGGIO	INCASTRO-APPOGGIO	INCASTRO-INCASTRO
		

**Analisi dei carichi - combinazione carichi verticali****CARICHI DISTRIBUITI**

Voce carico	Influenza	carico	coeff. di combinazione				
	i [ m ]	$g_k, q_k$ [ kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [ - ]	$\Psi_{0i}$ [ - ]	$q_{d,u}$ [ kN/m ]	$q_{d,e}$ [ kN/m ]	
pp solaio	0.50	2.70	1.30	1.00	1.76	1.35	+
sovraccarico permanente	0.50	1.00	1.30	1.00	0.65	0.50	+
carico variabile	0.50	1.63	1.50	1.00	1.22	0.82	+
-		0.00	1.50	0.70	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	+
totale					3.63	2.67	kN/m

**Calcolo momenti allo SLU sulla striscia di solaio****Calcolo momento positivo massimo in campata**

momento positivo massimo	$M_{Ed}^+$	8.0 kNm	
ascissa momento positivo massimo	$x^+$	3.12 m	
Area acciaio in mezzera a momento positivo		$n^{\circ}_b/tr.$	$\varnothing_{barre}$
		sup.	
		inf.	
momento resistente positivo in campata	$M_{Rd,m}$	11.50 kNm	$\geq 7.97$ kNm OK
Indice di resistenza a flessione in campata	I.R.		1.44

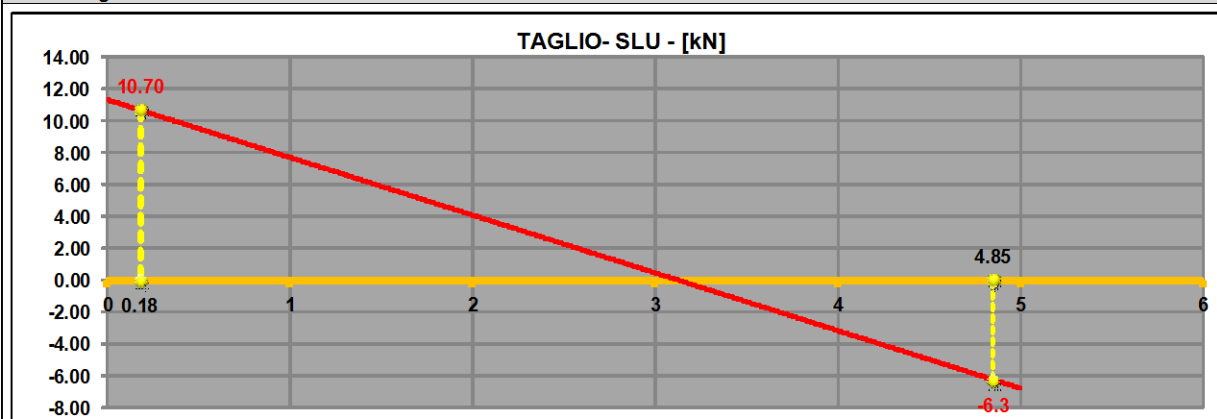
**Calcolo momento in corrispondenza del carico concentrato**

ascissa momento in corrispondenza carico concentrato	$x_0$	2.50 m	
momento in corrispondenza del carico concentrato	$M_{Ed}^{conc}$	7.08 kNm	
Area acciaio in corrisp. del carico conc.		$n^{\circ}_b/tr.$	$\varnothing_{barre}$
		sup.	
		inf.	
momento resistente in corrisp. del carico conc.	$M_{Rd,Q+G}$	11.50 kNm	$\geq 7.08$ kNm OK
Indice di resistenza a flessione in corrisp. del carico conc.	I.R.		1.62

Calcolo momento di verifica appoggio di sinistra																							
momento appoggio sx	$M_{Ed}^{sx}$	-9.4 kNm	<	$20\% \cdot M_{Ed}^{+} =$	1.59 kNm																		
ascissa momento appoggio sx	$x^{sx}$	0.18 m																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th><math>n^{\circ}_b/tr.</math></th><th><math>\varnothing_{barre}</math></th><th></th><th></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sup.</td><td>2</td><td>12</td><td><math>A_s</math></td><td>2.26</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr> <td>inf.</td><td>1</td><td>10</td><td><math>A_s'</math></td><td>0.79</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> </tbody> </table>							$n^{\circ}_b/tr.$	$\varnothing_{barre}$				sup.	2	12	$A_s$	2.26	cm <sup>2</sup>	inf.	1	10	$A_s'$	0.79	cm <sup>2</sup>
	$n^{\circ}_b/tr.$	$\varnothing_{barre}$																					
sup.	2	12	$A_s$	2.26	cm <sup>2</sup>																		
inf.	1	10	$A_s'$	0.79	cm <sup>2</sup>																		
Momento resistente appoggio sx	$M_{Rd,sx}$	12.33 kNm	≥	9.4 kNm	OK																		
Indice di resistenza a flessione	I.R.				1.31																		

Calcolo momento di verifica appoggio di destra																							
momento appoggio dx	$M_{Ed}^{dx}$	1.23 kNm																					
ascissa momento appoggio dx	$x^{dx}$	4.85 m																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th><math>n^{\circ}_b/tr.</math></th><th><math>\varnothing_{barre}</math></th><th></th><th></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>inf.</td><td>1</td><td>10</td><td><math>A_s</math></td><td>0.79</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr> <td>sup.</td><td>1</td><td>10</td><td><math>A_s'</math></td><td>1.92</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> </tbody> </table>							$n^{\circ}_b/tr.$	$\varnothing_{barre}$				inf.	1	10	$A_s$	0.79	cm <sup>2</sup>	sup.	1	10	$A_s'$	1.92	cm <sup>2</sup>
	$n^{\circ}_b/tr.$	$\varnothing_{barre}$																					
inf.	1	10	$A_s$	0.79	cm <sup>2</sup>																		
sup.	1	10	$A_s'$	1.92	cm <sup>2</sup>																		
Momento resistente appoggio dx	$M_{Rd,dx}$	4.62 kNm	≥	1.23 kNm	OK																		
Indice di resistenza a flessione	I.R.				3.77																		

## Calcolo tagli allo SLU sulla striscia di solaio



## Verifica a taglio allo SLU in corrispondenza dell'appoggio di sinistra - elementi non armati a taglio

Larghezza fascia piena a sx	$x_{sl,sx}$	0.18 m			
Taglio di verifica	$V_{Ed,sx}$	10.70 kN			
Forza di trazione dovuta al taglio	10.70 kN	≤	24 kN	OK	
k	2.00	≤	2.00	OK	
$v_{min}$	0.44				
$\rho_l$	0.94%	≤	2.00%	OK	
$V_{Rd}$ considerando armatura tesa	14.42 kN				
Taglio sollecitante	10.70 kN	≤	14.42 kN	OK	
Indice di resistenza a taglio	I.R.				1.35

## Verifica a taglio allo SLU in corrispondenza dell'appoggio di destra - elementi non armati a taglio

Larghezza fascia piena a dx	$x_{sl,dx}$	4.85 m			
Taglio di verifica	$V_{Ed,dx}$	-6.26 kN			
Forza di trazione dovuta al taglio	6.26 kN	≤	24 kN	OK	
k	2.00	≤	2.00	OK	
$v_{min}$	0.44				
$\rho_l$	0.33%	≤	2.00%	OK	
$V_{Rd}$ considerando armatura tesa	10.63 kN				
Taglio sollecitante	6.26 kN	≤	10.63 kN	OK	
Indice di resistenza a taglio	I.R.				1.70

Calcolo momento positivo massimo allo Stato Limite di Esercizio - combinazione RARA									
momento flettente positivo massimo		M <sub>Ed</sub> <sup>+</sup> =			5.86 kNm				
Verifica tensioni di esercizio SLE									
Momento sollecitante in campata SL		5.86	kNm	x =	4.25	cm			
coefficiente di omogeneizzazione		15		J <sub>id</sub> =	8407	cm <sup>4</sup>			
f		0.57	cm						
d*		20.00	cm						
tensione di esercizio cls		σ <sub>cd</sub> =	2.96	MPa	≤	10.00	MPa	OK	
tensione di esercizio acciaio		σ <sub>sd</sub> =	164.52	MPa	≤	342.40	MPa	OK	

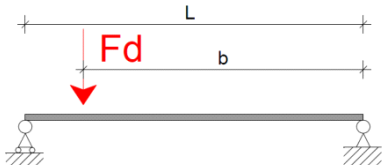
#### 4.1.2 Verifica travi in c.a.

