




# COMUNE di VOGHIERA



## PROGRAMMA "SICURO, VERDE E SOCIALE. RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA" P.C. P.N.R.R.

Via San Leo 10 - Voghenza

<b>Titolare della progettazione</b>		<b>Responsabile unico del procedimento</b>	
 <b>ACER FERRARA</b> C.so V.Veneto, 7 - 44121 Ferrara <b>Servizio Tecnico</b> Dirigente: arch. M.Cenacchi  <small>Azienda con sistema qualità certificato in conformità alla normativa ISO 9001:2015</small>		ACER FERRARA Servizio tecnico: arch. M. Cenacchi	
		<b>Coordinamento generale programma</b> ACER FERRARA Servizio tecnico: ing. G. Addesso	
		<b>Progetto architettonico</b> arch. Irene Ferroni	
		<b>Progetto strutture</b> ing. Pierluigi Pascale	
		<b>Progetto impianti</b> ing. Pierluigi Pascale	
		<b>Relazione energetica</b> arch. Irene Ferroni	
		<b>Collaboratori</b> Ing. Mattia Di Fabio	

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

<b>titolo elaborato</b>		<b>cod. commessa</b> 2105	<b>codice elaborato</b>  <b>ST-P-R01-2</b>
Relazione tecnica di verifica di vulnerabilità		<b>scala</b> --	

<b>REV 0</b>	<b>Emissione</b>	<b>MARZO 2022</b>
<b>REV 1</b>	<b>INTEGRAZIONI</b>	<b>SETTEMBRE 2022</b>
<b>REV 2</b>	<b>INTEGRAZIONI</b>	<b>OTTOBRE 2022</b>






## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DI VULNERABILITA' SISMICA .....</b>	<b>7</b>
4.1	Informazioni generali sull'analisi svolta .....	7
4.2	Caratterizzazione geognostica .....	7
4.3	Conoscenza della struttura .....	8
4.3.1	Materiali.....	8
4.3.2	Livello di conoscenza .....	10
4.4	Azioni sulle costruzioni .....	11
4.4.1	Azioni verticali .....	11
4.5	Definizione dell'azione sismica.....	13
4.6	Combinazioni delle azioni .....	15
4.7	Tipo di analisi svolte .....	16
4.8	Calcolo del livello di sicurezza .....	16
4.9	Software di calcolo utilizzato .....	16
<b>5</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI .....</b>	<b>18</b>
5.1	Modellazione strutturale .....	18
5.1.1	Modellazione della tamponatura - metodo delle bielle equivalenti .....	18
5.1.2	Modellazione dei carichi .....	23
5.2	Combinazioni di carico .....	24
5.3	Analisi modale.....	25
5.4	Validazione dei risultati .....	29
5.5	Sintesi risultati analisi strutturale .....	32
5.5.1	Caratteristiche di sollecitazione allo SLU.....	32
5.5.2	Caratteristiche di sollecitazione allo SLV .....	35
5.5.3	Deformata strutturale allo SLV.....	40
5.6	Verifiche elementi strutturali allo SLU.....	41
5.6.1	Verifica pilastri 30x30 cm .....	42
5.6.2	Verifica pilastri 25x30 cm .....	44
5.6.3	Verifica travi 20x45 cm .....	46
5.6.4	Verifica travi 60x20 cm .....	48
5.6.5	Verifica travi 30x20 cm .....	50
5.6.6	Verifica travi del pianerottolo 120x15 cm .....	52
5.6.7	Verifica travi 45x20 cm .....	54
5.6.8	Verifica travi 30x35 cm .....	56
5.6.9	Verifica travi 30x40 cm .....	58
5.6.10	Verifica travi 35x16 cm.....	60
5.6.11	Verifica travi 50x20 cm.....	62



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 2 di 108

5.6.12	Verifica travi di colmo 30x23 cm .....	64
5.6.13	Verifica solaio interpiano.....	66
5.7	Verifiche elementi strutturali allo SLV .....	68
5.7.1	Verifica pilastri 30x30 cm .....	69
5.7.2	Verifica pilastri 25x30 cm .....	73
5.7.3	Verifica travi 20x45 cm .....	77
5.7.4	Verifica travi 60x20 cm .....	80
5.7.5	Verifica travi 30x20 cm .....	83
5.7.6	Verifica travi del pianerottolo 120x15 cm .....	86
5.7.7	Verifica travi 45x20 cm .....	89
5.7.8	Verifica travi 30x35 cm .....	92
5.7.9	Verifica travi 30x40 cm .....	95
5.7.10	Verifica travi 35x16 cm.....	98
5.7.11	Verifica travi 50x20 cm.....	101
5.7.12	Verifica travi di colmo 30x23 cm .....	104
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>107</b>



## 1 PREMESSA

Nel presente documento si illustrano i risultati delle indagini e delle analisi di vulnerabilità sismica necessari per individuare e valutare le strategie di intervento del fabbricato sito in **VIA SAN LEO 10 - LOCALITA' VOGHENZA - VOGHIERA (FE)** adibito ad uso residenziale. Il dettaglio del documento esplica le valutazioni del livello di sicurezza del fabbricato finalizzati all'individuazione delle proposte di intervento e le connesse implicazioni economiche relativamente al programma denominato *"SICURO, VERDE E SOCIALE. RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA"*, parte del piano nazionale per gli investimenti complementari (Decreto-Legge 6 maggio 2021, n. 59, come convertito dalla Legge 1° luglio 2021 n. 101), come da Allegato "A" (in seguito, Allegato "A") e Allegato "1" (in seguito, Allegato "1") della Delibera Num. 1851 del 08/11/2021, seduta Num. 51, Giunta Regionale Emilia-Romagna (proposta GPG/2021/1856 del 27/10/2021).

## 2 DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI

Il fabbricato in oggetto è sito in **VIA SAN LEO 10 - LOCALITA' VOGHENZA - VOGHIERA (FE)**, ed è composto da **4 appartamenti**.



Figura 2-1: Localizzazione del fabbricato





**FOTO 1**



**FOTO 2**



**FOTO 3**

Si descrive sinteticamente di seguito lo stato di fatto del fabbricato in oggetto.

L'edificio, costruito alla fine degli anni Settanta, è un fabbricato che si sviluppa su 3 livelli, con struttura portante in calcestruzzo armato e pannelli di tamponatura in muratura di mattoni doppio UNI. La struttura in elevazione è caratterizzata da pilastri di sezione 30x30 cm e 25x30 cm e le travi di solaio sono in spessore di solaio con altezza pari a 20 cm.

L'ingombro massimo in pianta dell'edificio è di 20,10 x 9,50 m (superficie lorda pari a circa 191 mq).

Gli impalcati sono in laterocemento, gettati in opera, costituiti da travetti in calcestruzzo armato con interasse di circa 40 cm di altezza 16 cm e soletta di spessore 4 cm, il solaio di sottotetto è costituito da un solaio analogo ai precedenti per geometria ma risulta essere rasato, pertanto senza soletta, mentre il solaio di copertura è della tipologia Varese con travetti prefabbricati e tavellone estradossale pertanto senza soletta. All'interno dell'immobile è presente un vano scala costituito da soletta rampante poggiata su travi in calcestruzzo armato. In corrispondenza del medesimo vano sono state realizzate pareti di tamponamento parallele alla rampa in muratura di mattoni pieni.

La struttura non è regolare in pianta (distribuzione di masse e rigidità approssimativamente simmetrica rispetto alle due direzioni ortogonali ma non si hanno tutti i solai infinitamente rigidi), mentre è regolare in altezza in quanto non variano masse e rigidità tra un livello e il successivo.



### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi necessarie alla redazione della verifica di vulnerabilità e la successiva progettazione degli interventi strutturali atti a conseguire l'adeguamento sismico del fabbricato ad uso residenziale fanno riferimento alle norme ed istruzioni elencate nel seguito:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Ministero delle Infrastrutture, "Norme tecniche per le costruzioni" – **NTC 2018** (G.U. n. 42 del 20/2/2018 suppl. ord. n.8);
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 7 del 21 Gennaio 2019, Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M.17/01/2018 – **Circ. 2019** (G.U. n. 35 del 11/2/2019 suppl. ord. n. 5);
- Linee guida per modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione, miglioramento e ricostruzione di edifici inagibili (M. Dolce, G. Di Pasquale, C. Moroni, G. Naso, G. Manfredi, C. Modena, A. Prota *et al.*).





## **4 ANALISI DI VULNERABILITA' SISMICA**

### **4.1 Informazioni generali sull'analisi svolta**

L'analisi dell'edificio è stata condotta ai sensi della vigente normativa tecnica e, al fine di implementare correttamente la verifica strutturale, le valutazioni sono state effettuate al termine di una campagna di indagini volta a raccogliere informazioni sulla struttura e sui materiali costituenti.

L'obiettivo dello studio è stato la stima del livello di sicurezza attraverso l'esecuzione di un'**analisi dinamica lineare con fattore di comportamento**. Questa analisi permette, mediante la valutazione dei modi di vibrare della costruzione e nella combinazione degli effetti indotti dall'azione sismica, la determinazione delle azioni sollecitanti sui diversi elementi strutturali considerando tutti quei modi di vibrare la cui massa partecipante è superiore al 5% e fino a raggiungere una massa partecipante totale di almeno l'85%. Il livello di sicurezza è determinato dal confronto tra capacità degli elementi strutturali e la domanda allo Stato Limite considerato.

### **4.2 Caratterizzazione geognostica**

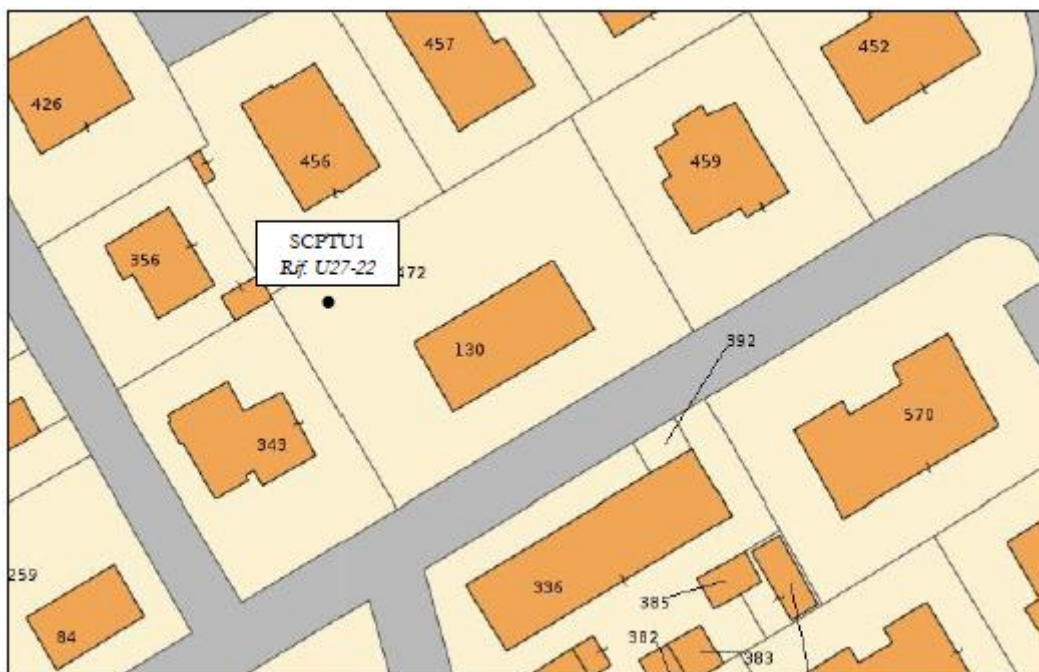
Per l'identificazione e la modellazione geologica, la parametrizzazione geotecnica del volume significativo del terreno e la modellazione sismica secondo le NTC2018, è stata eseguita una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico **SCPTU** fino alla profondità di -30,00 m dal p.c.

I principali risultati possono essere sintetizzati come segue:

- i. Generalmente le campagne che circondano l'abitato di Voghenza sorgono su depositi di piana alluvionale, rappresentati principalmente da canali distributori, da argini intercalati a depositi di catino interfluviale. Spesso si rilevano sabbie da medie a fini organizzate in strati decimetrici intercalate a sabbie finissime ed argille limose. Nell'area in esame, si rilevano prevalentemente sedimenti coesivi tipici di ambienti deposizionali di basse energie idrodinamiche intervallate da qualche piccolo banco di sabbie.
- ii. una quota della superficie di falda ad una profondità di -2,00 m dal p.c.

Dalla modellazione sismica del sito, eseguita in base, l'area di sedime dell'edificio rientra in una zona stabile suscettibile di amplificazione sismica per condizioni stratigrafiche.

Per la definizione della categoria di sottosuolo è stata determinata la velocità delle onde di taglio  $V_{s,30}$  nei primi 30 m di sottosuolo indagato. Mediante l'impiego di ricevitori (geofoni) sulla punta elettronica della prova penetrometrica e una sorgente di onde in superficie è stato possibile misurare la velocità di propagazione delle onde con il metodo geofisico "downhole". Il valore della velocità delle onde di taglio  $V_{s,30}$  risultante dalle indagini è risultata essere pari a  **$V_{s,30} = 177 \text{ m/s}$** , pertanto, l'area ricade in una **categoria di sottosuolo D**.



*Figura 4-1 Localizzazione delle prove geognostiche*

### **4.3 Conoscenza della struttura**

Nel rispetto di quanto definito nel capitolo 8 del D.M. 17/01/2018 e la relativa Circolare esplicativa 21/01/2019, prima di procedere con l'analisi strutturale è fondamentale individuare il grado di conoscenza della struttura al fine di identificare il corretto modello strutturale. Tale obiettivo viene perseguito analizzando la documentazione disponibile e le eventuali indagini svolte, in maniera da conoscere geometria e dettagli costruttivi, proprietà meccaniche dei materiali ed i carichi agenti. Tale documentazione è costituita da:

- Disegni e relazione di progetto originali;
- Rilievo strutturale e geometrico.

A tal proposito per l'opera in esame sono disponibili le tavole originali relative ai dettagli costruttivi corredati con la relazione di calcolo i quali hanno permesso di identificare la geometria e le dimensioni dell'opera, nonché i quantitativi di armatura degli elementi strutturali.

#### **4.3.1 Materiali**

Per quanto concerne le caratteristiche dei materiali, nelle tavole strutturali reperite sono indicate le caratteristiche meccaniche di progetto dei materiali impiegate all'epoca di realizzazione. In particolare sono stati impiegati per l'opera originaria:

- Cemento tipo R425 dosato a 3 q.li/mc;
- Acciaio ad adherenza migliorata del tipo FeB38K.

Al fine di raggiungere un Livello di Conoscenza LC3 sono state eseguite prove distruttive di caratterizzazione materica. Sono stati quindi eseguiti carotaggi di calcestruzzo e prelievi di barre di armatura da sottoporre rispettivamente a prove di compressione e prove di trazione, i cui risultati sono riportati nelle immagini seguenti.



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 9 di 108

Provino							Snervamento		Rottura		
ID	Codice/ Posizione in opera	Tipo*	Parte d'opera	$\phi_{nom}$	$m_u$	$\phi_{eq}$	$f_y$	$f_y/f_{ynom}$	$f_t$	$f_t/f_y$	$A_{gt}$
				[mm]	[kg/m]	[mm]	[MPa]	[-]	[MPa]	[-]	[%]
1	id 01 staffa	a.m.	pilastro PT	6	0,225	6,0	470,4	-	640,2	1,36	-
2	id 03 staffa	a.m.	pilastro PT	6	0,230	6,1	466,9	-	664,9	1,42	-
3	id 07 staffa	a.m.	pilastro 1P	6	0,217	5,9	484,5	-	693,2	1,43	-

ID	Sigla campione	Descrizione Verbale di prelievo	Data prelievo	Dimensioni			Massa volumica	Carico di rottura	Resistenza unitaria $f_{c,1}$	Tipo di rottura
				$\phi$	h	$\lambda$				
				[mm]		[-]				
1	id 01	pilastro PT	28/02/22	95	95	1,00	2150	105,7	14,9	C
2	id 02	pilastro PT	28/02/22	95	95	1,00	2144	104,9	14,8	C
3	id 03	pilastro PT	28/02/22	95	95	1,00	2144	110,4	15,6	C
4	id 04	trave P1	28/02/22	95	95	1,00	2131	114,0	16,1	C
5	id 05	trave P1	28/02/22	95	96	1,01	2138	120,0	16,9	C
6	id 06	pilastro PT	28/02/22	95	95	1,00	2152	124,6	17,6	C
7	id 07	pilastro P1	28/02/22	95	95	1,00	2144	115,5	16,3	C
8	id 08	pilastro P1	28/02/22	95	95	1,00	2146	129,2	18,2	C

Figura 4-2 – Risultati delle prove di laboratorio

Per quanto concerne i risultati delle prove di compressione del calcestruzzo, con riferimento alle indicazioni riportate nelle "Linee Guida per la Valutazione delle Caratteristiche del Calcestruzzo in Opera" i dati di resistenza a compressione delle carote con snellezza unitaria (nel range 0,95÷1,05) sono calibrati tenendo conto del fattore di disturbo, causato dalle operazioni di prelievo mediante carotaggio,  $F_d$  funzione della resistenza misurata dalla prova.

$f_{carota}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	10	20	25	30	35	40
$F_d$	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00

Nella tabella seguente si riportano i calcoli eseguiti

Campione	$f_{c,carota}$ [MPa]	$F_d$	$f_{c,is}$ [MPa]
1	14,9	1,0851	16,17
2	14,8	1,0852	16,06
3	15,6	1,0844	16,92
4	16,1	1,0839	17,45
5	16,9	1,0831	18,30
6	17,6	1,0824	19,05
7	16,3	1,0837	17,66
8	18,2	1,0818	19,69

Tabella 4-1 – Calcolo dei valori di resistenza strutturale



Le resistenze da impiegare per il calcolo della capacità degli elementi strutturali si riferiscono ai valori medi misurati dalle prove, le quali saranno divise per il Fattore di Confidenza per la verifica di meccanismi duttili e per il Fattore di Confidenza e il coefficiente di sicurezza dei materiali per la verifica dei meccanismi fragili.

Per quanto sopra riportato possono essere definite le seguenti resistenze dei materiali:

- Calcestruzzo esistente:  $f_{cm} = 17,66 \text{ MPa}$ ;
- Acciaio esistente:  $f_{ym} = 473,93 \text{ MPa}$ ;

Per l'acciaio si fa riferimento ad un legame costitutivo elastico-perfettamente plastico con tensione di snervamento pari al valore medio considerato. Inoltre, dato un valore medio ottenuto dalle prove maggiore della resistenza caratteristica dell'acciaio attuale B450C, si limita il valore di progetto della resistenza dell'acciaio a 450 MPa.

Per la documentazione completa delle prove e indagini eseguite si rimanda all'allegato.

#### **4.3.2 Livello di conoscenza**

La conoscenza della struttura esistente è stata possibile acquisirla grazie alla disponibilità del progetto originario e delle indagini e prove in situ. In particolare la documentazione originaria, è caratterizzata dai seguenti elaborati:

- Piante, sezioni e prospetti;
- Geometria e dettagli costruttivi degli elementi strutturali originari con la prescrizione dei materiali di progetto impiegati;
- Relazione di calcolo di progetto;
- Documentazioni di collaudo e di cantiere.

I rilievi geometrico-strutturali eseguiti in situ hanno permesso di identificare e verificare la tipologia di dettagli costruttivi indicati nelle tavole di progetto. Tali indagini hanno mostrato un'ottima corrispondenza con il progetto strutturale originario.

In base a quanto finora specificato si può ritenere che dai rilievi geometrico-strutturali in situ, è stata riscontrata un'ottima corrispondenza con il progetto strutturale originario e quindi di poter far riferimento al progetto originario per i dettagli costruttivi dei principali elementi strutturali. Inoltre sono stati eseguiti carotaggi di calcestruzzo e prelievi di barre di armatura da sottoporre a prove di laboratorio al fine di ottenere valori di resistenza dei materiali in opera.

Sulla base delle informazioni reperite dalla documentazione completa e dall'esecuzione di prove e indagini in situ è stato possibile **raggiungere un livello di conoscenza accurato della struttura ovvero un livello LC3** a cui corrisponde un **fattore di confidenza  $FC = 1,0$**  (§C8.5.4).

Tale coefficiente è adottato al fine di determinare i valori di resistenza di progetto dei materiali da adottare nella successiva fase di verifica. Tali valori sono riportati di seguito distinguendo i parametri da adottare per le verifiche di meccanismi duttili e per le verifiche di meccanismi fragili, in accordo con quanto indicato nel C8.7.2.2 della Circolare esplicativa del 21/01/2019, e adottando per i coefficienti di sicurezza dei materiali i valori stabili nel D.M. 17/01/2018:

	Meccanismi duttili	Meccanismi fragili
• Calcestruzzo	$f_{cd} = f_{cm}/FC = 17,66 \text{ MPa}$	$f_{cd} = f_{cm}/FC \cdot \gamma_c = 11,77 \text{ MPa}$
• Acciaio	$f_{yd} = f_{ym}/FC = 450,00 \text{ MPa}$	$f_{yd} = f_{ym}/FC \cdot \gamma_s = 391,30 \text{ MPa}$



#### 4.4 Azioni sulle costruzioni

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i valori delle azioni considerate nell'analisi strutturale dell'edificio in oggetto.

##### 4.4.1 Azioni verticali

###### 4.4.1.1 Carico accidentale

Ai fini delle verifiche svolte si è fatto riferimento, per la definizione dei sovraccarichi variabili, alle NTC 2018. I sovraccarichi assunti nelle verifiche sono quelli previsti per la destinazione di "ambienti ad uso residenziale" e "coperture accessibili per sola manutenzione" – A e H - tabella 3.1.II - "Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni".

*Tabella 4-2 Carichi accidentali*

<b>Cat.</b>	<b>Ambienti</b>	<b>q<sub>k</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Q<sub>k</sub> [kN]</b>	<b>H<sub>k</sub> [kN/m]</b>
<i>Cat. A</i>	<i>Aree per attività domestiche e residenziali</i>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>
<i>H</i>	<i>Coperture Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione</i>	<b>0.50</b>	<b>1.20</b>	<b>1.00</b>

###### 4.4.1.2 Carico neve

Il fabbricato sito in località Voghenza - Voghiera (FE), e pertanto ricade in Zona II,

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione (§ 3.4.1, NTC 2018):

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

dove:

$q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, assunto pari a 0,8;

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, assunto pari a 1,00 kN/m<sup>2</sup>, essendo la quota del suolo sul livello del mare  $a_s < 200$  m;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione, assunto pari a 1;

$C_t$  è il coefficiente termico, assunto pari a 1.

Da cui risulta il carico neve di progetto  **$q_s = 0,80$  kN/m<sup>2</sup>**

###### 4.4.1.3 Analisi dei carichi solai

L'analisi dei carichi utilizzata per le verifiche è riportata in seguito.



**SOLAIO INTERPIANO – LATEROCEMENTO**

Intonaco	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=0.5 cm	0.10	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in c.a. h = 16 cm	i=40 cm	b =6 cm      h =16 cm	1.50	kN/m <sup>2</sup>
Soletta c.a.	25 kN/m <sup>3</sup>	sp.=4 cm	1.00	kN/m <sup>2</sup>
Massetto	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=3.5 cm	0.63	kN/m <sup>2</sup>
Pavimento		sp.=3 cm	0.30	kN/m <sup>2</sup>
Incidenza tramezze	Peso 2.30 kN/m		1.20	kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale permanenti</b>			<b>4.73</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Accidentale</b>			<b>2.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

**SOLAIO SOFFITTO – LATEROCEMENTO RASATO**

Intonaco	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=0.5 cm	0.10	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in c.a. h = 16 cm	i=40 cm	b =6 cm      h =16 cm	1.50	kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale permanenti</b>			<b>1.60</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Accidentale</b>			<b>0.50</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

**SOLAIO COPERTURA – LATEROCEMENTO VARESE**

Solaio Varese h = 16 cm			1.50	kN/m <sup>2</sup>
Tegole			0.80	kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale permanenti</b>			<b>2.30</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Accidentale</b>			<b>0.80</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

**SOLAIO BALCONE – LATEROCEMENTO**

Solaio in c.a. h = 16 cm	i=40 cm	b =6 cm      h =16 cm	1.50	kN/m <sup>2</sup>
Soletta c.a.	25 kN/m <sup>3</sup>	sp.=4 cm	1.00	kN/m <sup>2</sup>
Massetto	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=3.5 cm	0.63	kN/m <sup>2</sup>
Pavimento		sp.=3 cm	0.30	kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale permanenti</b>			<b>3.43</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Accidentale</b>			<b>4.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### 4.4.1.4 Tamponatura

Il carico della tamponatura è calcolato in base alle caratteristiche geometriche dei pannelli, al netto degli ingombri di travi e pilastri, nonché delle aperture quali porte e finestre, ed in relazione alle caratteristiche dei materiali che le compongono.

In particolare, sulla base delle stratigrafie riscontrate in opera, si sono individuate i seguenti carichi al metro lineare, dipendenti dall'altezza del pannello.

**TAMPONATURE ESTERNE**

Intonaco	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=1 cm	0.18	kN/m <sup>2</sup>
Paramento interno sp. 8 cm	11 kN/m <sup>3</sup>	sp.=8 cm	0.88	kN/m <sup>2</sup>
Paramento esterno sp. 12.5 cm	11 kN/m <sup>3</sup>	sp.=12.5 cm	1.375	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico distribuito tamponatura</b>			<b>2.44</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Altezza interpiano

h=2.70 m

**Carico lineare tamponatura****6.59 kN/m**

**TAMPONATURE SCALE**

Intonaco	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=1 cm	0.18	kN/m <sup>2</sup>
Paramento sp. 15 cm	11 kN/m <sup>3</sup>	sp.=8 cm	1.65	kN/m <sup>2</sup>
Intonaco	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=1 cm	0.18	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico distribuito tamponatura</b>				<b>2.01 kN/m<sup>2</sup></b>

Altezza interpiano

h=2.70 m

**Carico lineare tamponatura****5.43 kN/m****4.5 Definizione dell'azione sismica**

L'azione sismica è stata calcolata in riferimento agli spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazione orizzontale come definito al punto §3.2 delle NTC2018. Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove  $T$  e  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale, e:

- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido, determinata per il sito in cui sorge l'opera, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S=S_S \cdot S_T$ , essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica. Dalle indagini geotecniche, risulta che la categoria di sottosuolo del fabbricato oggetto di analisi è la categoria C. Quindi i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  sono pari rispettivamente a:

$$S_S = 1.800 \quad C_C = 2.397$$

Dall'esame della morfologia del sito la topografia è inquadrabile nella categoria  $T_1$  da cui risulta un coefficiente  $S_T$  unitario

- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta=10/(5+\xi) \geq 0,55$ , dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- $F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore pari a 2,592;
- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da  $T_C = C_C \cdot T_C^*$  dove  $T_C^*$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante  $T_B = T_C/3$
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:  $T_D=4,0 \cdot a_g/g + 1,6$ .



Al fine di determinare il tempo di ritorno ( $T_R$ ) per il quale viene definito lo spettro di progetto sono stati adottati i seguenti valori di vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento (in accordo con le NTC2018):

- $V_N$ : vita nominale di 50 anni
- $C_U$ : coefficiente di classe d'uso pari a 1,0 (classe d'uso II)
- $P_R = V_N \cdot C_U$  periodo di riferimento pari a 50 anni.

Di conseguenza per lo stato limite considerato (ultimo-salvaguardia della vita, SLV), il periodo di ritorno è pari a 475 anni e lo spettro di riferimento è quello illustrato in Figura 4-3.

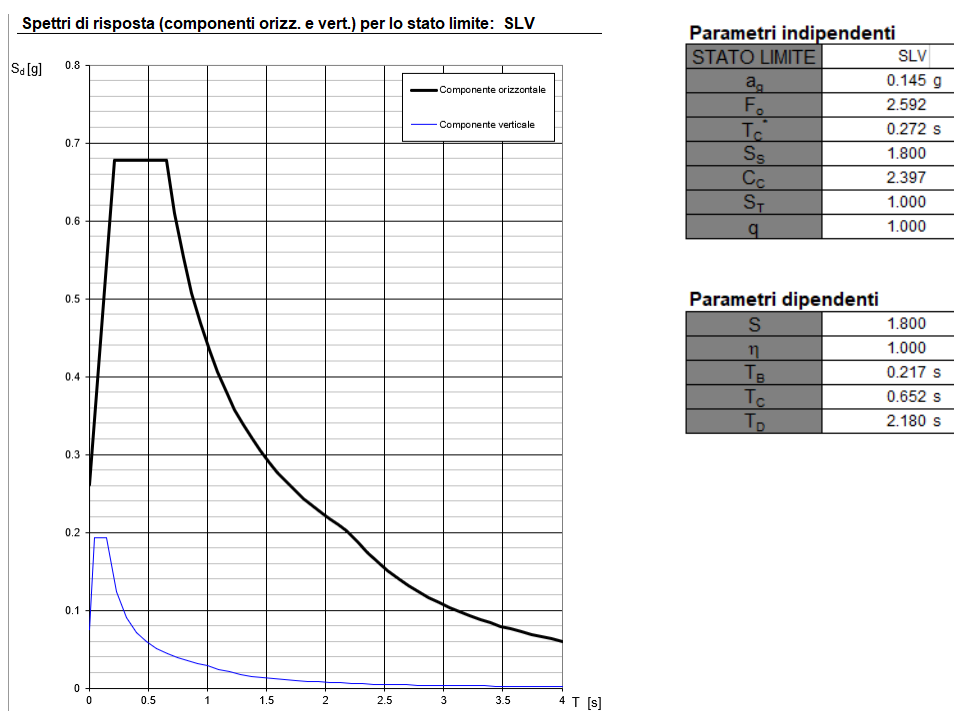


Figura 4-3 Spettro elastico SLV -  $q=1$

#### Regolarità in pianta e in altezza della costruzione

Per la valutazione della regolarità strutturale si analizzano i criteri riportati nel §7.2.1. delle NTC2018.

- La distribuzione di masse e rigidezze è pressoché simmetrica rispetto alle due direzioni principali e la forma in pianta è compatta e rettangolare con rapporto tra i lati inferiore a 4. Per contro non tutti gli orizzontamenti hanno una soletta di spessore di almeno 4 cm e questo comporta che la struttura è definita **non regolare in pianta**.
- Tutti gli elementi strutturali sono continui dalla fondazione alla copertura. Nei diversi livelli di impalcato non si hanno variazioni importanti di rigidezza, pertanto, la struttura risulta **regolare in altezza**.

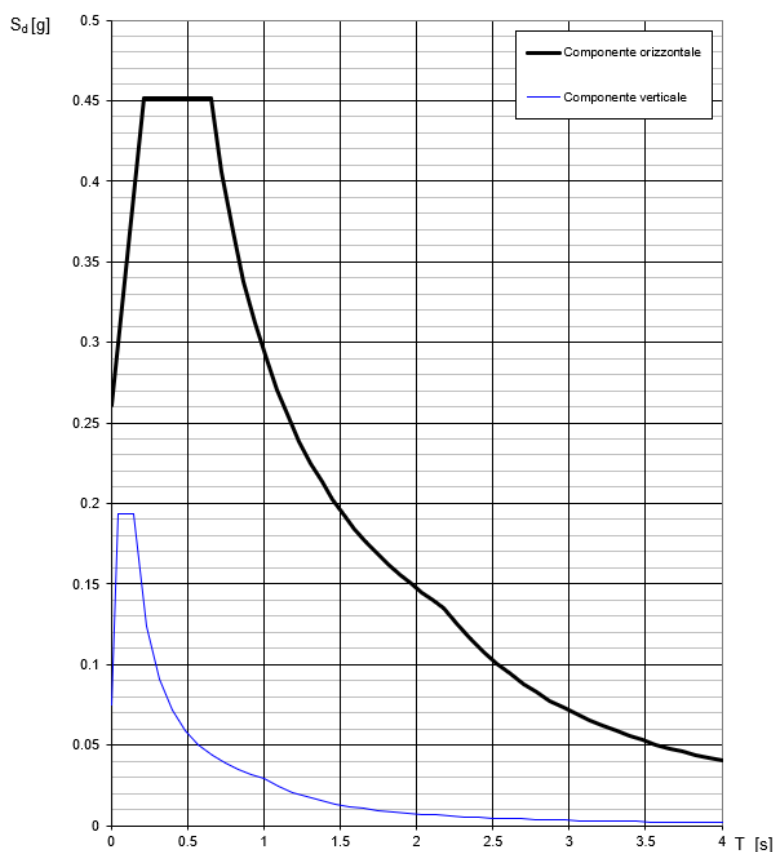
Definite le caratteristiche di regolarità in pianta si prosegue con la definizione del fattore di comportamento da adottare per l'analisi per azioni sismiche della struttura. A tal proposito, eseguendo un'analisi dinamica lineare con fattore di comportamento, seguendo le indicazioni riportate nel § C8.7.2.2.2 della Circolare Esplicativa n°7 del 2019, si farà distinzione tra meccanismi fragili e meccanismi duttili. Nel caso di **meccanismi fragili il fattore di comportamento è definito pari a  $q=1,5$** , mentre nel caso di **meccanismi duttili tale fattore è assunto pari ad un valore variabile tra 1,5 e 3,0** sulla base della regolarità della struttura e della capacità dissipativa. Considerando che la struttura in esame non è stata progettata seguendo gli standard di progettazione sismica attuali e date le scarse proprietà dissipative dei pilastri i quali sono caratterizzate principalmente da staffe poste con un passo non ottimale nelle zone critiche e data la presenza al livello di impalcato di travi in spessore, ai fini



dell'analisi della struttura esistente, si adotta, a favore di sicurezza un **fattore di comportamento per meccanismi duttili pari a  $q=1,5$** , analogo al fattore adottato per meccanismi fragili.

Noto il fattore di comportamento, è possibile definire lo **spettro di risposta di progetto** riportato nelle figure seguenti.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



*Figura 4-4 – Spettro di risposta di progetto – Componente orizzontale con  $q=1,5$*

#### 4.6 Combinazioni delle azioni

Le verifiche allo stato limite ultimo vengono condotte considerando la combinazione fondamentale:

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

Dove il coefficiente di sicurezza  $\gamma_G$  vale generalmente 1,3 per i carichi permanenti e per i carichi permanenti non strutturali, mentre il coefficiente di sicurezza per le azioni variabili  $\gamma_Q$  vale 1,5.

Ai fini delle verifiche SLV si fa riferimento alla combinazione sismica:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- $G_1$ : rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali, il peso proprio del terreno quando pertinente, le forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno), le forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- $G_2$ : rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $P$ : rappresenta pretensione e precompressione;



- $Q_{ki}$ : rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\Psi_{2i}$ : sono coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici;
- E: rappresenta l'azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame.

I valori di riferimento per i coefficienti di combinazione sono rilevati dalla tabella 2.5. I delle NTC 2018:

*Tabella 4-3 Coefficienti di combinazione delle azioni*

<b>Categoria / Azione variabile</b>	<b><math>\Psi_{0i}</math></b>	<b><math>\Psi_{1i}</math></b>	<b><math>\Psi_{2i}</math></b>
<i>Categoria A – Ambienti ad uso residenziale</i>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>
<i>Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione</i>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<i>Neve (a quota <math>\leq 1000</math> m s.l.m.)</i>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>

#### 4.7 Tipo di analisi svolte

Oltre alle analisi allo SLU per carichi gravitazionali, la vulnerabilità sismica del fabbricato è stata valutata attraverso analisi modali con spettro di risposta di progetto adottando un fattore di comportamento pari a  **$q=1,5$** . Essendo la struttura posta in zona sismica è necessario realizzare un **modello di calcolo che simuli quanto più fedelmente possibile il suo comportamento reale**. A tale scopo vengono sviluppati modelli tridimensionali agli elementi finiti, tanto sotto l'effetto dei carichi gravitazionali quanto sotto l'effetto delle azioni sismiche.