Di seguito si riporta la verifica della trave maggiormente sollecitata. Le sollecitazioni sono calcolate in modo diretto.

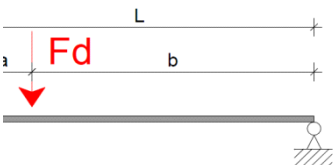
##### Campo 3-7

PROGETTO:		MONTESSORI - PORRETTA TERME				
		TRAVE 80x23				
Caratteristiche meccaniche dei materiali e geometrie della trave						
CLS	Rcm	25	MPa	f <sub>cm</sub>	20	MPa
	f <sub>cd</sub>	9.44	MPa	fattore di conf. FC	1.2	
ACCIAIO	f <sub>ym</sub>	428	MPa	γ <sub>s</sub> ·FC	1.38	
	f <sub>yd</sub>	310.14	MPa	γ <sub>c</sub> ·FC	1.80	
larghezza trave	b <sub>tr</sub>	80	cm	α	0.85	
altezza trave	h <sub>tr</sub>	23	cm	schema statico:	INC-APP	
luce Trave	L	3.85	m	larghezza app. : b <sub>app</sub>	30	cm
copriferro	d'	3	cm	amplificazione momenti positivi per effetto scacchiera travi continue (solo caso INC-APP e INC-INC) e traslazione diagramma per equilibrio		0%
altezza utile	d	20	cm			
area cls	A <sub>c</sub>	1840	cm <sup>2</sup>			
distanze carico concentrato:	a	1.15	m			
	b	2.70	m			

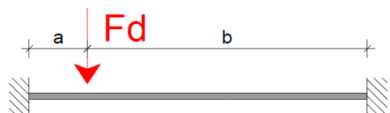
APPOGGIO-APPOGGIO



ASTRO-APPOGGIO



INCASTRO-INCASTRO



Analisi dei carichi - combinazione carichi verticali							
CARICHI DISTRIBUITI							
Voce carico	Influenza	carico	coeff. di combinazione				
	i	g <sub>k</sub> , q <sub>k</sub>	γ	Ψ <sub>0i</sub>	q <sub>d,u</sub>	q <sub>d,e</sub>	
	[ m ]	[ kN/m <sup>2</sup> ]	[ - ]	[ - ]	[ kN/m ]	[ kN/m ]	
p.p. trave	0.80	5.75	1.30	1.00	5.98	4.60	+
sov. perm. trave	0.80	1.00	1.50	1.00	1.20	0.80	+
sov. d'esercizio trave	0.80	1.63	1.50	1.00	1.96	1.30	+
pp solaio	4.60	2.70	1.30	1.00	16.15	12.42	+
sov perm solaio	4.60	1.00	1.30	1.00	5.98	4.60	+
neve	4.60	1.63	1.50	1.00	11.25	7.50	+
-			1.50	0.70	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	+
-			1.30	1.00	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	=
totale					42.51	31.22	kN/m

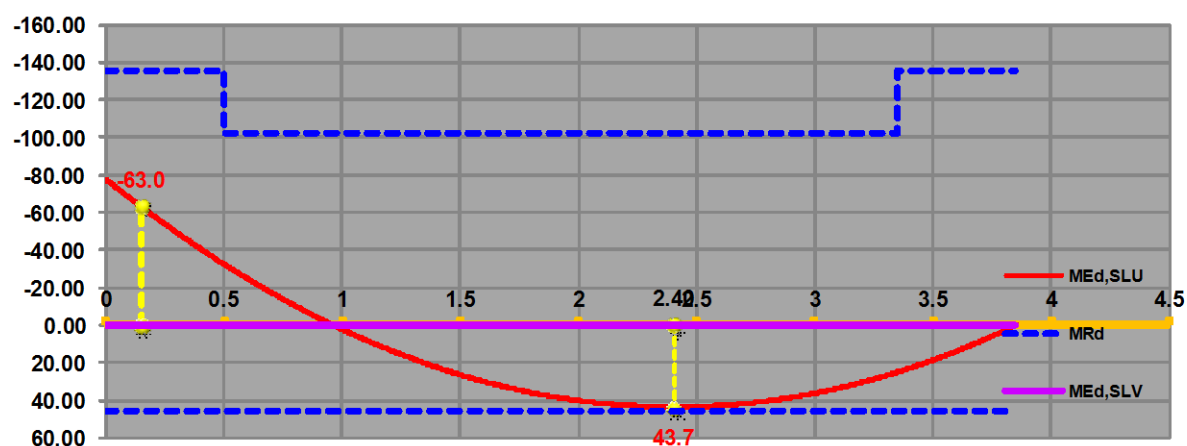
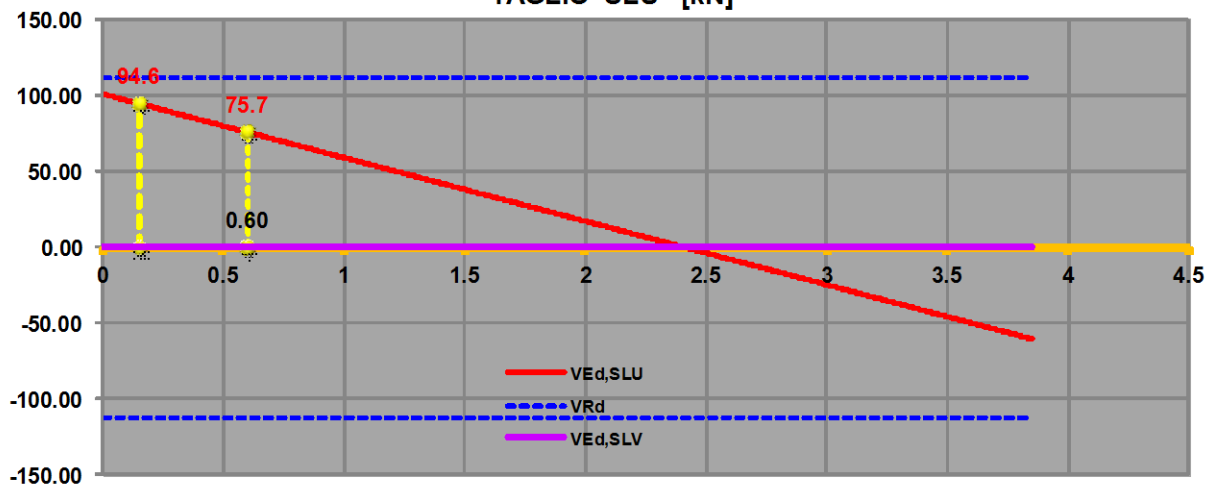
**Armature presenti nella trave**

area di acciaio momento +	acciaio inferiore teso	$A_{s\ tot}$	8.04	cm <sup>2</sup>
	acciaio superiore compresso	$A_{s'\ tot}$	8.04	cm <sup>2</sup>
area di acciaio momento -	acciaio inferiore compresso	$A_{s\ tot}$	21.98	cm <sup>2</sup>
	acciaio superiore teso	$A_{s'\ tot}$	25.12	cm <sup>2</sup>

**Calcolo sollecitazioni massime sulla trave****Sollecitazioni allo SLU**

momento positivo massimo	$M_{Ed}^+$	43.7 kNm		
ascissa momento positivo massimo	$x^+$	2.40 m		
momento negativo max per la verifica (bordo dell'appoggio)	$M_{Ed}^-$	63.0 kNm	>	$20\% \cdot M_{Ed}^+ = 8.74$ kNm
ascissa momento negativo massimo	$x^-$	0.15 m		

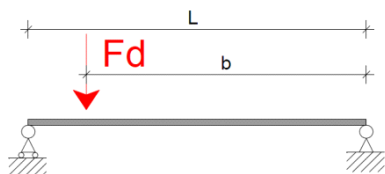
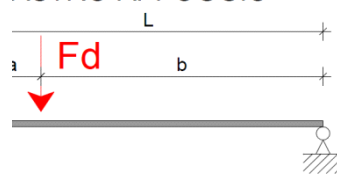
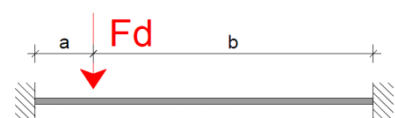
taglio massimo per la verifica (preso sul bordo dell'appoggio) $V_{Ed}$	94.59 kN
tratto dall'asse dell'appoggio di sx di infittimento delle staffe $x_{st,sx}$	60.00 cm
tratto dall'asse dell'appoggio di dx di infittimento delle staffe $x_{st,dx}$	60.00 cm
valore del taglio in corrisp. sezione di cambio passo staffe $V_{Ed,st}$	75.72 kN

**MOMENTO FLETTENTE - SLU - [kNm]****TAGLIO - SLU - [kN]**

Verifica a flessione SLU/SLV						
momento resistente positivo massimo	$M_{Rd,m}$	45.67	kNm	$\geq$	43.69	kNm OK
						96%
momento resistente negativo max preso filo pilastro/muro	$M_{Rd,app}$	135.56	kNm	$\geq$	63.01	kNm OK
						46%
Verifica armatura inferiore agli appoggi						
forza di trazione dovuta taglio	$F_{sd}$	236.47	kN	$\leq$	681.70	kN OK
Verifica a taglio agli SLU in corrispondenza della sezione sull'appoggio						
taglio soll. filo pilastro/muro	$V_{Ed}$	94.59	kN			
diametro staffe in zona crit.	$\varnothing_{staffe}$	8	mm			
passo staffe in zona crit.	$s_{st}$	250	mm			
n° di braccia	$n_b$	4				
area staffa	$A_{st}$	50	mm <sup>2</sup>			
inclin. delle staf. risp. asse trave	$\alpha$	90 °	$\cot(\alpha)_{st}$		0.00	
diametro ferri piegati	$\varnothing_{ferri\ piegati}$	0	mm			
numero di ferri pieg. in zona crit.	$n_{fp}$	2				
	$A_{st}$	0	mm <sup>2</sup>			
inclin. dei ferri pieg.	$\alpha$	45 °	$\cot(\alpha)_{fp}$		1.00	
inclinazione bielle cls	$\cot(\theta)$	2.5	$\cot(\theta)_{ott}$		3.762	
	$\alpha_c$	1				
contr. al taglio res. dei f.p.	$V_{Rd,s,fp}$	0.00	kN			
contr. al taglio res. dei f.p.	$V_{Rd,s,st}$	112.22	kN			
	$V_{Rd,c}$	234.56	kN			
taglio resistente in zona critica	$V_{Rd}$	112.22	kN	$\geq$	94.59	kN OK
						84%
Verifica a taglio allo SLU al di fuori della zona di infittimento delle staffe						
taglio fuori zona crit.	$V_{Ed}$	75.72	kN			
diametro st. fuori zona crit.	$\varnothing_{staffe}$	8	mm			
passo st. fuori zona crit.	$s_{st}$	250	mm			
n° di braccia	$n_b$	4				
Area staffa	$A_{st}$	50.24	mm <sup>2</sup>			
	$V_{Rd,c}$	234.56	kN	$V_{Rd,s}$	112.22	kN
	$V_{Rd}$	112.22	kN	$\geq$	75.72	kN OK
						67%
Calcolo sollecitazioni allo Stato Limite di Esercizio - combinazione RARA						
momento flettente positivo massimo	$M_{Ed}^+$	=			32.13	kNm
momento flettente negativo massimo	$M_{Ed}^-$	=			46.34	kNm
Verifica a flessione SLE						
momento sollecitante mez SLE	32.13	kNm	Asse neutro		5.84	cm
coefficiente di omogeneizzazione	15		$J_{id}$		30460	cm <sup>4</sup>
f	3.0144	cm				
d*	11.50	cm				
tensione di esercizio cls	$\sigma_{cd}$	6.16	MPa	$\leq$	12.00	MPa OK
tensione di esercizio acciaio	$\sigma_{sd}$	224.04	MPa	$\leq$	342.4	MPa OK
momento sollecitante app SLE	46.34	kNm	Asse neutro		8.23	cm
coefficiente di omogeneizzazione	15		$J_{id}$		76083	cm <sup>4</sup>
f	8.83125	cm				
d*	12.1	cm				
tensione di esercizio cls	$\sigma_{cd}$	5.01	MPa	$\leq$	12	MPa OK
tensione di esercizio acciaio	$\sigma_{sd}$	107.53	MPa	$\leq$	342.4	MPa OK

**Campo 7-11**

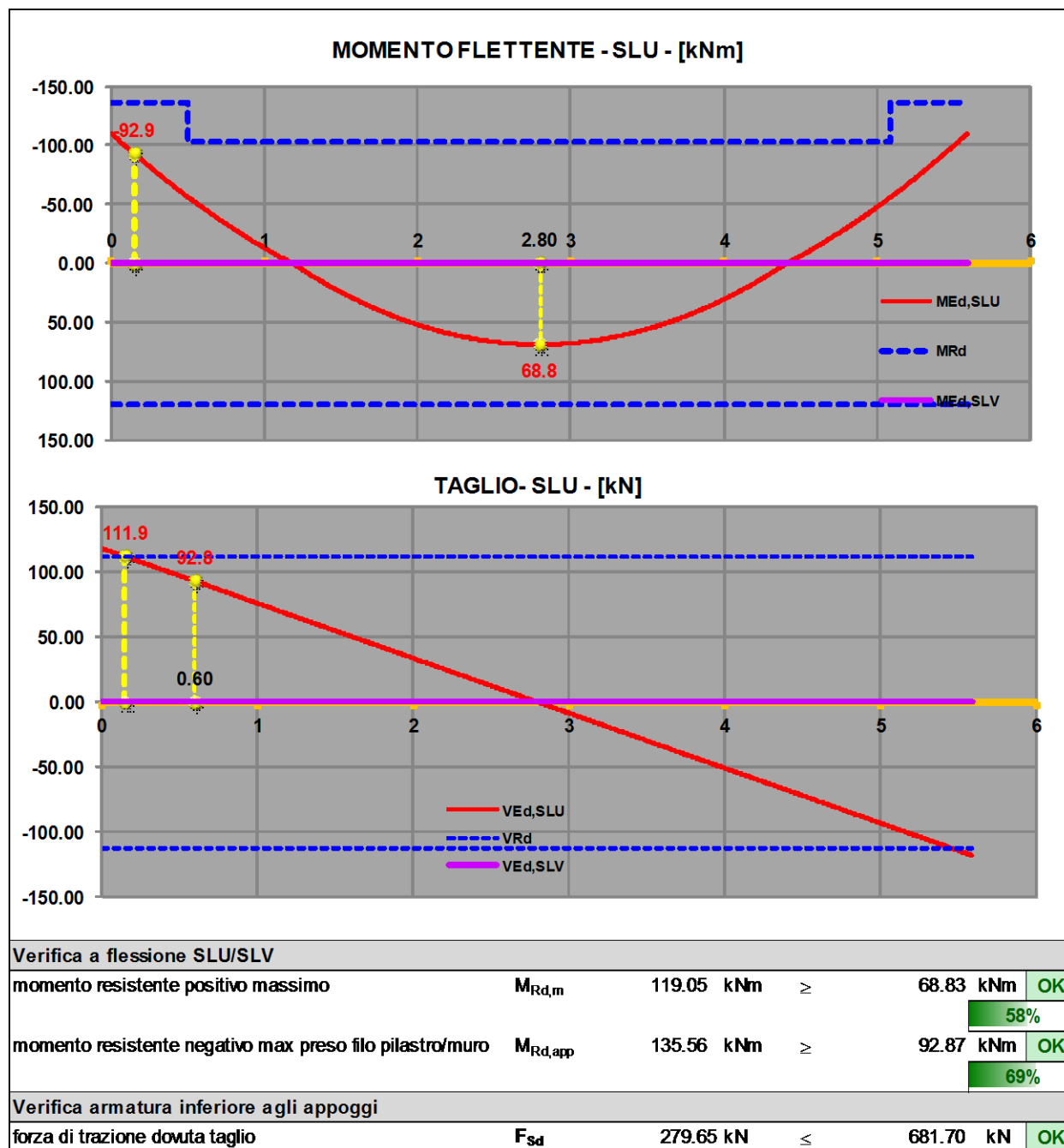
PROGETTO:		MONTESSORI - PORRETTA TERME				
		TRAVE 80x23				
Caratteristiche meccaniche dei materiali e geometrie della trave						
CLS	Rcm	25	MPa	f <sub>cm</sub>	20	MPa
	f <sub>cd</sub>	9.44	MPa	fattore di conf. FC	1.2	
ACCIAIO	f <sub>ym</sub>	428	MPa	γ <sub>s</sub> ·FC	1.38	
	f <sub>yd</sub>	310.14	MPa	γ <sub>c</sub> ·FC	1.80	
larghezza trave	b <sub>tr</sub>	80	cm	α	0.85	
altezza trave	h <sub>tr</sub>	23	cm	schema statico:	INC-INC	
luce Trave	L	5.59	m		larghezza app. : b <sub>app</sub>	30
copriferro	d'	3	cm	amplificazione momenti positivi per effetto scacchiera travi continue (solo caso INC-APP e INC-INC) e traslazione diagramma per equilibrio		
altezza utile	d	20	cm			
area cls	A <sub>c</sub>	1840	cm <sup>2</sup>			
distanze carico concentrato:	a	1.15	m			
	b	4.44	m			