Attraverso un solutore di calcolo agli elementi finiti (MidasGen), i pilastri e le travi sono modellate come elementi *beam*. Gli elementi al piano terra inoltre vengono modellati come incastrati alla base.

#### 4.8 Calcolo del livello di sicurezza

L'indice di sicurezza è dato dal rapporto tra capacità e domanda. In particolare, per verifiche rispetto alle azioni sismiche, viene definito il rapporto  $\zeta_E$  tra l'azione sismica massima supportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe per il progetto di una nuova costruzione.

È evidente come, all'aumentare di  $\zeta_E$  migliora la resistenza strutturale nei confronti del sisma di progetto e, in particolare, se è maggiore di 1 la struttura risulta adeguata mentre, al contrario, se è minore di 1, l'edificio presenta delle vulnerabilità.

#### 4.9 Software di calcolo utilizzato

Al fine di eseguire le analisi di vulnerabilità sismica dell'edificio è stato implementato un modello tridimensionale agli elementi finiti mediante il software Midas Gen 2022.







**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 17 di 108

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Ad ogni modo i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dallo scrivente. Il "check" ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.



## 5 SINTESI DEI RISULTATI

I paragrafi seguenti sintetizzano i risultati delle analisi condotte e successivamente delle verifiche condotte sul fabbricato in esame, ossia:

- **Verifiche allo Stato Limite Ultimo per carichi gravitazionali (SLU);**
- **Verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).**

### 5.1 Modellazione strutturale

Nel modello, tutte i componenti strutturali quali travi e pilastri sono stati implementati come elementi di tipo beam. I solai di interpiano, essendo caratterizzati da una soletta piena sono modellati come infinitamente rigidi nel loro piano, mentre i vincoli esterni, alla base dei pilastri del piano terra, sono considerati degli incastri che impediscono tutte le rotazioni e tutte le traslazioni.

Per quanto concerne gli elementi non strutturali quali ad esempio le tramezzature sono stati modellati solo come masse e come carichi. In particolare le tramezzature interne sono state considerate con un'incidenza equivalente su tutto il solaio mentre i tamponamenti esterni di carico maggiore sono stati considerati nella loro posizione effettiva. Unicamente per il tamponamento interno in corrispondenza del vano scala è stato introdotto il contributo irrigidente in quanto le pareti perimetrali, essendo a sacco con gli elementi più rigidi posti in esterna a faccia vista, non sono completamente aderenti con il telaio in c.a.

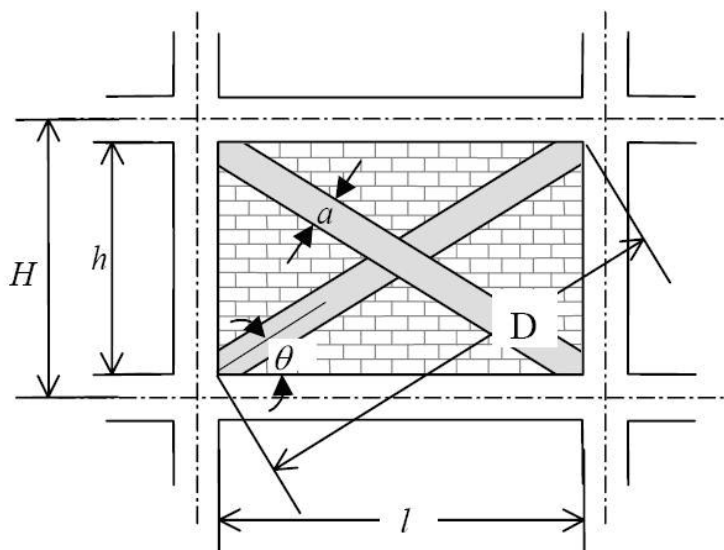
Il contributo delle pareti di tamponamento sul vano scala è stato implementato mediante il metodo a bielle equivalenti, trattato in seguito.

#### 5.1.1 Modellazione della tamponatura - metodo delle bielle equivalenti

L'obiettivo della ricerca di Al-Chaar "Evaluating strength and stiffness of unreinforced masonry infill structures" è quello di fornire le linee guida per la valutazione della resistenza e della rigidezza di pannelli di tamponatura non armati soggetti a carichi laterali.

Il trasferimento delle forze laterali lungo la struttura provoca una distribuzione non uniforme di tensioni tra gli elementi del telaio ed il pannello. Al crescere delle forze le tensioni variano fino alla rottura del pannello, che avviene per il raggiungimento della resistenza a taglio o a compressione.

Il pannello di tamponatura viene rappresentato da un puntone diagonale equivalente resistente a compressione, di larghezza  $a$ , lunghezza  $D$  e spessore  $t$  pari allo spessore netto della muratura (Figura 5-1).



*Figura 5-1 Geometria del puntone diagonale equivalente*

La larghezza  $a$  dipende dalla rigidezza flessionale relativa telaio-pannello, che Stafford Smith & Carter (1969) valutano come segue:

$$\lambda_1 H = H \cdot \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin(2\theta)}{4E_c I_{col} h}}$$

dove:

$E_c$  e  $E_m$  sono i moduli elastici del calcestruzzo e della muratura;

$I_{col}$  è il momento d'inerzia del pilastro.

A partire dalla relazione precedente, Mainstone (1971) fornisce l'espressione della larghezza del puntone equivalente:

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4}$$

Non essendo presenti aperture e/o danneggiamenti su tali elementi non si ha una riduzione della larghezza.

Il pannello di tamponamento va comunque verificato per i propri meccanismi di rottura nel piano, ne vengono individuati principalmente 3:

#### *I. Rottura per scorrimento orizzontale:*

Tale rottura avviene quando la muratura risulta debole, con resistenza a taglio bassa, quindi a causa delle tensioni tangenziali agenti nella zona centrale della tamponatura e quindi tra due corsi di mattoni, come visibile in Figura 5-2.

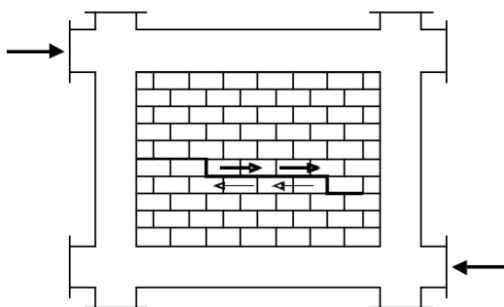


Figura 5-2: Rottura per scorrimento orizzontale

La crisi a taglio del pannello si origina lungo letti di malta della muratura, nel punto del pannello ove la tensione tangenziale orizzontale  $f_v$  raggiunge la resistenza a taglio  $\tau_u$ .

La formula di verifica, dalla normativa, risulta:

$$H_0 < \frac{f_{vk0} L t}{\gamma} \sqrt{1 + \frac{(0.8 \frac{h}{L} - 0.2) H_0}{1.5 f_{vk0} L t}}$$

Dove:

- $H_0$  è la forza sismica orizzontale agente sull'elemento di muratura ossia la componente orizzontale della forza agente nel puntone equivalente;
- $f_{vk0}$  è la resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di carichi verticali;
- $L, h, t$  sono lunghezza, altezza e spessore della parete in muratura;
- $\gamma$  è un fattore di riduzione delle tensioni, scelto pari a 3 in via cautelativa.

## II. Rottura per schiacciamento locale:

Tale rottura, dovuta alla concentrazione delle forze orizzontali di interazione trasmesse dal telaio, prevede una crisi per schiacciamento o compressione negli spigoli del pannello di muratura relativi al puntone considerato.

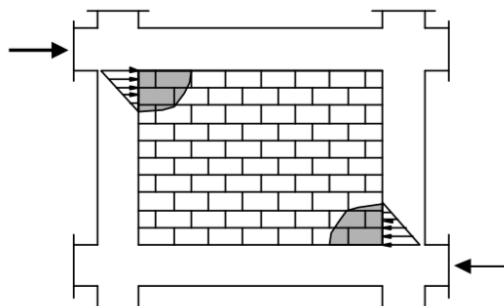


Figura 5-3 Rottura per schiacciamento locale

La formula di verifica, dalla normativa, risulta:

$$H_0 < 0.8 \frac{f_k}{\gamma} \cos^2 \alpha \sqrt[4]{\frac{E_c}{6 E_m} J_p h t^3}$$

Dove:

- $f_k$  è la resistenza caratteristica a compressione della muratura in assenza di carichi verticali;
- $\alpha$  è l'angolo della diagonale del pannello rispetto all'orizzontale e vale  $\alpha = \arctan(h/L)$ ;



- $E_c$  è il modulo di elasticità del calcestruzzo e vale:

$$E_{cm} = 22000((f_{ck} + 8)/10)^{0.3}$$

- $E_m$  è il modulo di elasticità della muratura;
- $J_p$  è il momento di inerzia della sezione trasversale del pilastro, calcolato rispetto al suo asse ortogonale al piano della tamponatura.

### III. Rottura diagonale:

Tale rottura è dovuta alle tensioni di trazione inclinate agenti anche esse nella zona centrale della tamponatura lungo la sua diagonale, come si illustra in figura. Ciò avviene se il telaio è molto resistente e quindi è in grado di trasmettere sollecitazioni elevate al tamponamento e di conseguenza nella muratura si creeranno fessure secondo la diagonale compressa.

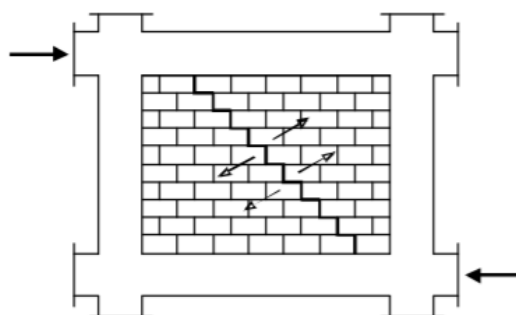


Figura 5-4 Rottura diagonale

La formula per la verifica risulta:

$$H_0 < \frac{f_{vk0}}{0.6\gamma} Lt$$

I valori resistenti della muratura sono stati determinati dalla tabella C8.5.I presente nella circolare applicativa del 2019.

Una volta determinati i valori resistenti saranno confrontati con gli sforzi presenti nella modellazione, se una delle resistenze viene superata si procede con la rimozione della biella.





BIELLE AL-CHAAR		Tamponamento vano scala
bc	base sezione pilastro [m]	0.25
hc	altezza sezione pilastro [m]	0.3
H	altezza dei pilastri fino all'asse della trave [m]	2.9
h	altezza del paramento murario [m]	2.7
l	lunghezza del paramento murario [m]	4.15
t	spessore [m]	0.15
Aopen	Area delle aperture [m2]	0
Atotale	Area del tamponamento [m2]	11.21
Incidenza	percentuale forata	0%
Applicabilità del modello		SI
Em	Modulo elastico muratura [MPa]	3500
D	Diagonale del paramento murario [m]	4.95
Ec	modulo elastico pilastri [MPa]	25473
Ic	Momento inerzia pilastri [m^4]	0.00048
teta	inclinazione della diagonale [rad]	0.58
lambda*H	parametro adimensionale	4.01
R	coefficiente riduttivo	1.00
a	larghezza della biella [m]	0.50
a_rid	larghezza della biella ridotta [m]	0.50
BIELLE STAFFORD - SMITH		
a	larghezza della biella [m]	0.50
Differenza %		0.40%
a/2 da inserire nella modellazione [m]		0.25

Il modello di calcolo, una volta implementate le bielle equivalenti, è quello illustrato in Figura 5-5.

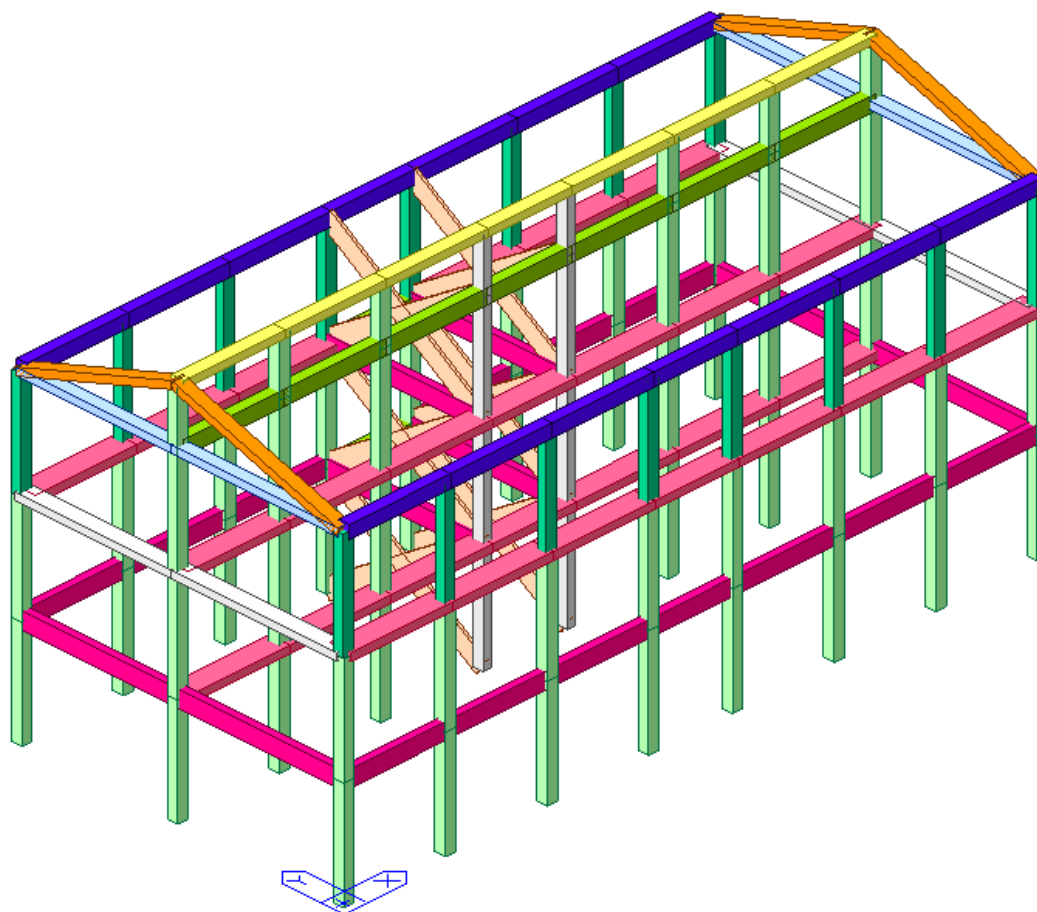


Figura 5-5: Modello globale 3D con bielle equivalenti



### 5.1.2 Modellazione dei carichi

#### 5.1.2.1 Carichi permanenti strutturali G1

Il peso proprio degli elementi strutturali viene calcolato in automatico dal programma tramite la funzione "self weight". Esso si riferisce agli elementi direttamente modellati come le travi e i pilastri. Come indicato al 3.1.2 delle Norme Tecniche, il carico viene calcolato considerando un peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a 25 KN/mc.

#### 5.1.2.2 Carichi permanenti non strutturali

I carichi permanenti non strutturali consistono, innanzitutto, nel peso proprio dei solai. Tali carichi sono inseriti come "floor load" e gravano quindi sulle travi su cui poggiano secondo la direzione e l'orditura dei solai stessi (Figura 5-6).

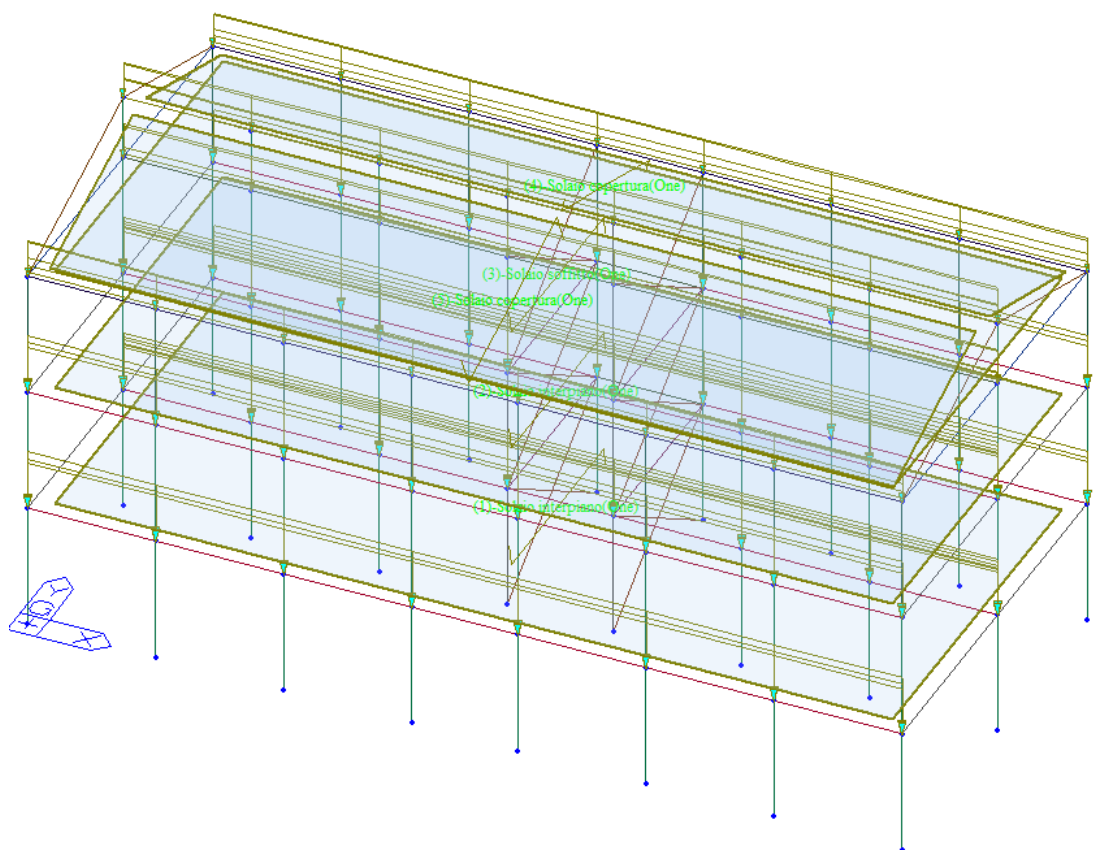


Figura 5-6 Carichi permanenti solai

Il peso della tamponatura è invece calcolato manualmente sulla base della geometria dei pannelli e delle caratteristiche dei materiali che li compongono, ed è applicato sulle travi su cui poggia come carico lineare uniformemente distribuito (Figura 5-7). Inoltre sono stati applicati i carichi derivanti dai balconi sulle travi di riva a cui afferiscono.

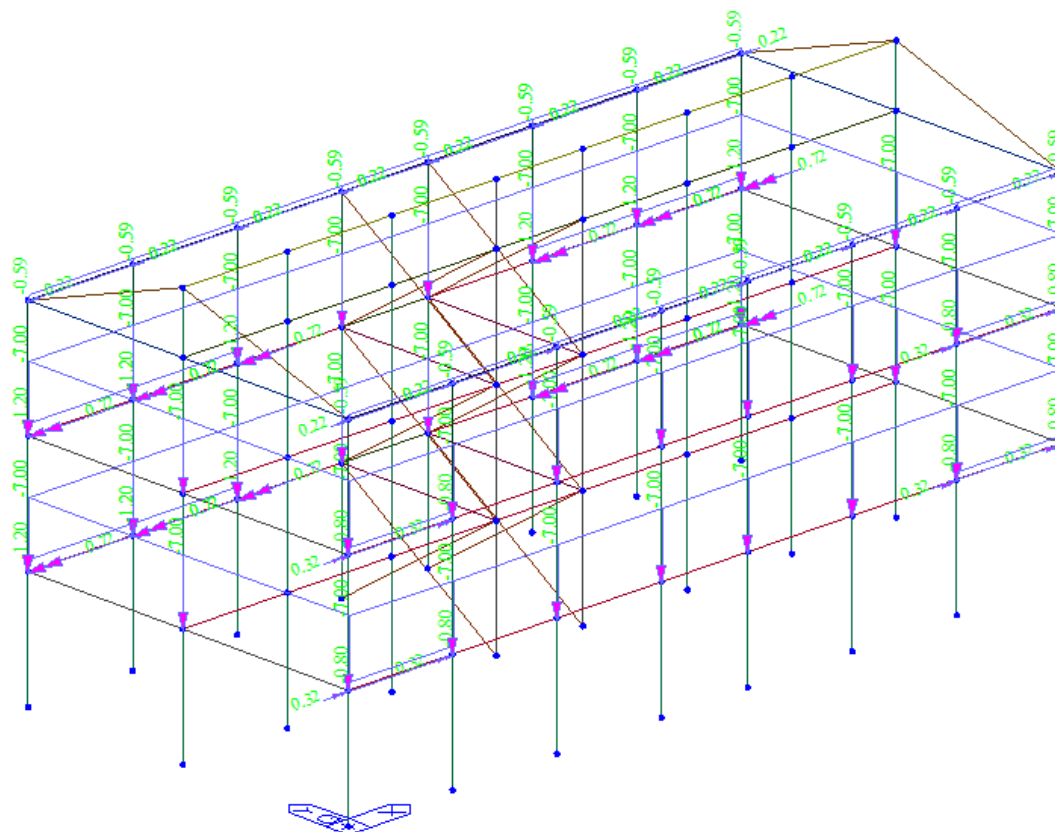


Figura 5-7 Carico tamponatura

### 5.1.2.3 Carichi accidentali

I sovraccarichi accidentali considerati (carico neve e carico di riferimento per gli ambienti residenziali) sono stati, anche in questo caso, proiettati come carico uniformemente distribuito ed applicati sugli elementi su cui gravano attraverso dei floor load.

## 5.2 Combinazioni di carico

Si riportano di seguito, in forma tabellare le combinazioni di carico adottate per le verifiche allo SLU e allo SLV.



Combinazione	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>res</sub>	Q <sub>man</sub>	Q <sub>nev</sub>	Q <sub>balc</sub>	SLV X (RS)	SLV Y (RS)	SLV X (ES)	SLV Y (ES)
cLCB1	1.3	1.3	1.5		1.5	1.5				
cLCB2	1.3	1.3	1.5	1.5	0.75	1.5				
cLCB5	1	1	0.3			0.3	1	0.3	1	0.3
cLCB6	1	1	0.3			0.3	1	0.3	-1	-0.3
cLCB7	1	1	0.3			0.3	1	-0.3	1	-0.3
cLCB8	1	1	0.3			0.3	1	-0.3	-1	0.3
cLCB9	1	1	0.3			0.3	0.3	1	0.3	1
cLCB10	1	1	0.3			0.3	0.3	1	-0.3	-1
cLCB11	1	1	0.3			0.3	-0.3	1	-0.3	1
cLCB12	1	1	0.3			0.3	-0.3	1	0.3	-1
cLCB13	1	1	0.3			0.3	1	0.3	1	-0.3
cLCB14	1	1	0.3			0.3	1	0.3	-1	0.3
cLCB15	1	1	0.3			0.3	1	-0.3	1	0.3
cLCB16	1	1	0.3			0.3	1	-0.3	-1	-0.3
cLCB17	1	1	0.3			0.3	0.3	1	-0.3	1
cLCB18	1	1	0.3			0.3	0.3	1	0.3	-1
cLCB19	1	1	0.3			0.3	-0.3	1	0.3	1
cLCB20	1	1	0.3			0.3	-0.3	1	-0.3	-1
cLCB21	1	1	0.3			0.3	-1	-0.3	-1	-0.3
cLCB22	1	1	0.3			0.3	-1	-0.3	1	0.3
cLCB23	1	1	0.3			0.3	-1	0.3	-1	0.3
cLCB24	1	1	0.3			0.3	-1	0.3	1	-0.3
cLCB25	1	1	0.3			0.3	-0.3	-1	-0.3	-1
cLCB26	1	1	0.3			0.3	-0.3	-1	0.3	1
cLCB27	1	1	0.3			0.3	0.3	-1	0.3	-1
cLCB28	1	1	0.3			0.3	0.3	-1	-0.3	1
cLCB29	1	1	0.3			0.3	-1	-0.3	-1	0.3
cLCB30	1	1	0.3			0.3	-1	-0.3	1	-0.3
cLCB31	1	1	0.3			0.3	-1	0.3	-1	-0.3
cLCB32	1	1	0.3			0.3	-1	0.3	1	0.3
cLCB33	1	1	0.3			0.3	-0.3	-1	0.3	-1
cLCB34	1	1	0.3			0.3	-0.3	-1	-0.3	1
cLCB35	1	1	0.3			0.3	0.3	-1	-0.3	-1
cLCB36	1	1	0.3			0.3	0.3	-1	0.3	1

### 5.3 Analisi modale

Preliminarmente viene svolta un'analisi lineare volta a determinare il comportamento dinamico della struttura. Tale analisi consente innanzitutto di validare il modello di calcolo o di rivelarne eventuali anomalie e, successivamente, di interpretare il comportamento dinamico globale dell'edificio.

La seguente tabella evidenzia i modi di vibrare principali della struttura ed i relativi periodi.



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 26 di 108

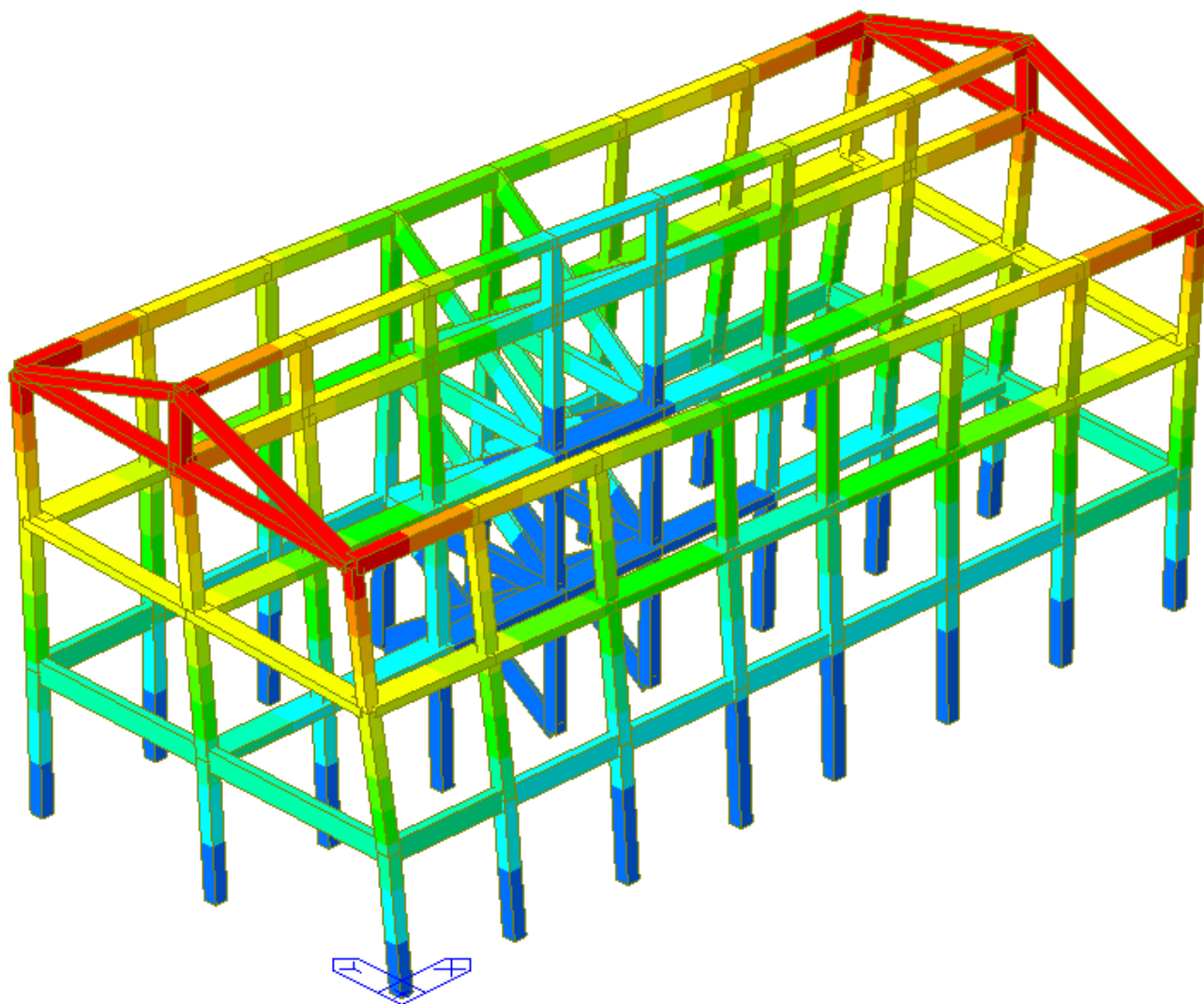
EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
1	10.7968	1.7184	0.5819	0.0000e+00								
2	11.0938	1.7656	0.5664	0.0000e+00								
3	12.8087	2.0386	0.4905	0.0000e+00								
4	18.6147	2.9626	0.3375	0.0000e+00								
5	24.6015	3.9155	0.2554	3.7281e-171								
6	25.3976	4.0422	0.2474	5.7933e-168								
7	25.8158	4.1087	0.2434	1.1078e-166								
8	29.0123	4.6174	0.2166	2.0143e-157								
9	29.2935	4.6622	0.2145	8.7842e-157								
10	33.8455	5.3867	0.1856	3.3365e-146								
11	34.8210	5.5419	0.1804	3.2419e-143								
12	36.9008	5.8729	0.1703	6.8679e-140								
13	39.0614	6.2168	0.1609	1.6721e-135								
14	40.2972	6.4135	0.1559	8.7583e-133								
15	41.0777	6.5377	0.1530	1.4668e-131								
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.2078	0.2078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	34.4521	34.4521
2	0.0000	0.2078	70.7823	70.7823	0.0000	0.0000	0.0008	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	34.4521
3	85.3627	85.5705	0.0000	70.7823	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0659	34.5180
4	0.0000	85.5705	5.8828	76.6651	0.0002	0.0002	0.0007	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	34.5180
5	0.0006	85.5711	0.0000	76.6651	0.0000	0.0002	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	25.1443	59.6623
6	0.0000	85.5711	6.9903	83.6554	0.0000	0.0002	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	59.6623
7	0.0330	85.6041	0.0000	83.6554	0.0000	0.0002	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	2.0235	61.6858
8	0.2075	85.8116	0.0000	83.6554	0.0000	0.0002	0.0000	0.0015	0.0000	0.0001	5.4548	67.1406
9	0.0000	85.8116	9.6335	93.2889	0.0000	0.0002	0.0014	0.0028	0.0000	0.0001	0.0000	67.1406
10	4.8221	90.6337	0.0000	93.2889	0.0000	0.0002	0.0000	0.0028	0.0003	0.0003	0.1792	67.3198
11	0.0000	90.6337	0.5267	93.8155	0.0002	0.0004	0.0002	0.0031	0.0000	0.0003	0.0000	67.3198
12	0.0328	90.6665	0.0000	93.8155	0.0000	0.0004	0.0000	0.0031	0.0000	0.0003	31.5955	98.9154
13	5.9659	96.6324	0.0000	93.8155	0.0000	0.0004	0.0000	0.0031	0.0000	0.0004	0.4218	99.3371
14	1.3292	97.9617	0.0000	93.8155	0.0000	0.0004	0.0000	0.0031	0.0000	0.0004	0.2104	99.5475
15	0.0000	97.9617	0.0178	93.8333	0.0000	0.0005	0.0001	0.0032	0.0000	0.0004	0.0000	99.5475

Figura 5-8: Risultati analisi modale

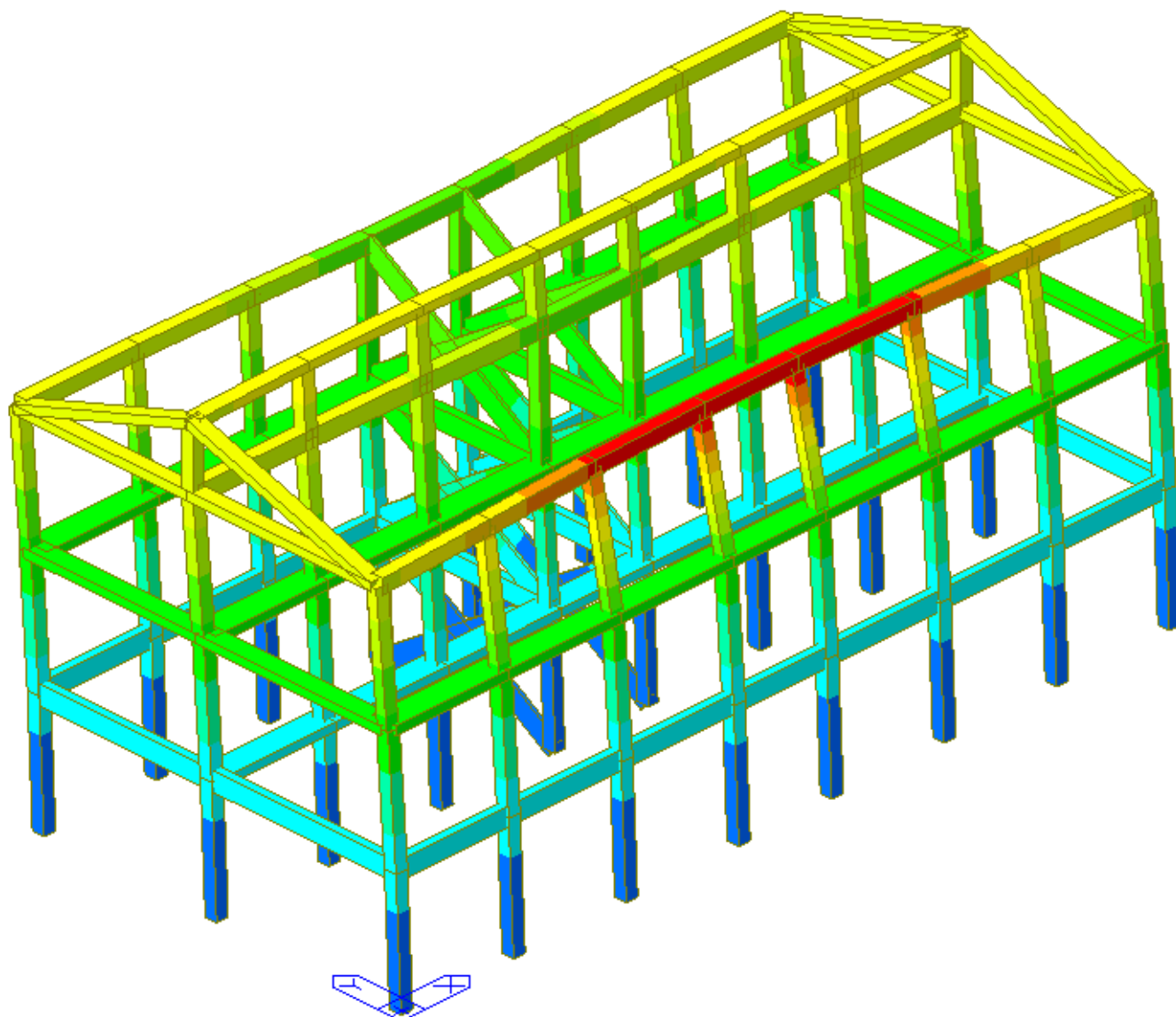
Si osserva come, in direzione x, la struttura presenta 1 modo principale (modo 3) puramente traslazionale di periodo pari a 0,4905 s. In direzione y, la struttura presenta 1 modo principale (modo 2) puramente traslazionale di periodo pari a 0,5664 s. Sono inoltre presenti modi puramente torsionali di cui il principale è il modo 1 con periodo pari a 0,5819 s.

Si riportano, di seguito, le deformate dei principali modi di vibrare.