**APPOGGIO-APPOGGIO****ASTRO-APPOGGIO****INCASTRO-INCASTRO****Analisi dei carichi - combinazione carichi verticali****CARICHI DISTRIBUITI**

Voce carico	Influenza	carico	coeff. di combinazione				
	i [ m ]	g <sub>k</sub> , q <sub>k</sub> [ kN/m <sup>2</sup> ]	γ [ - ]	Ψ <sub>0i</sub> [ - ]	q <sub>d,u</sub> [ kN/m ]	q <sub>d,e</sub> [ kN/m ]	
p.p. trave	0.80	5.75	1.30	1.00	5.98	4.60	+
sov. perm. trave	0.80	1.00	1.50	1.00	1.20	0.80	+
sov. d'esercizio trave	0.80	1.63	1.50	1.00	1.96	1.30	+
pp solaio	4.57	2.70	1.30	1.00	16.04	12.34	+
sov perm solaio	4.57	1.00	1.30	1.00	5.94	4.57	+
neve	4.57	1.63	1.50	1.00	11.17	7.45	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	+
-			1.30	1.00	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	+
-			1.50	1.00	0.00	0.00	=
totale					42.29	31.06	kN/m

**Calcolo sollecitazioni massime sulla trave****Sollecitazioni allo SLU**

momento positivo massimo	$M_{Ed}^{+}$	68.8 kNm	> 20%· $M_{Ed}^{+}$ =	13.77 kNm
ascissa momento positivo massimo	$x^{+}$	2.80 m		
momento negativo max per la verifica (bordo dell'appoggio)	$M_{Ed}^{-}$	92.9 kNm		
ascissa momento negativo massimo	$x^{-}$	0.15 m		
taglio massimo per la verifica (preso sul bordo dell'appoggio) $V_{Ed}$		111.86 kN		
tratto dall'asse dell'appoggio di $s_x$ di infittimento delle staffe $x_{st,sx}$		60.00 cm		
tratto dall'asse dell'appoggio di $dx$ di infittimento delle staffe $x_{st,dx}$		60.00 cm		
valore del taglio in corrisp. sezione di cambio passo staffe $V_{Ed,st}$		92.83 kN		



Verifica a taglio agli SLU in corrispondenza della sezione sull'appoggio									
taglio soll. filo pilastro/muro	$V_{Ed}$	111.86 kN							
diametro staffe in zona crit.	$\varnothing_{staffe}$	8 mm							
passo staffe in zona crit.	$s_{st}$	250 mm							
n° di braccia	$n_b$	4							
area staffa	$A_{st}$	50 mm <sup>2</sup>							
inclin. delle staf. risp. asse trave	$\alpha$	90 °	$\cot(\alpha)_{st}$	0.00					
diametro ferri piegati	$\varnothing_{ferri\ piegati}$	0 mm							
numero di ferri pieg. in zona crit.	$n_{fp}$	2							
	$A_{st}$	0 mm <sup>2</sup>							
inclin. dei ferri pieg.	$\alpha$	45 °	$\cot(\alpha)_{fp}$	1.00					
inclinazione bielle cls	$\cot(\theta)$	2.5	$\cot(\theta)_{ott}$	3.762					
	$\alpha_c$	1							
contr. al taglio res. dei f.p.	$V_{Rd,s,fp}$	0.00 kN							
contr. al taglio res. dei f.p.	$V_{Rd,s,st}$	112.22 kN							
	$V_{Rd,c}$	234.56 kN							
taglio resistente in zona critica	$V_{Rd}$	112.22 kN	$\geq$	111.86 kN	OK				
								100%	
Verifica a taglio allo SLU al di fuori della zona di infittimento delle staffe									
taglio fuori zona crit.	$V_{Ed}$	92.83 kN							
diametro st. fuori zona crit.	$\varnothing_{staffe}$	8 mm							
passo st. fuori zona crit.	$s_{st}$	250 mm							
n° di braccia	$n_b$	4							
Area staffa	$A_{st}$	50.24 mm <sup>2</sup>							
	$V_{Rd,c}$	234.56 kN	$V_{Rd,s}$	112.22 kN					
	$V_{Rd}$	112.22 kN	$\geq$	92.83 kN	OK				
								83%	
Calcolo sollecitazioni allo Stato Limite di Esercizio - combinazione RARA									
momento flettente positivo massimo	$M_{Ed}^+$	=		16.18 kNm					
momento flettente negativo massimo	$M_{Ed}^-$	=		68.21 kNm					
Verifica a flessione SLE									
momento sollecitante mez SLE	16.18	kNm	Asse neutro	7.99	cm				
coefficiente di omogeneizzazione	15		$J_{ld}$	68195	cm <sup>4</sup>				
f	7.65375	cm							
d*	12.15	cm							
tensione di esercizio cls	$\sigma_{cd} =$	1.89 MPa	$\leq$	12.00	MPa	OK			
tensione di esercizio acciaio	$\sigma_{sd} =$	42.75 MPa	$\leq$	342.4	MPa	OK			
momento sollecitante app SLE	68.21	kNm	Asse neutro	8.23	cm				
coefficiente di omogeneizzazione	15		$J_{ld}$	76083	cm <sup>4</sup>				
f	8.83125	cm							
d*	12.1	cm							
tensione di esercizio cls	$\sigma_{cd} =$	7.38 MPa	$\leq$	12	MPa	OK			
tensione di esercizio acciaio	$\sigma_{sd} =$	158.28 MPa	$\leq$	342.4	MPa	OK			

## 4.2 VERIFICA COPERTURA PALESTRA

La verifica degli elementi prefabbricati risulta automaticamente soddisfatta, in quanto il carico di progetto previsto dal progettista all'epoca dell'edificazione, è minore del carico di progetto attualmente presente sulla copertura.

In particolare, le verifiche in-situ hanno evidenziato un peso permanente portato pari a 25 kg/mq, mentre in origine era previsto un peso di 100 kg/mq.

### ▪ Copertura palestra - stato attuale

p.p. str. solaio prefabbricato	$G_{1,k} = 2.60 \text{ kN/m}^2$
permanente portato	$G_{2,k} = \underline{0.25 \text{ kN/m}^2}$
tot. carico permanente	$\Sigma G_k = 2.85 \text{ kN/m}^2$
tot. carico variabile (neve)	$Q_k = \underline{1.63 \text{ kN/m}^2}$
totale $q_k$	$= 4.48 \text{ kN/m}^2$

### ▪ Copertura palestra - progetto originale

p.p. str. solaio prefabbricato	$G_{1,k} = 2.60 \text{ kN/m}^2$
permanente portato	$G_{2,k} = \underline{1.00 \text{ kN/m}^2}$
tot. carico permanente	$\Sigma G_k = 3.60 \text{ kN/m}^2$
tot. carico variabile (neve)	$Q_k = \underline{1.50 \text{ kN/m}^2}$
totale $q_k$	$= 5.10 \text{ kN/m}^2$

$$q_{d, \text{attuale}} = 6.20 \text{ kN/mq} < q_{d, \text{progetto or.}} = 7.13 \text{ kN/mq} \rightarrow \underline{\text{verifica soddisfatta}}$$

## 4.3 VERIFICA DEI PILASTRI

### 4.3.1 Verifica pilastro palestra 25x25

Di seguito si riporta la verifica del pilastro maggiormente sollecitato. Le sollecitazioni sono calcolate in modo diretto e mediante modellazione (**ALLEGATO A**)

Verifica C.A. S.L.U. - File: 003 - VERIFICHE PILASTRI C.A.

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	15	15
2	-15	15
3	-15	-15
4	15	-15

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.545	-12	12
2	2.545	12	12
3	2.545	-12	-12
4	2.545	12	-12

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N<sub>Ed</sub>  0 kN  
 M<sub>xEd</sub>  0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>  0

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
☐ Retta ☒ Deviata

N° rett.