*Figura 5-9: Modo 1 torsionale*



*Figura 5-10: Modo 2 traslazionale in direzione y*

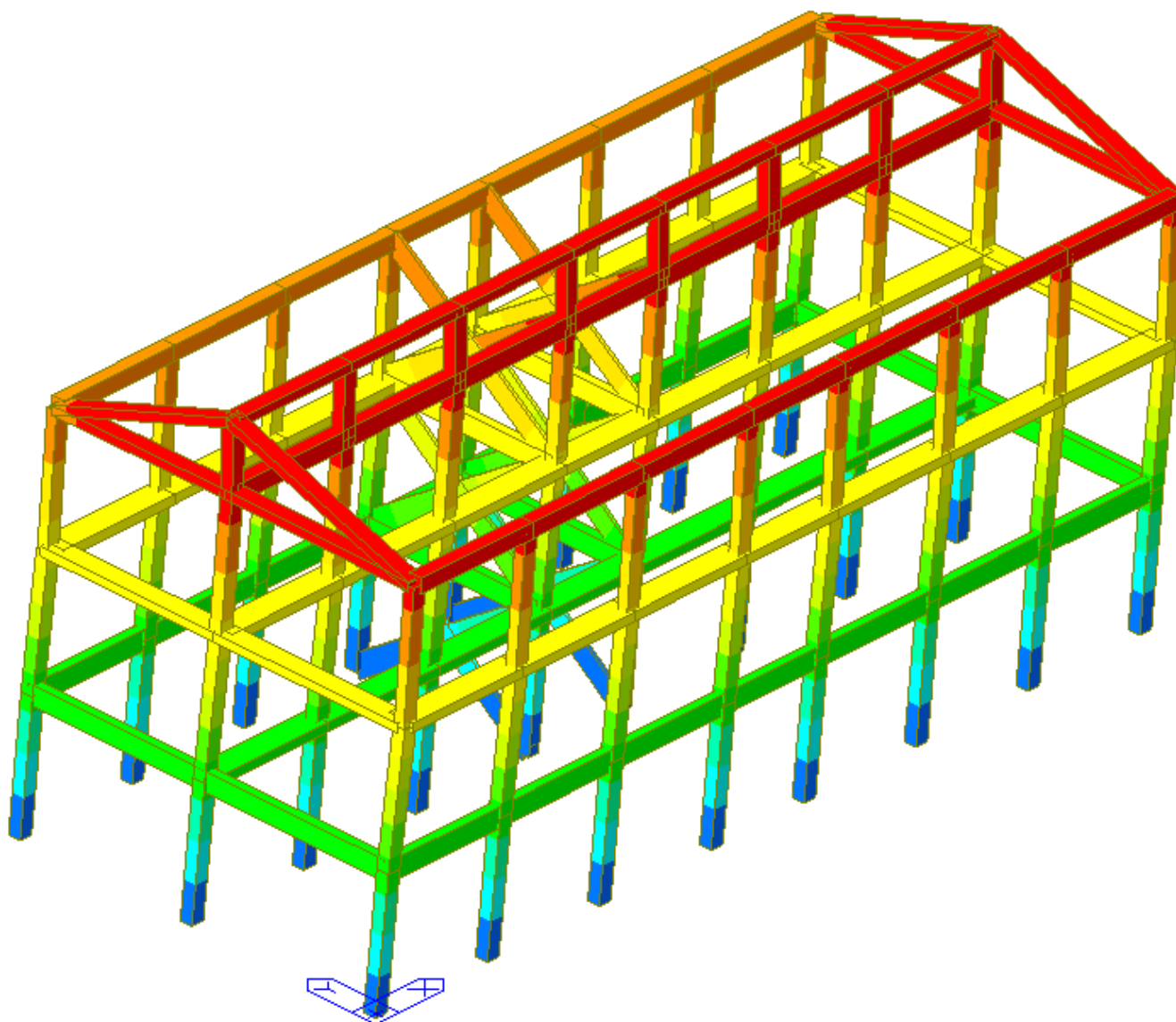


Figura 5-11: Modo 3 traslazionale in direzione x

#### 5.4 Validazione dei risultati

Al fine di valutare l'affidabilità del codice di calcolo si considerano i taglianti alla base (V) per le analisi modali SLVx e SLVy. Si ricava l'accelerazione (a) che bisogna moltiplicare alla massa totale M per avere tali taglianti alla base, ovvero l'accelerazione media che investe la massa della struttura nella sua totalità tenuto conto anche della sua amplificazione dinamica. Si considerano i due modi principali della struttura, uno in direzione x e uno in direzione y, da cui individuare il tagliante sismico alla base.

SUMMATION OF REACTION FORCES PRINTOUT						
Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)			
SLV X(R)	1890.691999	0.000000	0.000000			
SLV Y(R)	0.000000	1567.751133	0.295250			

Figura 12: Reazioni vincolari e relativo tagliante sismico in direzione X e Y



Ai modi traslazionali principali in X (periodo 0,4905 sec) ed in Y (periodo 0,5664 sec) corrispondono rispettivamente valori dell'accelerazione uguali al tratto di *plateau* dello spettro di risposta  $q=1,5$ .

$$S_d(X) = 0,451 g$$

$$S_d(Y) = 0,451 g$$

Al fine di validare il modello di calcolo si determina il tagliante alla base è determinato mediante la formula:

$$F_x = \frac{S_d(T_x) \cdot W \cdot \lambda}{g}$$

In cui:

- $S_d(T)$  è l'ordinata dello spettro corrispondente ai modi di vibrare principali in X e in Y come sopra riportato;
- $W$  è il peso complessivo della costruzione e della massa sismica combinata.

Load	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
G1	0.000	-210.016	-1471.454	0.000	-1179.970	-2861.440
G2	0.000	-872.484	-991.223	0.000	0.000	-1863.707
Qres	0.000	0.000	-728.640	0.000	0.000	-728.640
Qbalc	0.000	-148.480	0.000	0.000	0.000	-148.480
SUMMATION OF TOTAL LOAD PRINTOUT						
	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
	0.000	-1230.980	-3191.317	0.000	-1179.970	-5602.267

In combinazione sismica si hanno i seguenti carichi

**G<sub>1</sub>**

$$G_{1,E} = 2861.44 \text{ kN}$$

**G<sub>2</sub>**

$$G_{2,E} = 1863.71 \text{ kN}$$

**Q<sub>res</sub>**

$$Q_{res,E} = 0.3 \cdot Q_{res} = 0.3 \cdot 728.64 = 218.59 \text{ kN}$$

**Q<sub>balc</sub>**

$$Q_{balc,E} = 0.3 \cdot Q_{balc} = 0.3 \cdot 148.48 = 44.54 \text{ kN}$$

**TOT Comb. SLV** →  $2861.44 + 1863.71 + 218.59 + 44.54 = \mathbf{4988.28 \text{ kN}}$

Si ottiene che, da calcolo manuale, per i primi due modi di vibrare il tagliante risulta essere:

$$F_x = \frac{0,451 g \cdot 4988.28 \text{ kN}}{g} = 2249.71 \text{ kN}$$

$$F_y = \frac{0,451 g \cdot 4988.28 \text{ kN}}{g} = 2249.71 \text{ kN}$$

Da software *fem*, il tagliante riferito ai primi due modi, si calcola partendo dal tagliante totale per la percentuale di massa attivata nel modo di riferimento. Essendo la percentuale di massa attivata nei modi considerati pari a circa l'85% e al 70% si ha:

$$F_x = 0.85 \cdot 2249.71 = 1912.25 \text{ kN}$$

$$F_y = 0.70 \cdot 2249.71 = 1574.80 \text{ kN}$$

I valori di tagliante ottenuti dal modello agli elementi finiti per i modi considerati sono pari a:



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 31 di 108

$$F_{X,fem} = 1890.69 \text{ kN}$$

$$F_{Y,fem} = 1567.75 \text{ kN}$$

Le differenze tra calcoli analitici e modellazione numerica sono dell'ordine dell'1,5 % pertanto il modello numerico si ritiene validato.



## 5.5 Sintesi risultati analisi strutturale

Le verifiche sono condotte secondo il criterio semiprobabilistico degli stati limite, utilizzando un fattore di comportamento pari a 1,5 (struttura poco dissipativa), pertanto non si richiede alla struttura una grande duttilità e capacità dissipativa, se non a livello dei materiali. Nei paragrafi a seguire si riportano le caratteristiche di sollecitazione allo SLV.

### 5.5.1 Caratteristiche di sollecitazione allo SLU

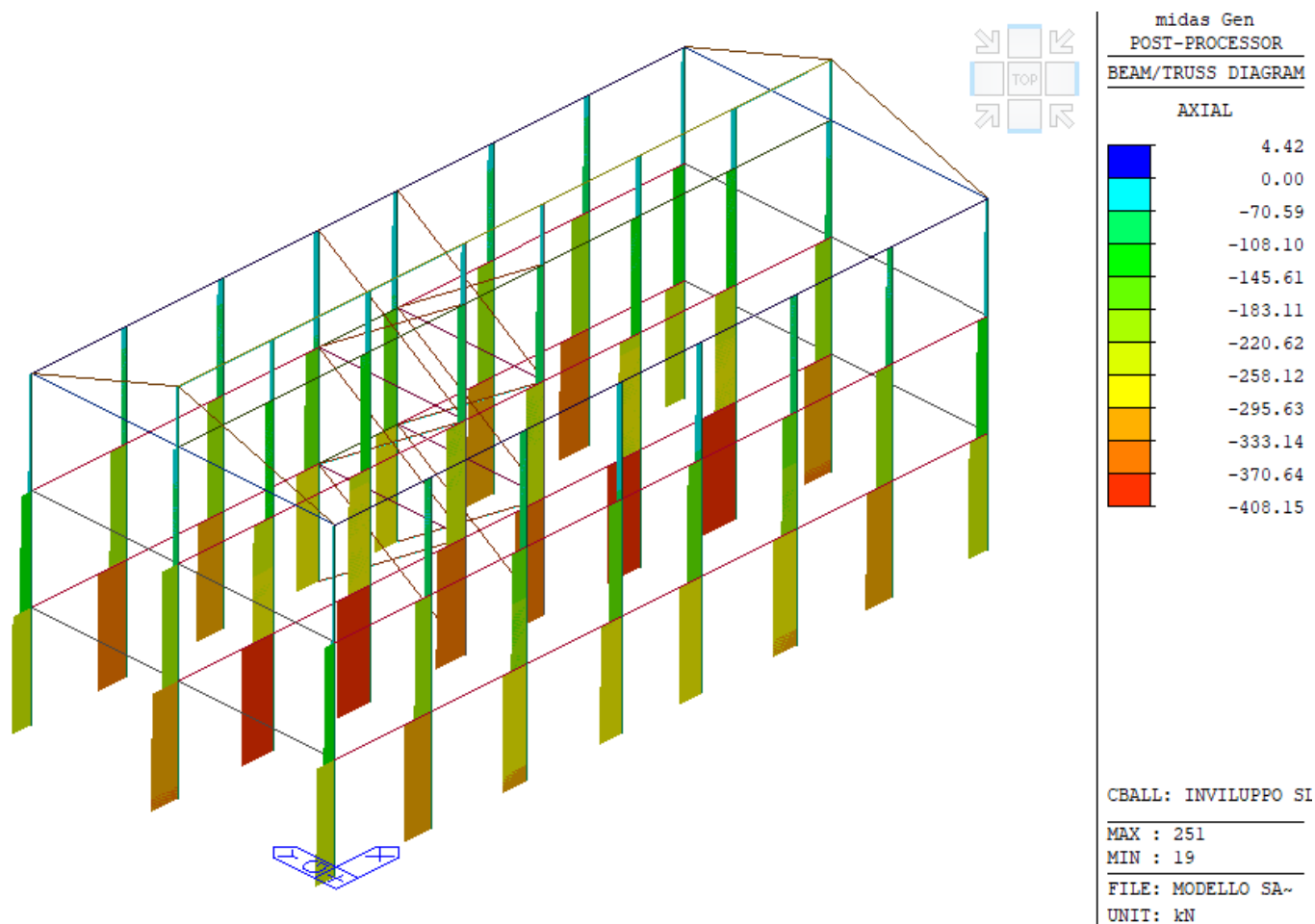


Figura 5-13: Diagramma di involucro dello Sforzo Normale N allo SLU

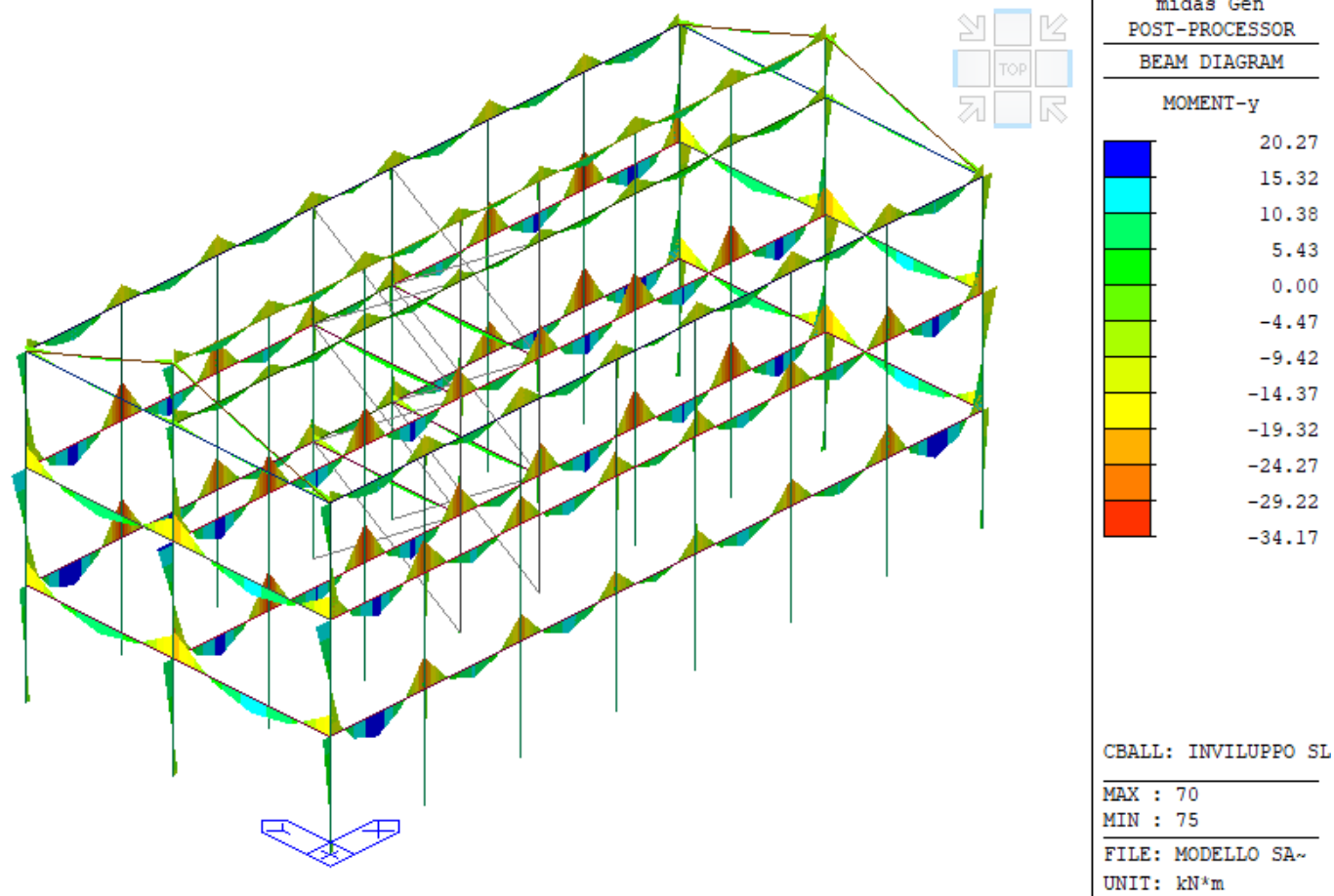


Figura 5-14: Diagrammi di involucro del Momento Flettente allo SLU



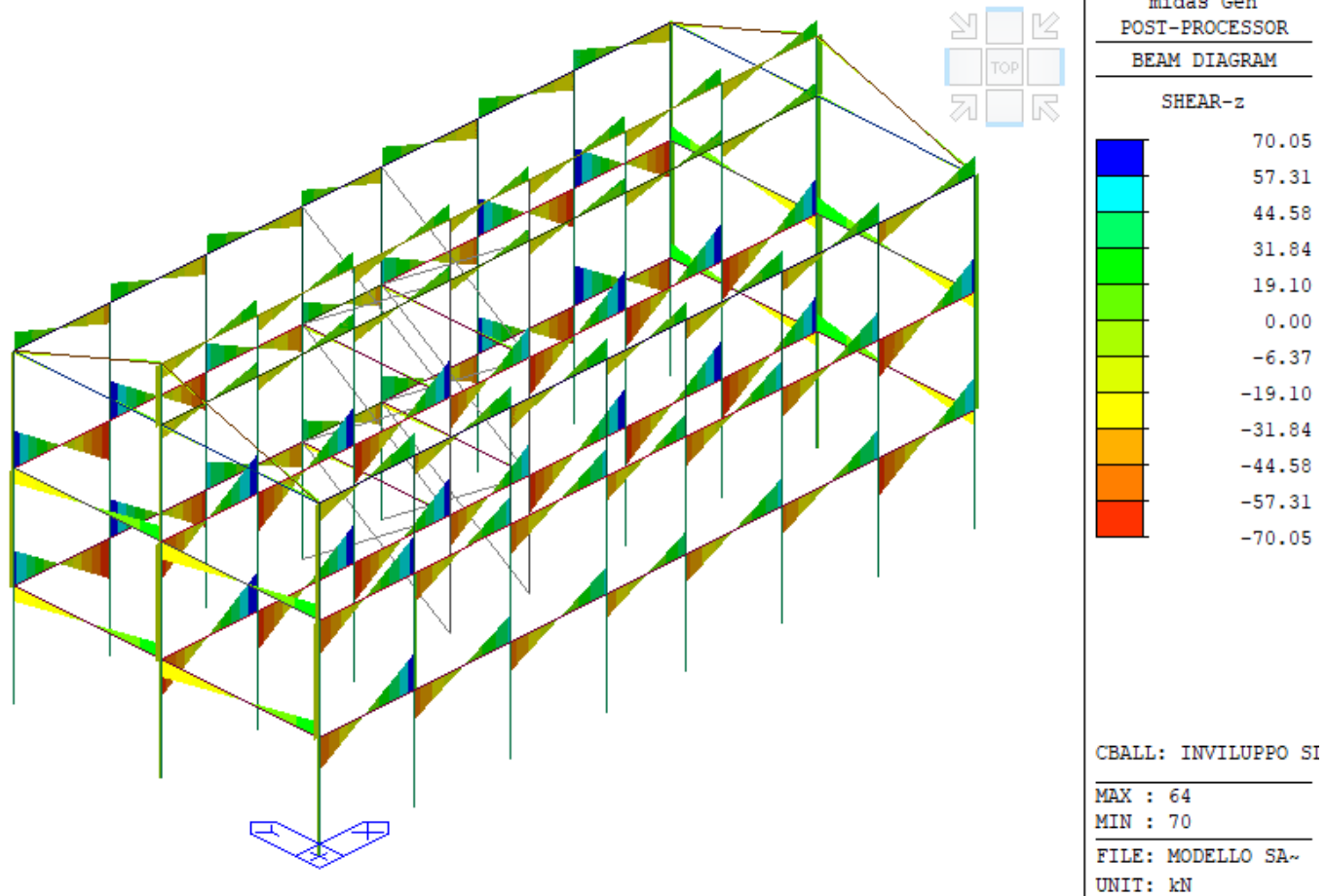


Figura 5-15: Diagrammi di involucro del Taglio allo SLU



### 5.5.2 Caratteristiche di sollecitazione allo SLV

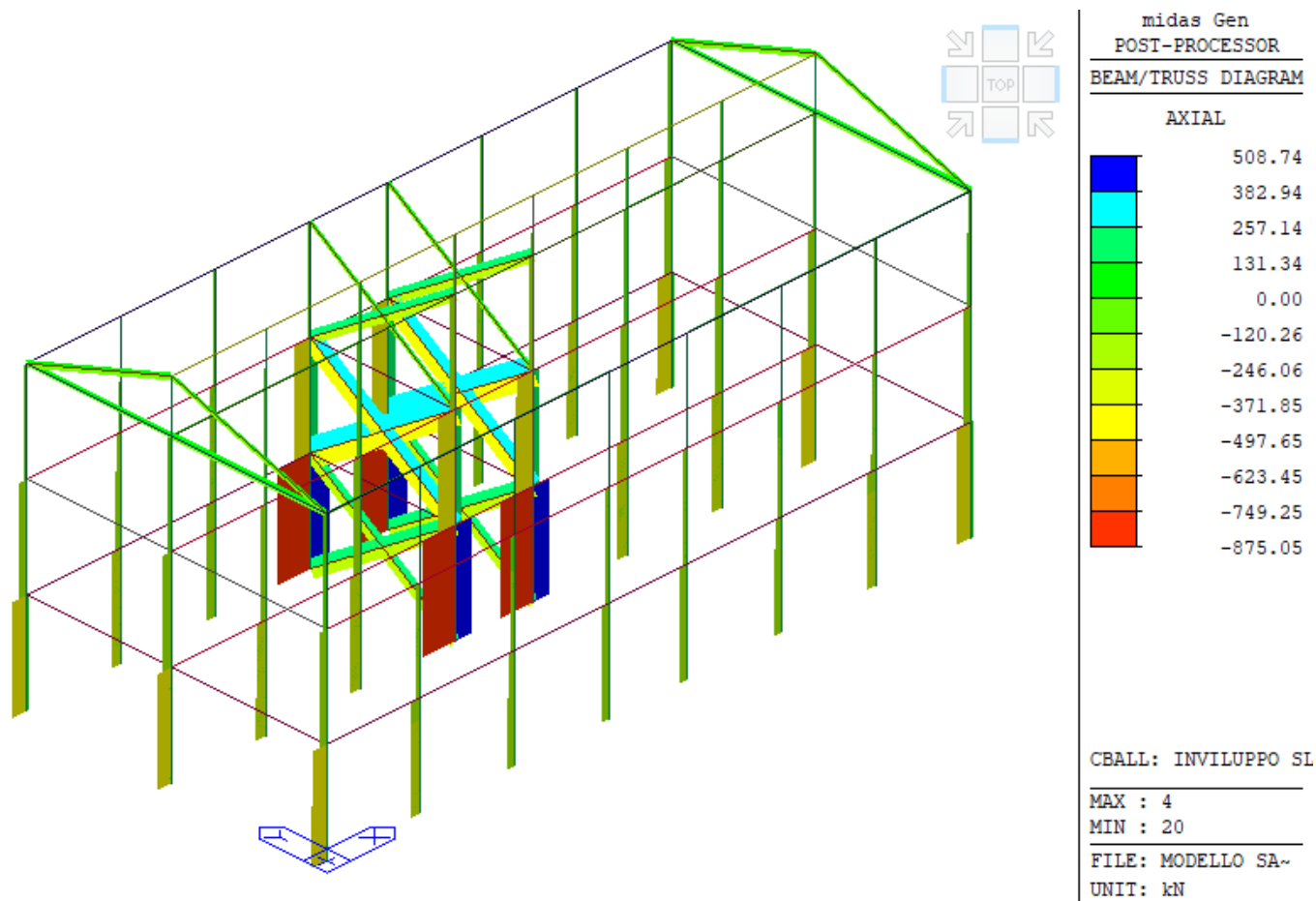
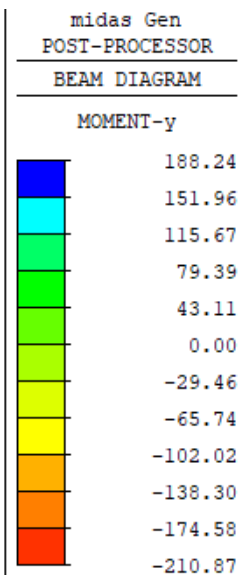
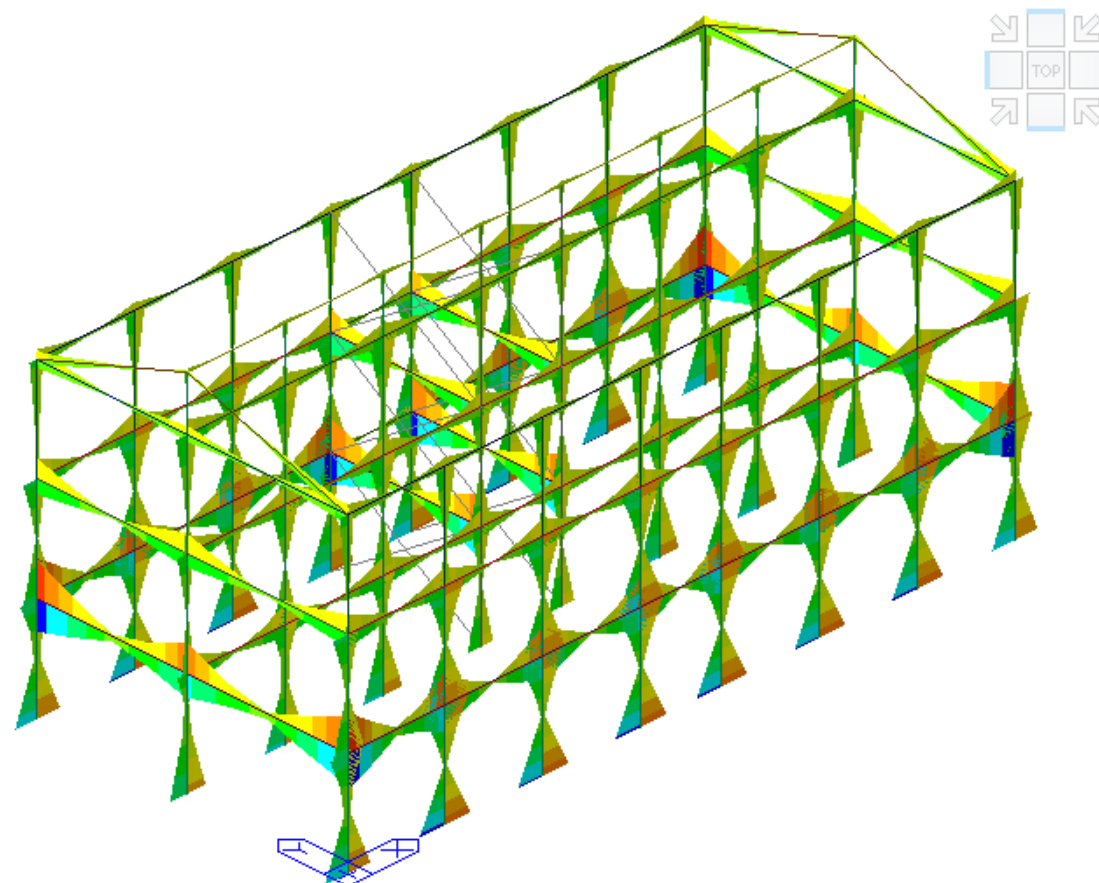


Figura 5-16: Diagramma di involucro dello Sforzo Normale N allo SLV



CBALL: INVILUPPO SI

MAX : 63  
MIN : 63

FILE: MODELLO SA~  
UNIT: kN\*m

Figura 5-17: Diagrammi di involucro del Momento Flettente y allo SLV

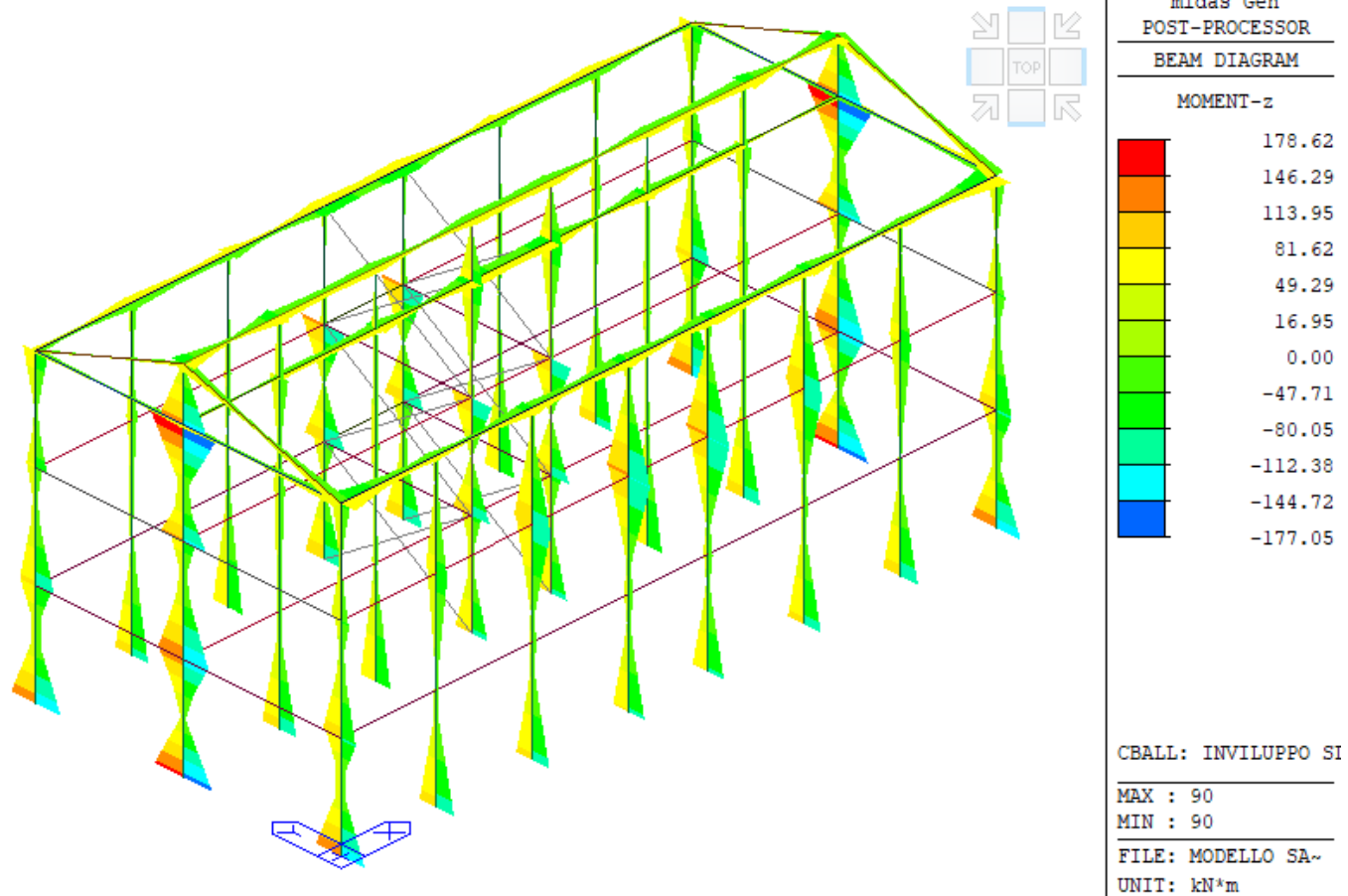
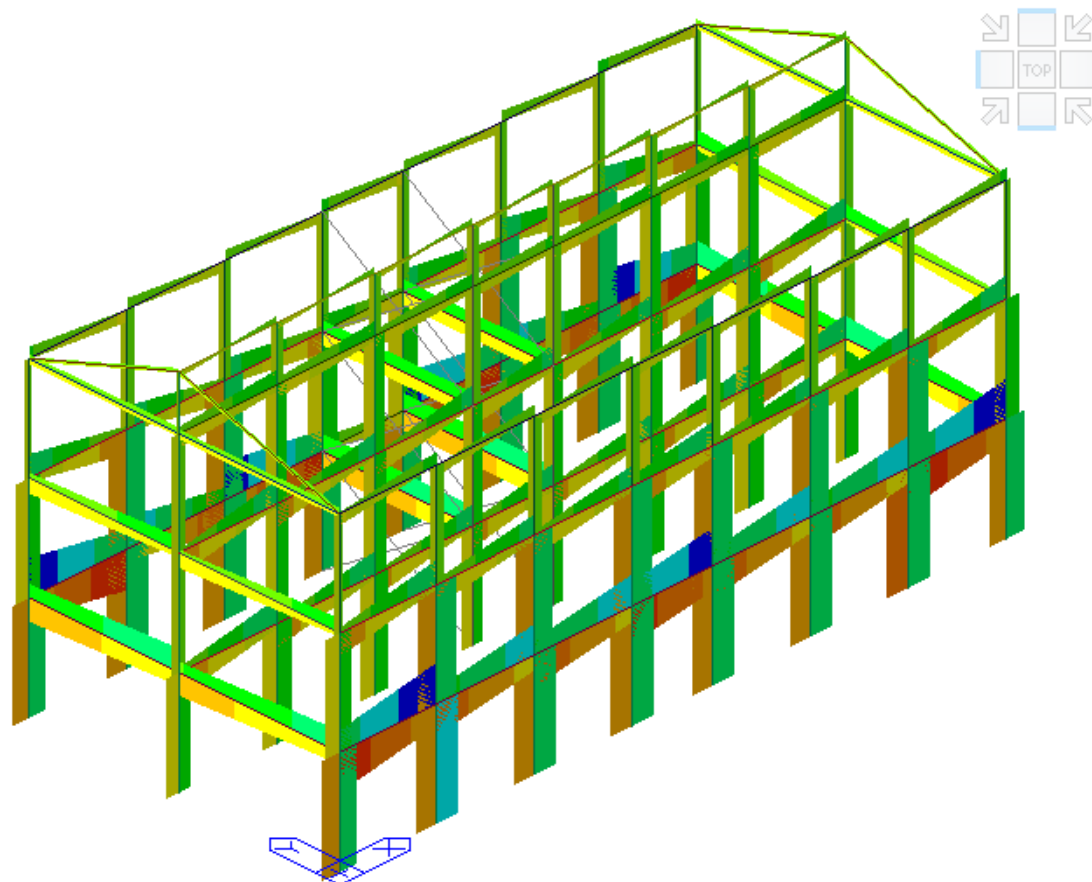
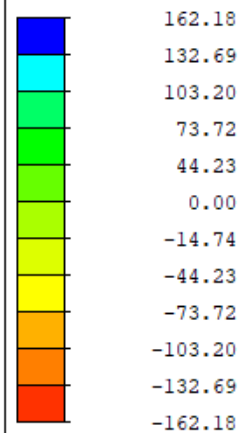