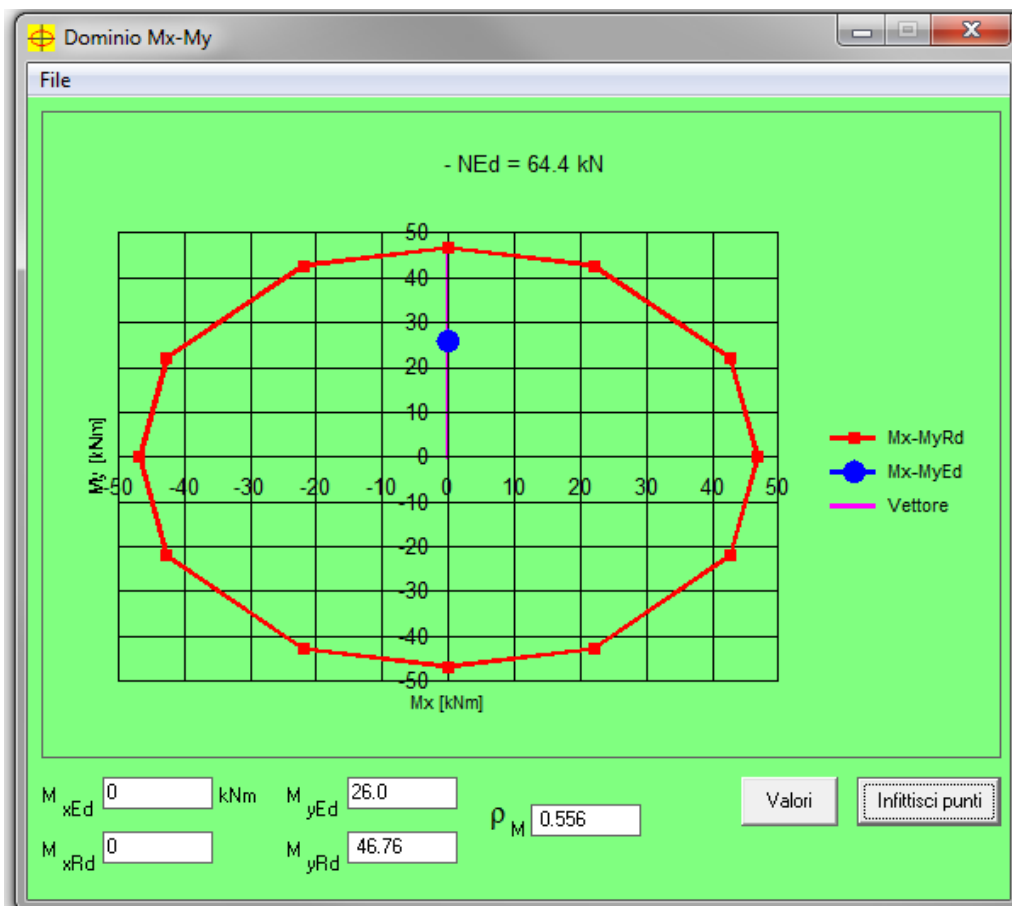
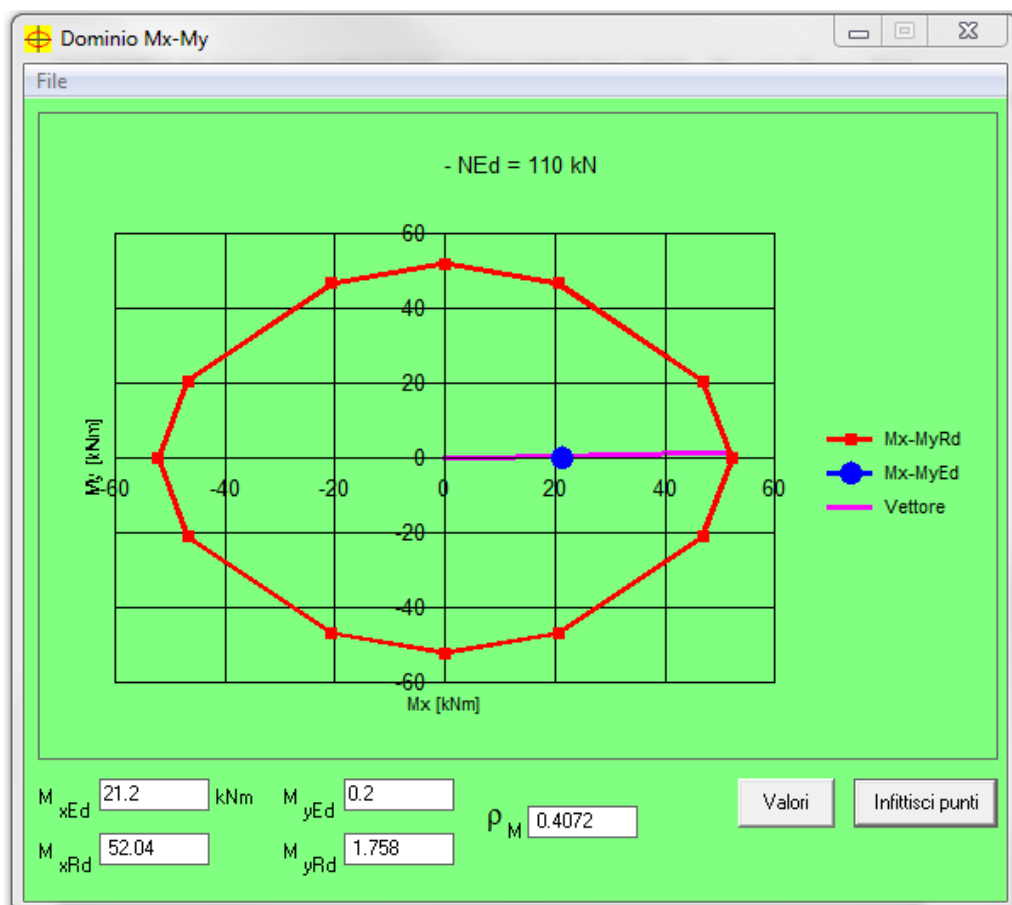
Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro  $\theta^\circ$

☐ Precompresso

Materiali  
 FeB38k C20/25  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 M<sub>yRd</sub>  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$



**Verifica a taglio ASSE FORTE agli SLU**

Taglio sollecitante		15.41 kN			
diámetro staffe in zona critica	$\varnothing_{staffe}$	8 mm	$\geq$	6 mm	
passo staffe in zona critica	$s_{st}$	150 mm	$\leq$	216 mm	
n° di braccia	$n_b$	2			
larghezza nucleo confinato	$b_{st}$	24 cm			
Area staffa	$A_{st}$	50.24 mm <sup>2</sup>			
Inclin. delle staf. risp asse trave	$\alpha$	90 °	$\cot(\alpha)$	0.00	
inclinazione bielle cls	$\cot(\theta)$	2.50	$\cot(\theta)_{ott}$	2.500	
	$\alpha_c$	1			
	$V_{Rd,c}$	119 kN	$V_{Rd,s}$	111 kN	
Taglio resistente	$V_{Rd}$	111 kN	$\geq$	13 kN	OK

**Verifica a taglio ASSE DEBOLE agli SLU**

Taglio sollecitante	$V_{Ed}$	11.73 kN			
diámetro staffe in zona critica	$\varnothing_{staffe}$	8 mm	$\geq$	6 mm	
passo staffe in zona critica	$s_{st}$	150 mm	$\leq$	216 mm	
n° di braccia	$n_b$	2			
larghezza nucleo confinato	$b_{st}$	24 cm			
Area staffa	$A_{st}$	50.24 mm <sup>2</sup>			
Inclin. delle staf. risp asse trave	$\alpha$	90 °	$\cot(\alpha)$	0.00	OK
inclinazione bielle cls	$\cot(\theta)$	2.50	$\cot(\theta)_{ott}$	2.500	
	$\alpha_c$	1			
	$V_{Rd,c}$	119 kN	$V_{Rd,s}$	111 kN	
Taglio resistente	$V_{Rd}$	111 kN	$\geq$	11 kN	

#### 4.4 RIEPILOGO VERIFICHE E RISULTATI

La verifica statica ha dato esito positivo, in quanto sono stati ricavati i seguenti indici  $\xi_v$  :

- solaio copertura corpo servizi  $\xi_v = 1.35$
- travi copertura corpo servizi  $\xi_v = 1.00$
- pilastri  $\xi_v = 1.80$
- copertura palestra  $\xi_v = 1.15$

Alla struttura analizzata può essere quindi attribuito il seguente indice:

**INDICE  $\xi_v = 1.00$**

Concludendo, si è visto che allo stato attuale, la struttura non ha problemi a resistere ai carichi verticali ed orizzontali da vento previsti dalla normativa vigente, fatto salvo l'accumulo di neve, che in caso deve essere rimosso manualmente.