Figura 5-18: Diagrammi di involucro del Momento Flettente z allo SLV



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z



CBALL: INVILUPPO SL

MAX : 57

MIN : 63

FILE: MODELLO SA~

UNIT: kN

Figura 5-19: Diagramma di involucro del Taglio z allo SLV

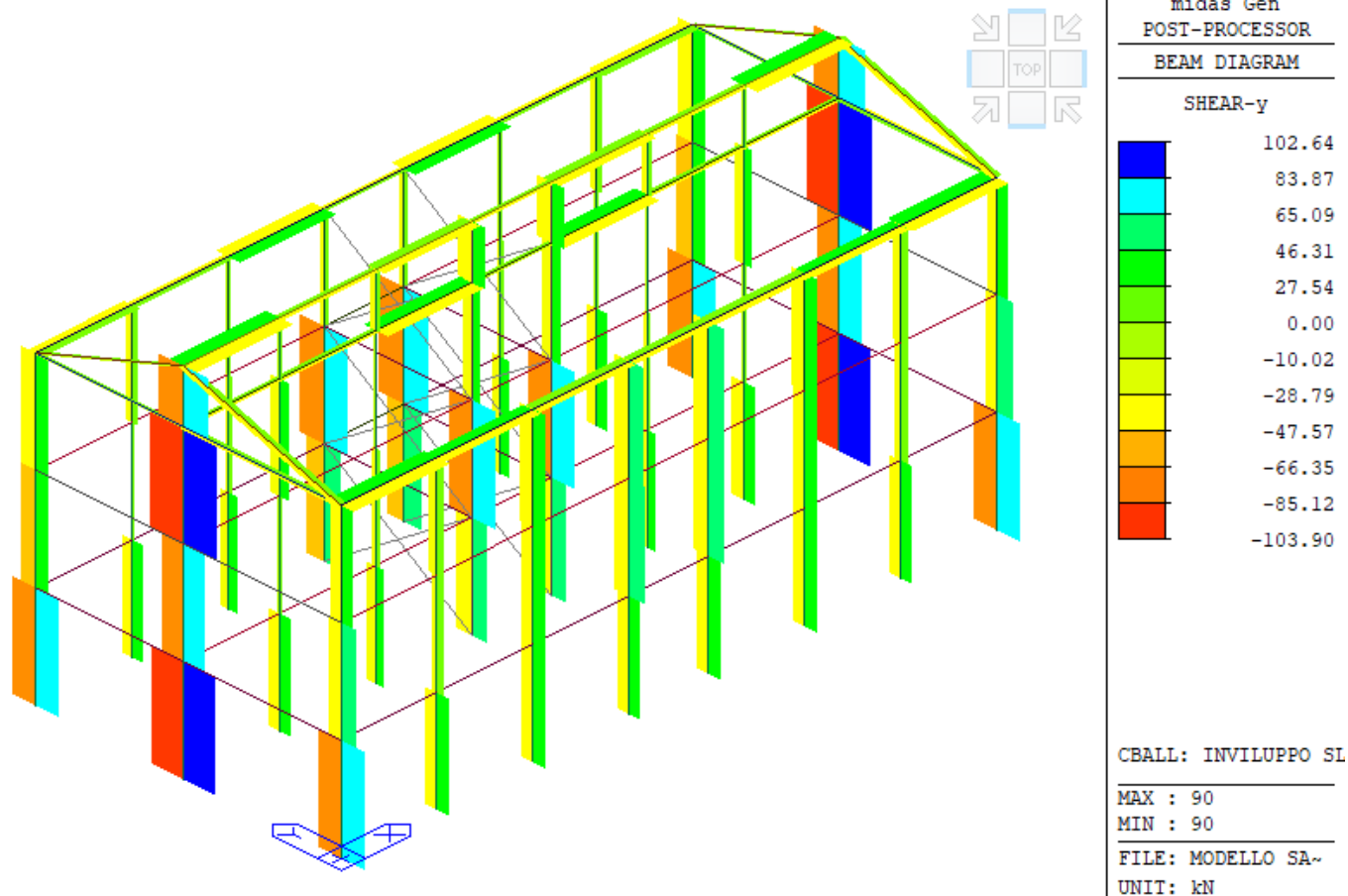


Figura 5-20: Diagramma di involucro del Taglio y allo SLV



### 5.5.3 Deformata strutturale allo SLV

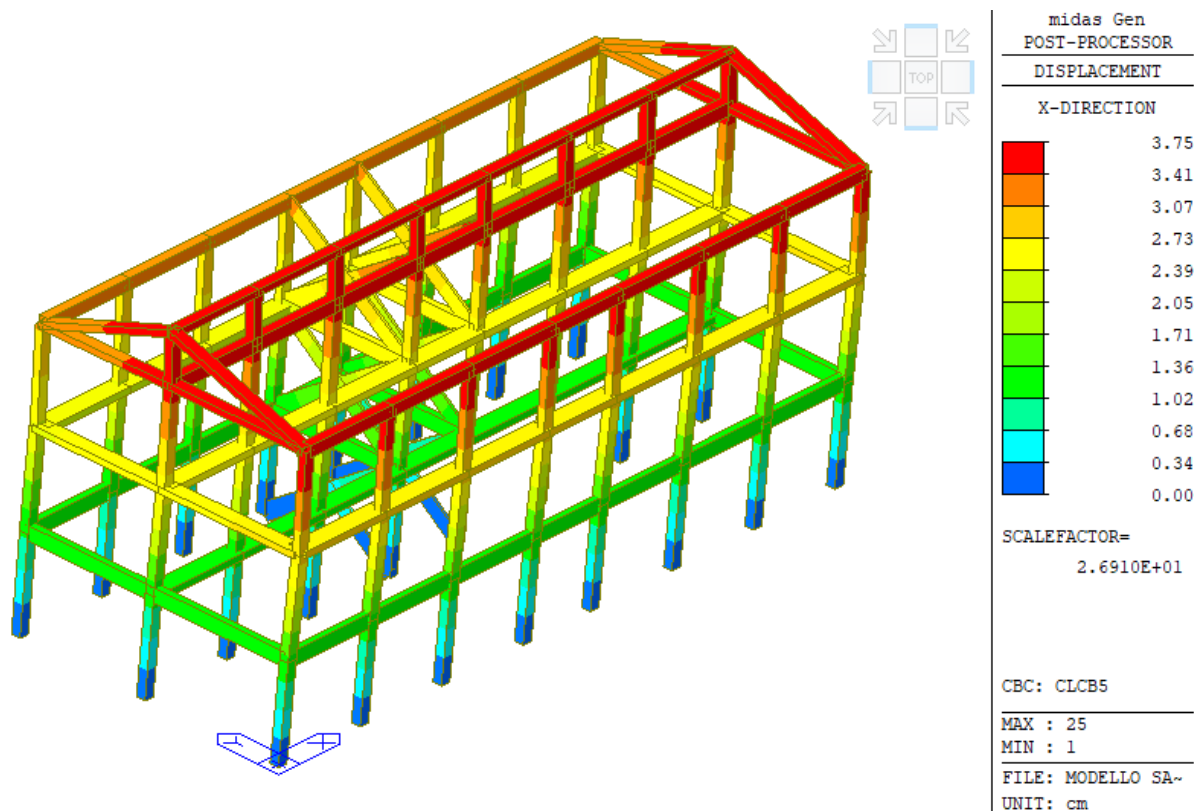


Figura 5-21: Deformata per sisma dominante in direzione X

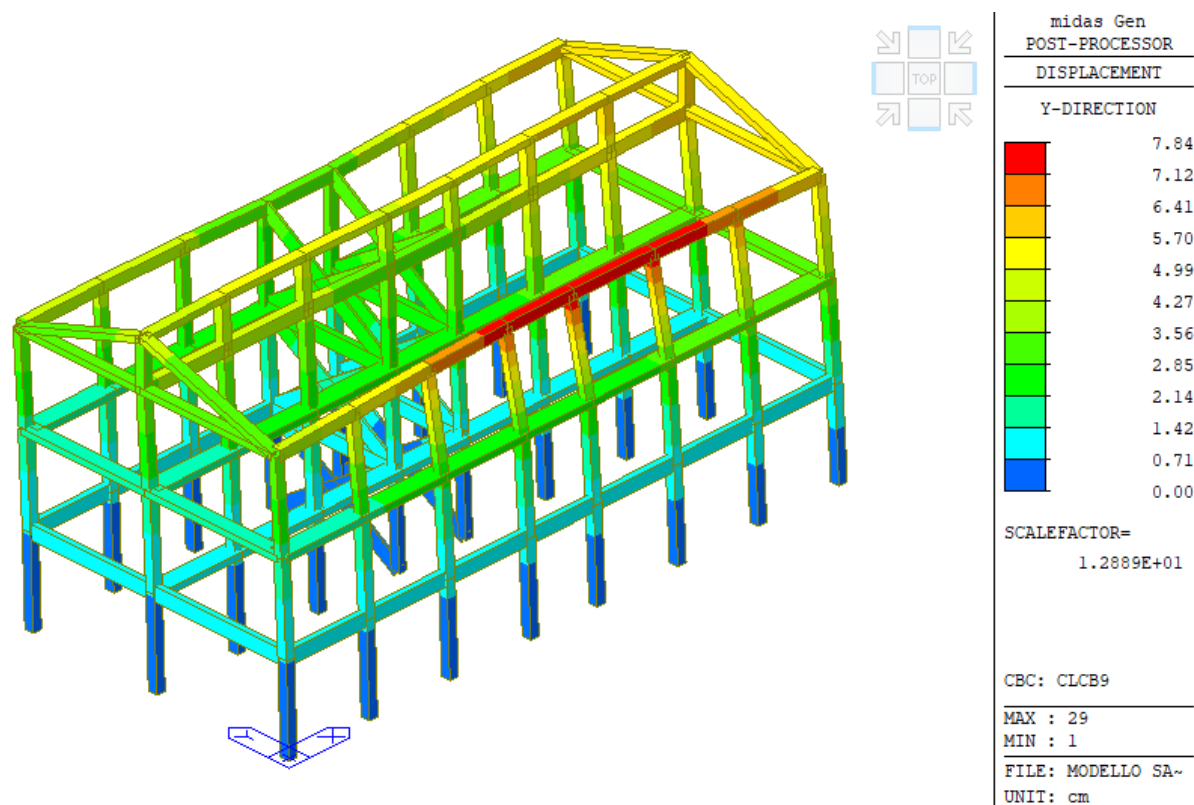


Figura 5-22: Deformata per sisma dominante in direzione Y





## **5.6 Verifiche elementi strutturali allo SLU**

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi strutturali allo Stato Limite Ultimo.

Per i pilastri si eseguono verifiche a pressoflessione e taglio. Le verifiche a pressoflessione si conducono verificando che il momento sollecitante ricada all'interno del dominio di resistenza M-N della sezione trasversale di riferimento, per quel determinato sforzo normale associato. Le verifiche a taglio dei pilastri vengono condotte con riferimento al Capitolo 4 delle NTC2018. Il criterio adottato è quello di schematizzare l'elemento resistente come un traliccio. Pertanto la capacità a taglio degli elementi è determinata dal valore minimo tra la resistenza a taglio-compressione dei puntoni compressi di calcestruzzo e la resistenza a taglio-trazione dei tiranti in acciaio.

Per le travi si eseguono verifiche a flessione e taglio. Le verifiche a flessione si conducono verificando che il momento sollecitante sia minore del momento resistente della sezione trasversale di riferimento. Le verifiche a taglio delle travi vengono condotte con riferimento al Capitolo 4 delle NTC2018. Il criterio adottato è quello di schematizzare l'elemento resistente come un traliccio. Pertanto la capacità a taglio degli elementi è determinata dal valore minimo tra la resistenza a taglio-compressione dei puntoni compressi di calcestruzzo e la resistenza a taglio-trazione dei tiranti in acciaio. In corrispondenza degli appoggi le armature longitudinali sono sagomate a 45° pertanto allo SLU si tiene conto del contributo di tali elementi.



### 5.6.1 Verifica pilastri 30x30 cm

#### Verifica a pressoflessione

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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	30
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,54	2,5	2,5
2	1,54	2,5	27,5
3	1,54	27,5	2,5
4	1,54	27,5	27,5

**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

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**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**   
 $\delta$

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

**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

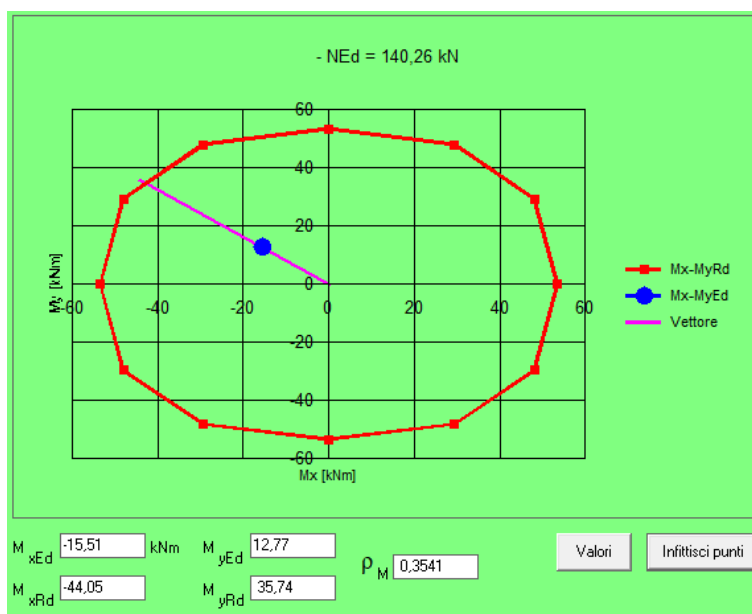


Figura 5-23: Verifica a pressoflessione pilastro 30x30 SLU

#### Verifica a taglio

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	300	25	275



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 43 di 108

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	2	56.55	200	391.30	21.8	90	68.46
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	275	1.00	0.5	11.77	21.8	90	150.71

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
150.71	68.46	<b>68.46</b>	<b>12.38</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



## 5.6.2 Verifica pilastri 25x30 cm

### Verifica a pressoflessione

**TITOLO :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	25	0
3	25	30
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,54	2,5	2,5
2	1,54	2,5	27,5
3	1,54	22,5	2,5
4	1,54	22,5	27,5

**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

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
**ε<sub>su</sub>**  ‰ **ε<sub>c2</sub>**  ‰  
**f<sub>yd</sub>**  N/mm² **ε<sub>cu</sub>**  ‰  
**E<sub>s</sub>**  N/mm² **f<sub>cd</sub>**  ‰  
**E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>**  **f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>**  ?  
**ε<sub>syd</sub>**  ‰ **σ<sub>c,adm</sub>**  ‰  
**σ<sub>s,adm</sub>**  N/mm² **τ<sub>co</sub>**  ‰  
**τ<sub>c1</sub>**  ‰

**M<sub>xRd</sub>**  kN m  
**M<sub>yRd</sub>**  kN m  
**σ<sub>c</sub>**  N/mm²  
**σ<sub>s</sub>**  N/mm²  
**ε<sub>c</sub>**  ‰  
**ε<sub>s</sub>**  ‰  
**d**  cm  
**x**  x/d   
**δ**

**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 θ°**

☐ Precompresso

**- NEd = 44,88 kN**

**M<sub>x</sub> [kNm]** **M<sub>y</sub> [kNm]**

**M<sub>xEd</sub>**  kNm **M<sub>yEd</sub>**  kNm  
**M<sub>xRd</sub>**  kNm **M<sub>yRd</sub>**  kNm  
**ρ<sub>M</sub>**

**Valori** **Infiltrisci punti**

Figura 5-24: Verifica a pressoflessione pilastro 25x30 SLU

### Verifica a taglio

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
250	300	25	275



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 45 di 108

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	2	56.55	200	391.3	21.8	90	68.46
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	250	275	1.00	0.5	11.77	21.8	90	125.59

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
125.59	68.46	<b>68.46</b>	<b>7.62</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.3 Verifica travi 20x45 cm

#### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	20	45

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,14	42,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 20,29 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 57,53 kN m  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 36,79 ‰  
d 42,5 cm  
x 3,692 x/d 0,08686  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 5-25: Verifica a flessione positiva trave 20x45 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	20	45

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	42,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -33,90 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> -57,53 kN m  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 36,79 ‰  
d 42,5 cm  
x 3,692 x/d 0,08686  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 5-26: Verifica a flessione negativa trave 20x45 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 47 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
200	450	25	425

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	21.8	90	125.40
Armatura inclinata	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\sin \alpha$		$V_{Rsd}$ [kN]
	10	1	78.54	45	391.30	0.707		21.73
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	200	425	1.00	0.5	11.77	21.8	90	155.28

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
155.28	147.13	<b>147.13</b>	<b>69.95</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			





#### 5.6.4 Verifica travi 60x20 cm

##### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,43	17,5
2	2,36	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 17,92 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 39,84 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 19,17 ‰  
d 17,5 cm  
x 2,702 x/d 0,1544  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-27: Verifica a flessione positiva trave 60x20 SLU

##### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	17,5
2	5,43	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -34,15 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> -39,84 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 19,17 ‰  
d 17,5 cm  
x 2,702 x/d 0,1544  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-28: Verifica a flessione negativa trave 60x20 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 49 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
600	200	25	175

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	200	391.30	21.8	90	77.45
Armatura inclinata	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\sin \alpha$		$V_{Rsd}$ [kN]
	14	1	153.94	45	391.30	0.707		42.59
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	600	175	1.00	0.5	11.77	21.8	90	191.81

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
191.81	120.05	<b>120.05</b>	<b>69.04</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.5 Verifica travi 30x20 cm

#### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  **Zoom**      N° strati barre  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	17,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**      **Metodo n**

S.L.U.      **Metodo n**

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

**P.to applicazione N**

☒ Centro      ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm]      xN   
yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C**      **C25/30**

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

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x       x/d   
 $\delta$

**Tipo Sezione**

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

**Metodo di calcolo**

☐ S.L.U.+      ☒ S.L.U.-  
☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta      ☐ Deviata

N° rett.

**Calcola MRd**      **Dominio M-N**

L<sub>0</sub>  cm      **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-29: Verifica a flessione positiva trave 30x20 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  **Zoom**      N° strati barre  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	17,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**      **Metodo n**

S.L.U.      **Metodo n**

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

**P.to applicazione N**

☒ Centro      ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm]      xN   
yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C**      **C25/30**

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

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x       x/d   
 $\delta$

**Tipo Sezione**

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

**Metodo di calcolo**

☐ S.L.U.+      ☒ S.L.U.-  
☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta      ☐ Deviata

N° rett.

**Calcola MRd**      **Dominio M-N**

L<sub>0</sub>  cm      **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-30: Verifica a flessione negativa trave 30x20 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 51 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	200	25	175

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	250	391.30	21.8	90	61.96
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	175	1.00	0.5	11.77	21.8	90	95.91

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
95.91	61.96	<b>61.96</b>	<b>33.67</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.6 Verifica travi del pianerottolo 120x15 cm

#### Verifica a flessione in mezzera

Titolo :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	15

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,62	2
2	6,22	13

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-31: Verifica a flessione positiva trave 120x15 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

Titolo :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	15

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,62	2
2	6,22	13

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-32: Verifica a flessione negativa trave 120x15 SLU



### **Verifica a taglio**

Si esegue la verifica a taglio della trave in esame considerando la formulazione riferita ad elementi privi di armatura trasversale.