Il progettista delle strutture

## 5 VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE

La presente relazione viene redatta ai sensi e per gli effetti del capitolo 10 del D.M. 17.01.2018. Ai fini della stesura della presente relazione buona parte delle verifiche e del calcolo delle sollecitazioni dei singoli elementi sono state eseguite “a mano” confrontando i risultati con quelli ottenuti dai codici di calcolo di seguito elencati, inoltre sono stati utilizzati fogli excel realizzati ad hoc dallo scrivente.

### Analisi statica e sismica delle strutture in c.a.:

software: MASTERSAP 2018 SP3

produttore: AMV s.r.l. via San Lorenzo 106 – 34077 Ronchi dei Legionari (GO)

### Verifiche elementi in c.a.:

software: VCASLU vers. 7.7 30 agosto 2011

autore: prof. Piero Gelfi

**SOFTWARE MASTERSAP - AMV s.r.l. - Dichiarazioni secondo NTC18 (punto 10.2)**

**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](mailto:info@amv.it)  
[www.amv.it](http://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

**LICENZA D'USO SOFTWARE**

Ragione Sociale: **SMOTLAK ING. IZTOK**

Indirizzo: **VIA SAN DORLIGO DELLA VALLE, 545/3**

CAP: **34018**

Città: **SAN DORLIGO DELLA VALLE-DOLINA**

Prov.: **TS**

Telefono: **040.228918**

Fax: **040.228918**

Email: **prostruct@studiosmotlak.it**

Partita IVA:

Codice Fiscale: **SMTZTK60R14L424V**

**DATI RELATIVI ALL'INSTALLAZIONE DEI PROGRAMMI** (se diversi da quelli di fatturazione)

Nominativo

Indirizzo (Via, n°, CAP, città, prov. e tel.):

**DESCRIZIONE PROGRAMMI**

TITOLO PROGRAMMA	AUTORE / DISTRIBUT.	VERS.	N° LICENZA D'USO	DECORRENZA LICENZA D'USO	SCADENZA ASSIST. / MANUT.
MASTERSAP TOP	AMV	30,20	29600/2	31/10/1996	31/10/2019
ANALISI NON LINEARE TOP	AMV	30,20	29600	14/04/2015	31/10/2019
SOLUTORE PUSHOVER TOP	AMV	30,20	29600	14/04/2015	31/10/2019
MASTERARM TOP	AMV	30,20	29600/2	31/10/1996	31/10/2019
MASTERESIST TOP	AMV	30,20	29600	20/02/2018	31/10/2019
MASTERLEGNO TOP	AMV	30,20	29600	02/12/2013	31/10/2019
MASTERSTEEL TOP	AMV	30,20	29600	02/12/2013	31/10/2019
MASTERNODO TOP	AMV	30,20	29600	26/01/1998	31/10/2019
CAD C.A. TRAVI/PILASTRI E VIEW	AMV	30,20	29601/1	31/10/1996	31/10/2019
SUITE CAD ACCIAIO TOP	AMV	30,20	30172	26/01/1998	31/10/2019
VERIFICHE C.A. T.A./SL./S.L.U	AMV	30,20	30173	26/01/1998	31/10/2019
SOLAI TOP	AMV	30,10	30174	26/01/1998	31/10/2019
RESISTENZA AL FUOCO VERS. TOP	AMV	30,10	34552	08/03/2007	31/10/2019

**software:** MASTERSAP -versione 2018 SP3

**produttore:** AMV s.r.l. via San Lorenzo 106 – 34077 Ronchi dei Legionari (GO)

È stata preliminarmente esaminata la documentazione a corredo del software utilizzato.

Essa contiene la descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, individua i campi di impiego e presenta esempi di calcolo interamente risolti.

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.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. Luciano Migliorini

## **VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ**

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene 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, sconnessioni, 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.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. 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 propria esperienza.

Il progettista delle strutture



## 6 ALLEGATO A - ANALISI FEM

### 6.1 TABULATI

#### STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

#### INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_005_2
Intestazione del lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica lineare
Unita' di misura delle forze	kN
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

#### RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

##### SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
1	0.300	0.300
4	0.800	0.230
5	0.600	0.230
9	0.600	0.380
13	0.450	0.300
14	0.300	1.900

##### SEZIONI A T

Codice	B	H	h	b
7	2.000	0.285	0.035	0.240
8	2.430	0.285	0.035	0.240

##### SEZIONE CCR

Codice	Altezza	Base	Sp. anima	Sp. Ala
6	1.900	1.200	0.070	0.093

##### SEZIONI A L

Codice	Altezza	Base	Sp. anima	Sp. Ala	Posizione
2	1.810	0.600	0.150	0.300	1
3	1.810	0.600	0.150	0.300	4
10	0.380	0.450	0.150	0.230	3
11	0.800	0.600	0.150	0.380	1
12	0.800	0.600	0.150	0.380	4

**CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE****Carico distribuito con riferimento globale X**

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 X	10	Condizione 3	Variabile: Vento	0.510000	0.000	0.510000	0.000	0.0000	0.0000
Vento -X	12	Condizione 5	Variabile: Vento	- 0.510000	0.000	- 0.510000	0.000	0.0000	0.0000

**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 Y	11	Condizione 4	Variabile: Vento	0.510000	0.000	0.510000	0.000	0.0000	0.0000
Vento -Y	13	Condizione 6	Variabile: Vento	- 0.510000	0.000	- 0.510000	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
Neve copertura	1	Condizione 1	Variabile: Neve	- 1.630000	0.000	- 1.630000	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
Permanente portato copertura palestra	5	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 0.250000	0.000	- 0.250000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente portato copertura spogliatoio	6	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 1.000000	0.000	- 1.000000	0.000	1.0000	1.0000
Peso proprio solaio h = 20+3 cm	7	Condizione peso proprio	Permanente:   Peso Proprio	- 2.700000	0.000	- 2.700000	0.000	1.0000	1.0000
Tamponamenti	8	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 3.960000	0.000	- 3.960000	0.000	1.0000	1.0000

**LISTA MATERIALI UTILIZZATI**

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Calcestruzzo C20/25 (Rck 250)	+3.00e+007	0.120	24.52500	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C20/25 tegoli coperti	+3.00e+007	0.120	17.65800	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
3	Calcestruzzo C20/25 tegoli lucerna	+3.00e+007	0.120	8.12270	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

**GRUPPI DELLA STRUTTURA****ELEMENTO FINITO: TRAVE**

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Travi corpo accessorio	
2	Travi palestra	
3	Cordolo	
4	Pilastrini	

**ELEMENTO FINITO: VINCOLO**

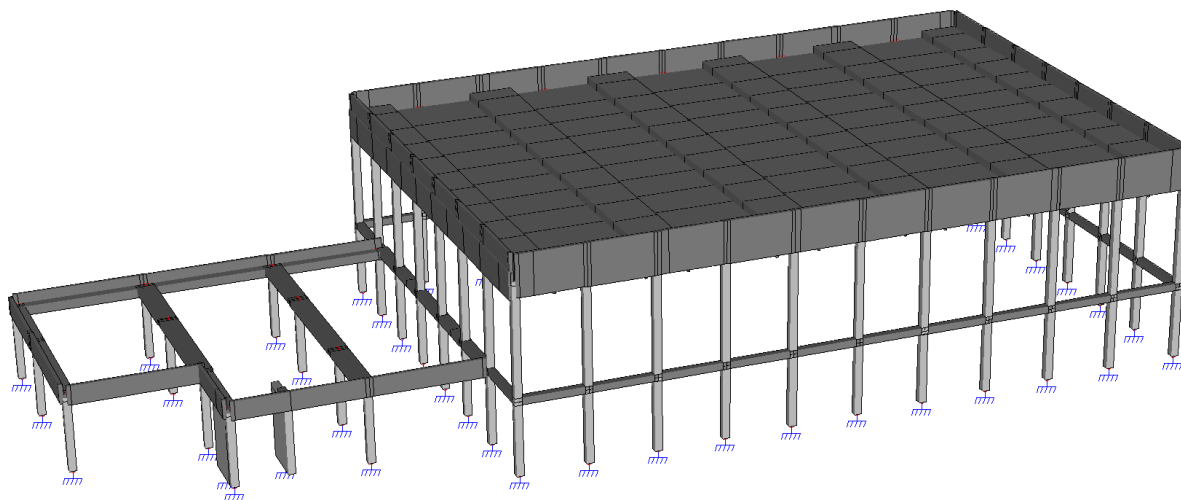
Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Vincoli	

**COMBINAZIONI DI CARICO****NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA - PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE E MASSE****COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

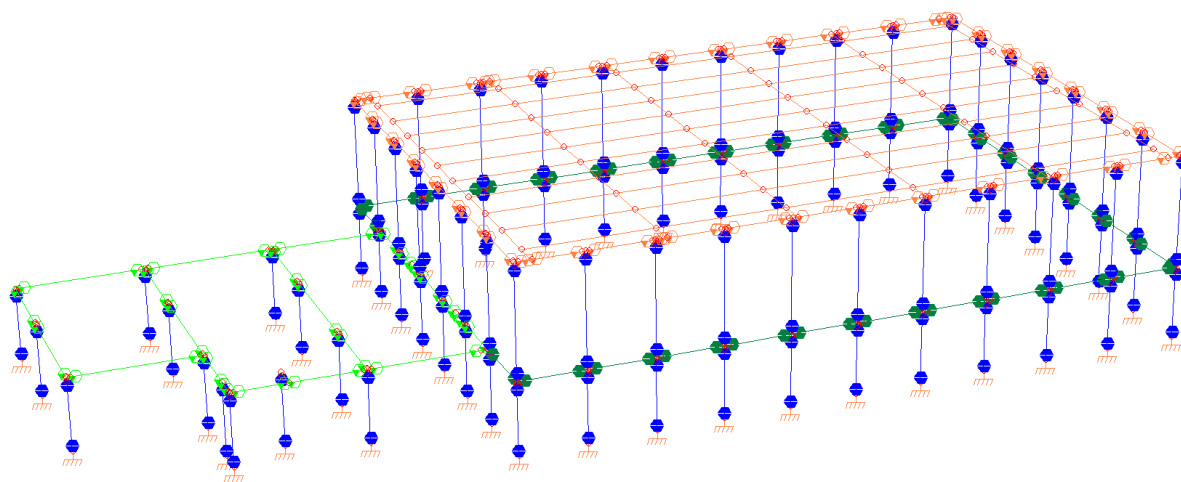
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Vento X	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.750

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
19	Vento Y	Azione sismica:	Variabile: Vento	Condizione 3	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.750
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
20	Vento -X	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.750
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
21	Vento -Y	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.750
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	1.500
22	Verticali SLU	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 1	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000

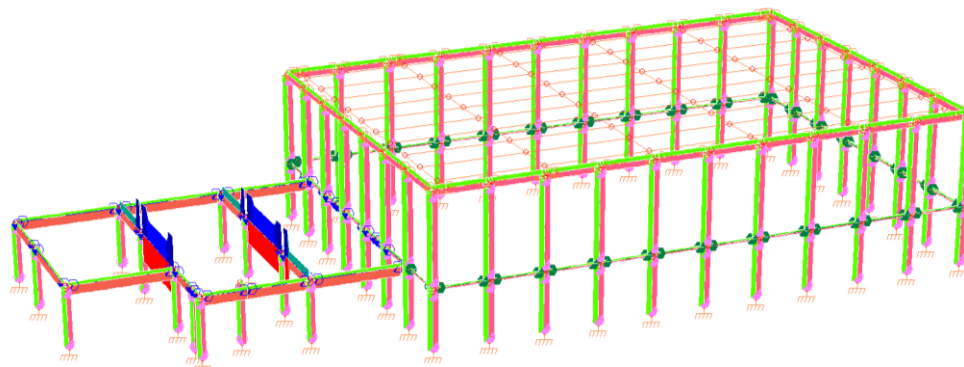
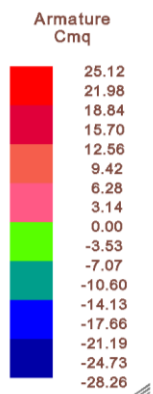
## 6.2 IMMAGINI MODELLAZIONE FEM



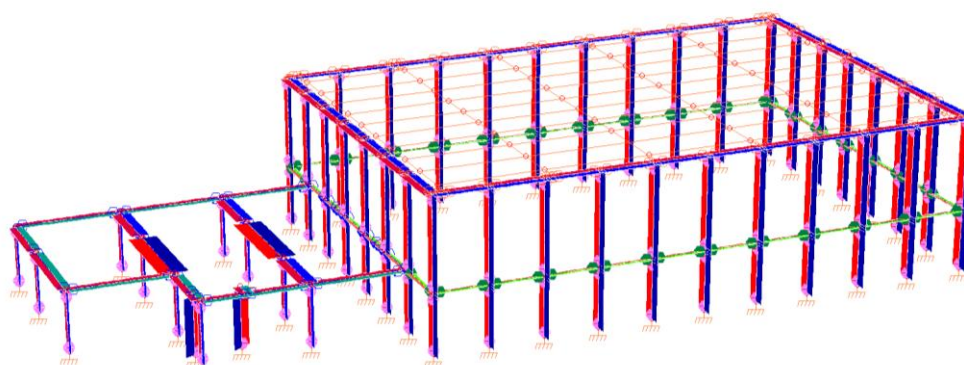
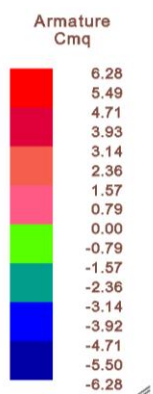
Vista 3D del modello strutturale - analisi globale sismica



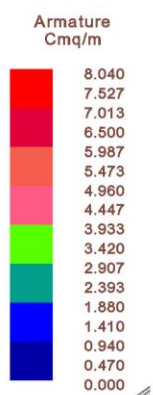
Vista unifilare del modello 3D - con le cerniere plastiche (NMz e NMy per setti e pilastri; Mz e My per le travi)



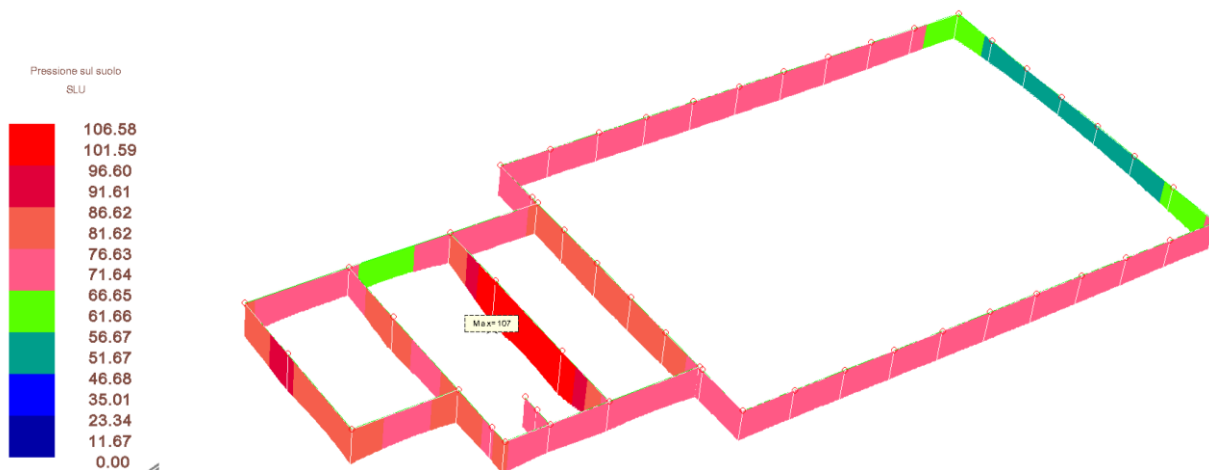
Armatura superiore/inferiore presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)



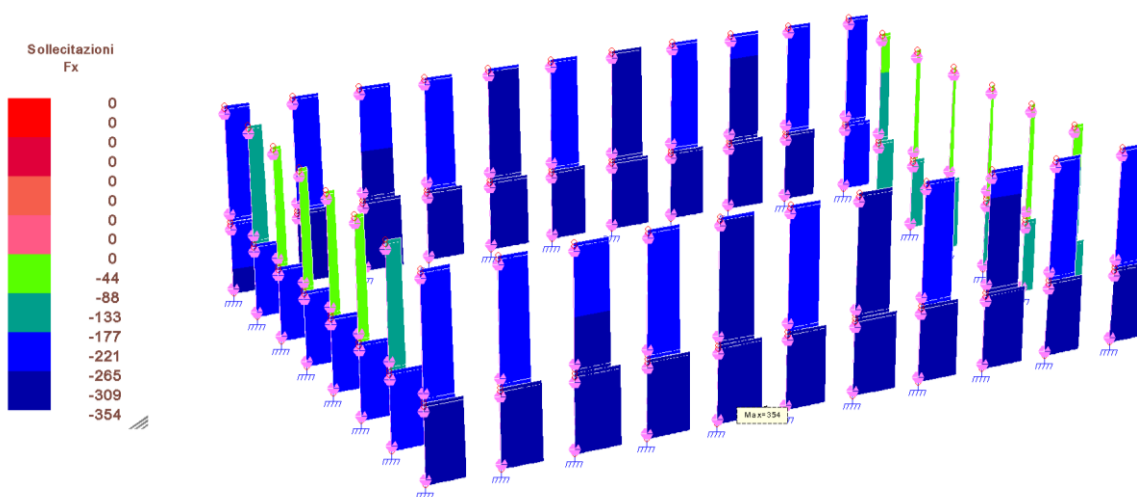
Armatura anteriore/posteriore presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)



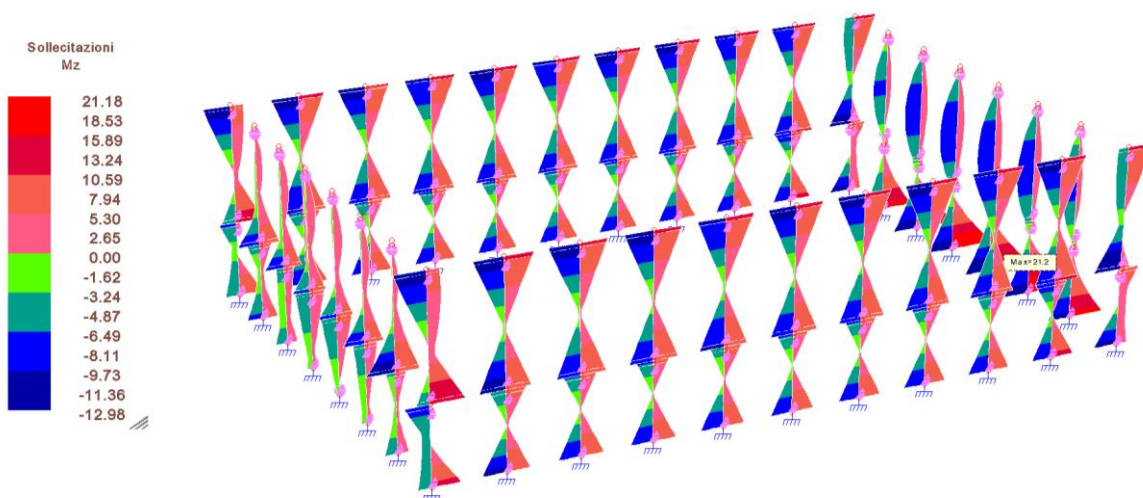
Armatura trasversale presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)



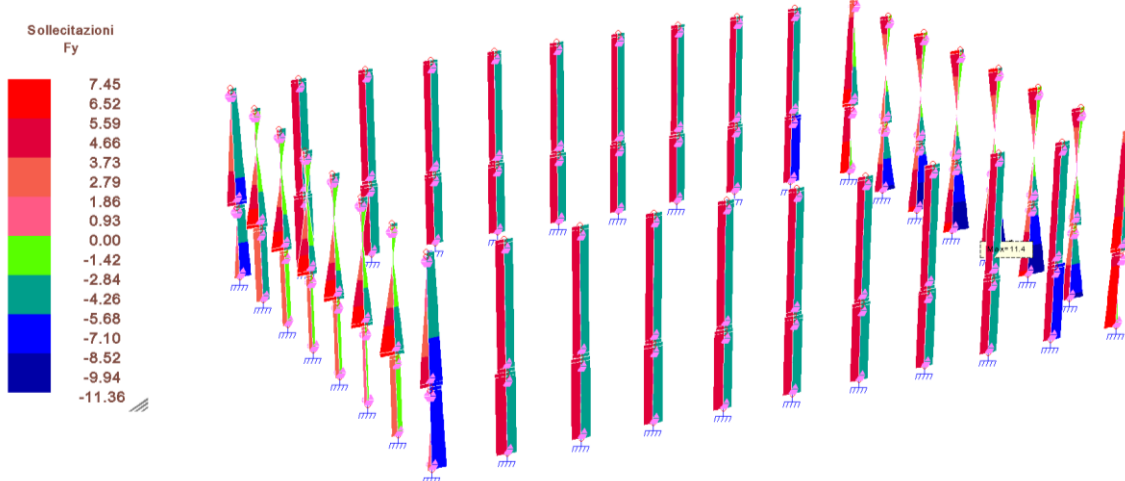
Involuppo pressioni sul terreno - SLU [kN/mq]



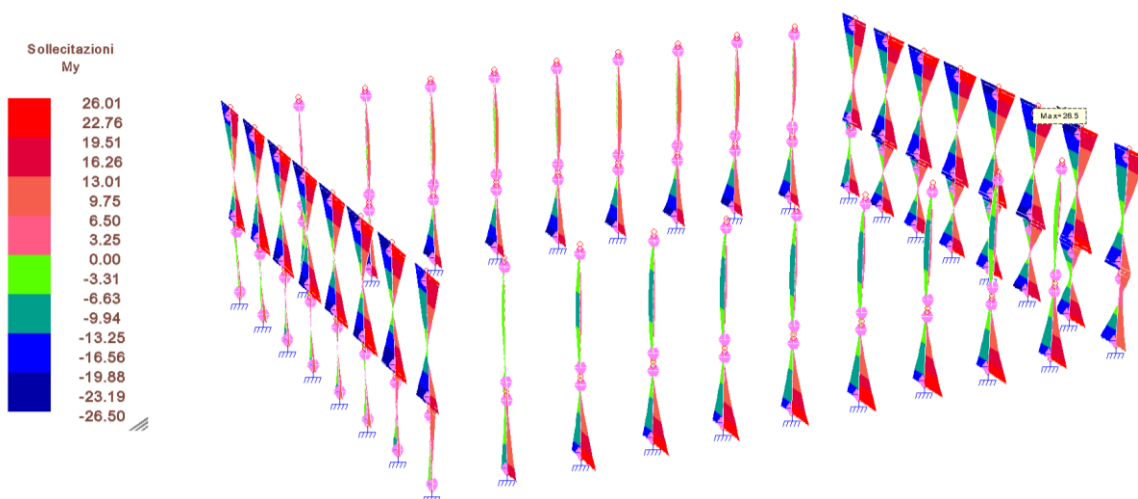
Involuppo sforzo assiale sui pilastri della palestra Fx - [kN] - SLU



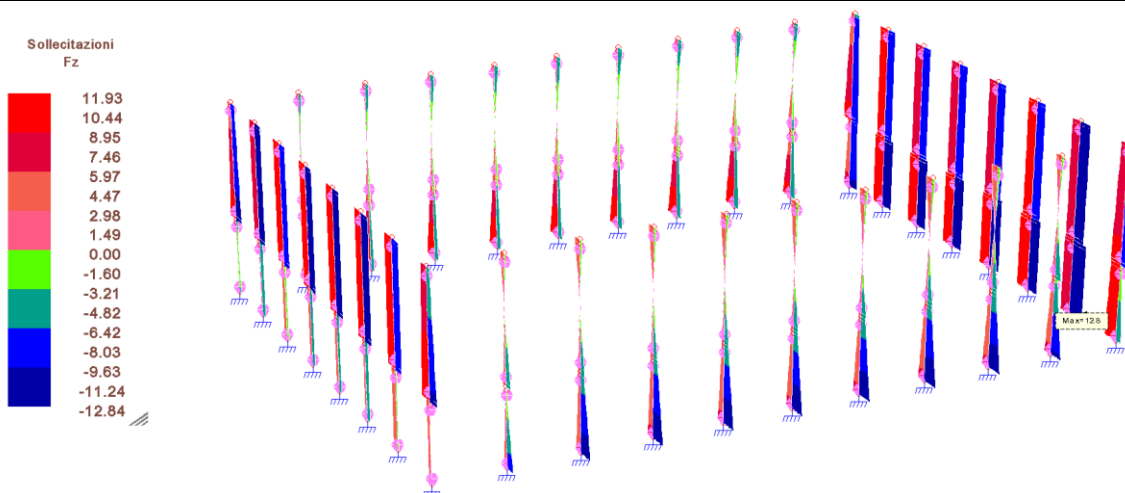
Involuppo momento flettente sui pilastri della palestra Mz - [kNm] - SLU



Involuppo taglio sui pilastri della palestra Fy - [kN] - SLU



Involuppo momento flettente sui pilastri della palestra My - [kNm] - SLU



Involuppo taglio sui pilastri della palestra Fz - [kN] - SLU

Il progettista delle strutture