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1200	150	20	130

k	$\rho_1$	$f_{cd}$ [MPa]	$k_1$	$b_w$ [mm]	d [mm]	$v_{min}$	$V_{Rd}$ [kN]
2.00	0.00296	11.77	0.15	1200	130	0.340	56.77

<b>VERIFICA</b>	
$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
<b>56.77</b>	<b>30.42</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>	



## 5.6.7 Verifica travi 45x20 cm

### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	45	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,51	17,5
2	2,36	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub> 59,05 kN m

$\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  9,427 ‰  
d 17,5 cm  
x 4,738 x/d 0,2708  
 $\delta$  0,7784

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-33: Verifica a flessione positiva trave 45x20 SLU

### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	45	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	17,5
2	8,51	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub> -59,05 kN m

$\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  9,427 ‰  
d 17,5 cm  
x 4,738 x/d 0,2708  
 $\delta$  0,7784

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-34: Verifica a flessione negativa trave 45x20 SLU





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 55 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
450	200	25	175

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	250	391.30	21.8	90	61.96
Armatura inclinata	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\sin \alpha$		$V_{Rsd}$ [kN]
	14	1	153.94	45	391.30	0.707		42.59
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	450	175	1.00	0.5	11.77	21.8	90	143.86

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
143.86	104.56	<b>104.56</b>	<b>29.6</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



## 5.6.8 Verifica travi 30x35 cm

### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	35

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,14	32,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

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

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-35: Verifica a flessione positiva trave 30x35 SLU

### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	35

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	32,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

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

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-36: Verifica a flessione negativa trave 30x35 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 57 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	350	25	325

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	21.8	90	95.89
Armatura inclinata	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\sin \alpha$		$V_{Rsd}$ [kN]
	10	1	78.54	45	391.30	0.707		21.73
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	325	1.00	0.5	11.77	21.8	90	178.11

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
178.11	117.63	<b>117.63</b>	<b>37.93</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.9 Verifica travi 30x40 cm

#### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,14	37,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 6,74 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 51,06 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 41,48 ‰  
d 37,5 cm  
x 2,918 x/d 0,07781  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-37: Verifica a flessione positiva trave 30x40 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	37,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -13,41 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> -51,06 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 41,48 ‰  
d 37,5 cm  
x 2,918 x/d 0,07781  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-38: Verifica a flessione negativa trave 30x40 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 59 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	400	25	375

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	21.8	90	110.65
Armatura inclinata	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\sin \alpha$		$V_{Rsd}$ [kN]
	10	1	78.54	45	391.30	0.707		21.73
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	375	1.00	0.5	11.77	21.8	90	205.52

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
205.52	132.38	<b>132.38</b>	<b>26.42</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.10 Verifica travi 35x16 cm

#### Verifica a flessione in mezzzeria

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	16

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,16	13,5
2	3,08	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 2,16 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 32,18 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 8,449 ‰  
d 13,5 cm  
x 3,954 x/d 0,2929  
δ 0,8061

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-39: Verifica a flessione positiva trave 35x16 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	16

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,16	13,5
2	3,08	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -4,37 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> -17,08 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 14,95 ‰  
d 13,5 cm  
x 2,561 x/d 0,1897  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-40: Verifica a flessione negativa trave 35x16 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 61 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
350	160	25	135

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	21.8	90	39.83
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	350	135	1.00	0.5	11.77	21.8	90	86.32

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
86.32	39.83	<b>39.83</b>	<b>5.45</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.11 Verifica travi 50x20 cm

#### Verifica a flessione in mezzzeria

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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
2	30	0
3	30	20
4	-20	20
5	-20	8
6	0	8

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
2	0,79	2,5	17,5
3	0,79	27,5	2,5
4	0,79	27,5	17,5
5	0,79	-17,5	17,5
6	0,79	-17,5	10,5

**Sollecitazioni** **S.L.U.** **Metodo n**

**N**  **Ed**  kN  
**M**  **Ed**  kNm  
**M**  **yEd**

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**M**  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-41: Verifica a flessione positiva trave 50x20 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
2	30	0
3	30	20
4	-20	20
5	-20	8
6	0	8

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
2	0,79	2,5	17,5
3	0,79	27,5	2,5
4	0,79	27,5	17,5
5	0,79	-17,5	17,5
6	0,79	-17,5	10,5

**Sollecitazioni** **S.L.U.** **Metodo n**

**N**  **Ed**  kN  
**M**  **Ed**  kNm  
**M**  **yEd**

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**M**  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-42: Verifica a flessione negativa trave 50x20 SLU





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 63 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	200	25	175

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	21.8	90	51.64
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	175	1.00	0.5	11.77	21.8	90	95.91

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
95.91	51.64	<b>51.64</b>	<b>5.51</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.6.12 Verifica travi di colmo 30x23 cm

#### Verifica a flessione in mezzzeria

Titolo :

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
2	30	0
3	40	16,8
4	0	30
5	-10	26,8
6	0	10

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	5	2
2	0,79	25	2
3	0,79	5	27
4	0,79	25	20,4

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>Rd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d  δ

Materiali

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ‰

ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  τ<sub>c1</sub>

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-43: Verifica a flessione positiva trave 30x23 SLU

#### Verifica a flessione in appoggio

Titolo :

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
2	30	0
3	40	16,8
4	0	30
5	-10	26,8
6	0	10

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	5	2
2	0,79	25	2
3	0,79	5	27
4	0,79	25	20,4

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>Rd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d  δ

Materiali

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ‰

ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  τ<sub>c1</sub>

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☒ S.L.U.- ☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-44: Verifica a flessione negativa trave 30x23 SLU



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 65 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	234	25	209

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	21.8	90	61.67
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	209	1.00	0.5	11.77	21.8	90	114.54

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
114.54	61.67	<b>61.67</b>	<b>29.22</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			

**Allo SLU tutti gli elementi strutturali risultano adeguati sia per meccanismi duttili a flessione che per meccanismi fragili a taglio**, pertanto, non sono necessari interventi di consolidamento per carichi statici.



### 5.6.13 Verifica solaio interpiano

Di seguito si riportano le sollecitazioni allo SLU del solaio interpiano, che conduce a minori livelli di sicurezza. In Particolare il solaio è del tipo a laterocemento 16+4, con travetti di larghezza 6 cm posti ad interasse di 40 cm, ordito lungo il lato corto dell'edificio con luci pari a 4,30 m e 4,00 m.

Sulla base dell'analisi dei carichi riportata al §4.5.1.3 il carico agente sulla singola porzione di solaio di larghezza 0,40 m è pari a:

$$q = 4.73 \cdot 1.3 \cdot 0.4 + 2.00 \cdot 1.5 \cdot 0.4 = 3.66 \text{ kN/m}$$

Considerando l'effetto favorevole che si avrebbe su una campata si calcola il carico sul solaio nella condizione favorevole:

$$q = 2.50 \cdot 1.00 \cdot 0.4 + 2.23 \cdot 0.8 \cdot 0.4 = 1.71 \text{ kN/m}$$

Si ottengono dunque le massime sollecitazioni per effetto del carico a scacchiera.

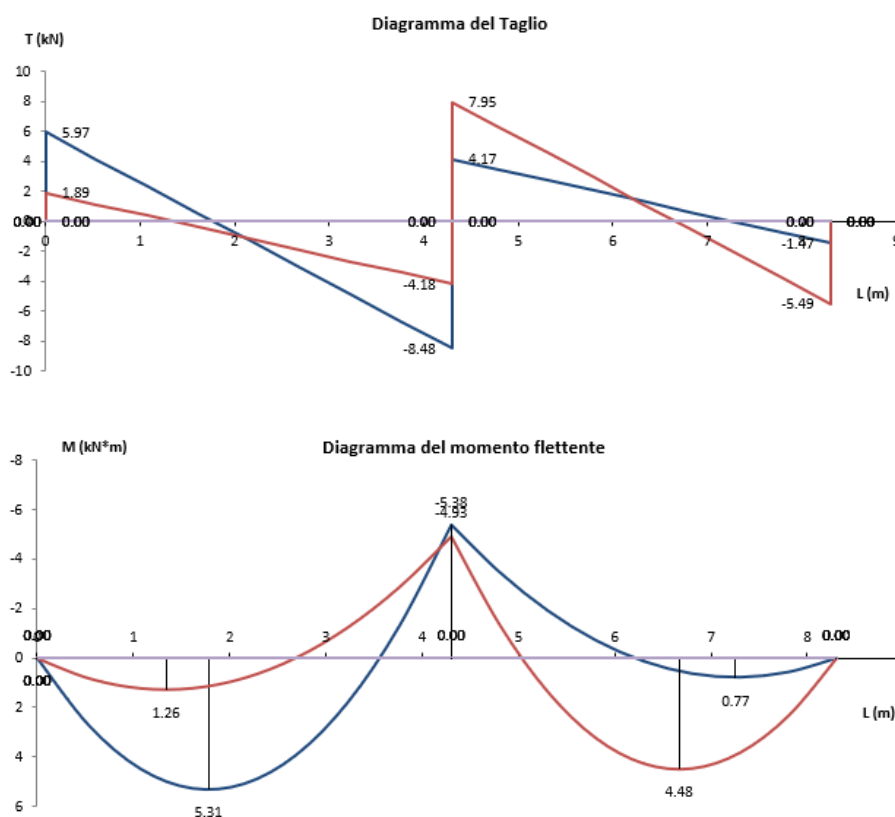


Figura 45: Sollecitazioni su solaio - SLU

Le massime sollecitazioni di flessione e taglio sono pari a  $M_{Ed} = 5.31 \text{ kNm}$  nella mezzeria e  $V_{Ed} = 7.27 \text{ kN}$  in corrispondenza della fine della fascia piena della trave.

Si riportano di seguito le verifiche a flessione e taglio.

#### Verifica a flessione



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	4
2	6	16

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,29	18,5

**Sollecitazioni** S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
E<sub>su</sub>  ‰ E<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² E<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
E<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
E<sub>c</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
M-curvatura  
☐ Precompresso

Figura 46: Verifica a flessione solaio – SLU

### Verifica a taglio

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
60	200	10	190

k	ρ <sub>1</sub>	f <sub>cd</sub> [MPa]	k <sub>1</sub>	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	v <sub>min</sub>	V <sub>Rd</sub> [kN]
2.00	0.01130	17.66	0.15	60	190	0.416	7.42

VERIFICA	
V <sub>Rd</sub> (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)
7.42	7.27

Si può osservare che allo SLU per soli carichi verticali, i solai risultano adeguati. In particolare è possibile definire il valore del fattore di sicurezza rappresentato dal parametro  $\zeta_{v,i}$ . Si riportano di seguito i parametri per i due meccanismi di flessione e taglio dell'elemento analizzato:

- $\zeta_{v,flessione} = 1.69$ ;
- $\zeta_{v,taglio} = 1.02$ .

Essendo tali parametri superiori all'unità la struttura risulta adeguata per carichi verticali.



## **5.7 Verifiche elementi strutturali allo SLV**

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi strutturali allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

Per i pilastri si eseguono verifiche a pressoflessione e taglio. Le verifiche a pressoflessione si conducono verificando che il momento sollecitante ricada all'interno del dominio di resistenza M-N della sezione trasversale di riferimento, per quel determinato sforzo normale associato. Le verifiche a taglio dei pilastri vengono condotte con riferimento al Capitolo 4 delle NTC2018. Il criterio adottato è quello di schematizzare l'elemento resistente come un traliccio. Pertanto, la capacità a taglio degli elementi è determinata dal valore minimo tra la resistenza a taglio-compresione dei puntoni compressi di calcestruzzo e la resistenza a taglio-trazione dei tiranti in acciaio considerando un'inclinazione del puntone pari a 45°.

Per le travi si eseguono verifiche a flessione e taglio. Le verifiche a flessione si conducono verificando che il momento sollecitante sia minore del momento resistente della sezione trasversale di riferimento. Le verifiche a taglio delle travi vengono condotte con riferimento al Capitolo 4 delle NTC2018. Il criterio adottato è quello di schematizzare l'elemento resistente come un traliccio. Pertanto, la capacità a taglio degli elementi è determinata dal valore minimo tra la resistenza a taglio-compresione dei puntoni compressi di calcestruzzo e la resistenza a taglio-trazione dei tiranti in acciaio considerando un'inclinazione del puntone pari a 45°. A differenza dello SLU le armature longitudinali sagomate non contribuiscono al meccanismo di resistenza a taglio per inversione del segno del taglio sotto azioni sismiche, pertanto, non si computa tale contributo.



### 5.7.1 Verifica pilastri 30x30 cm

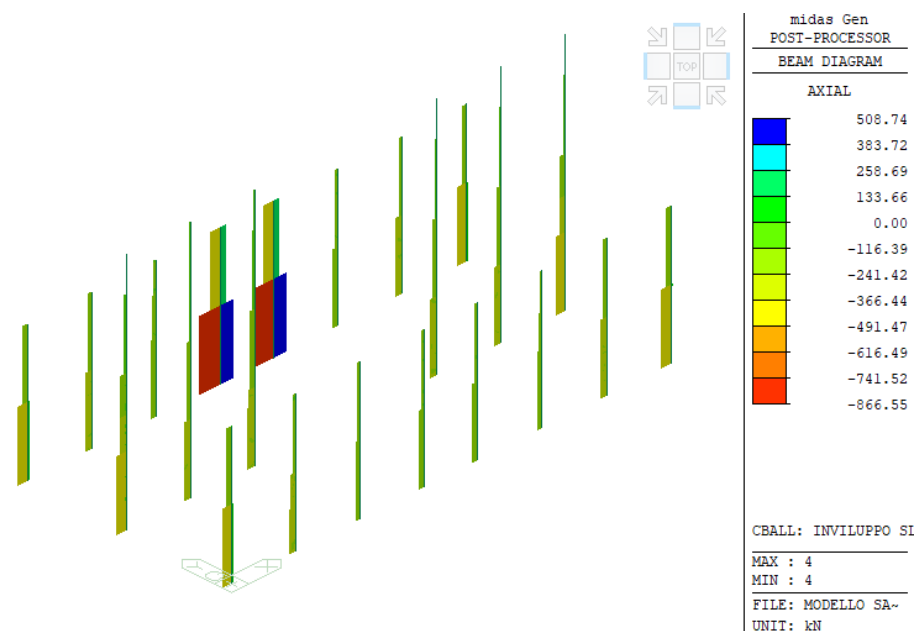


Figura 47: Sforzo normale pilastri 30x30

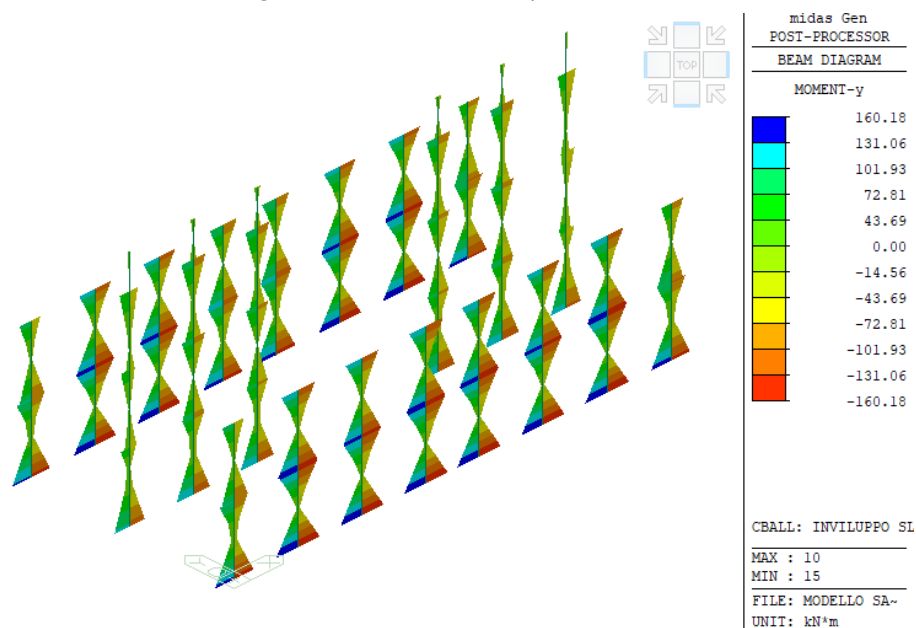


Figura 48: Momento My pilastri 30x30

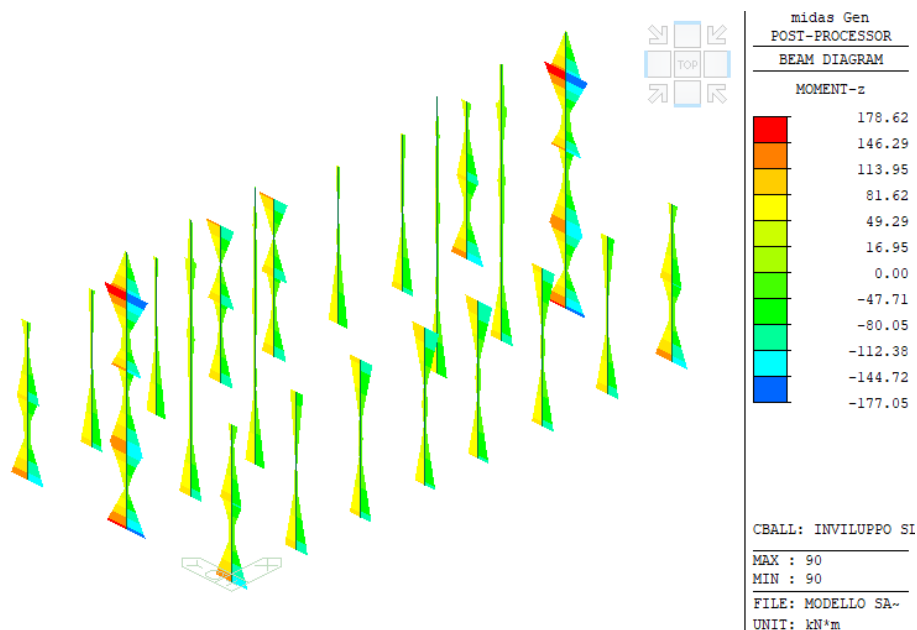


Figura 49: Momento Mz pilastri 30x30

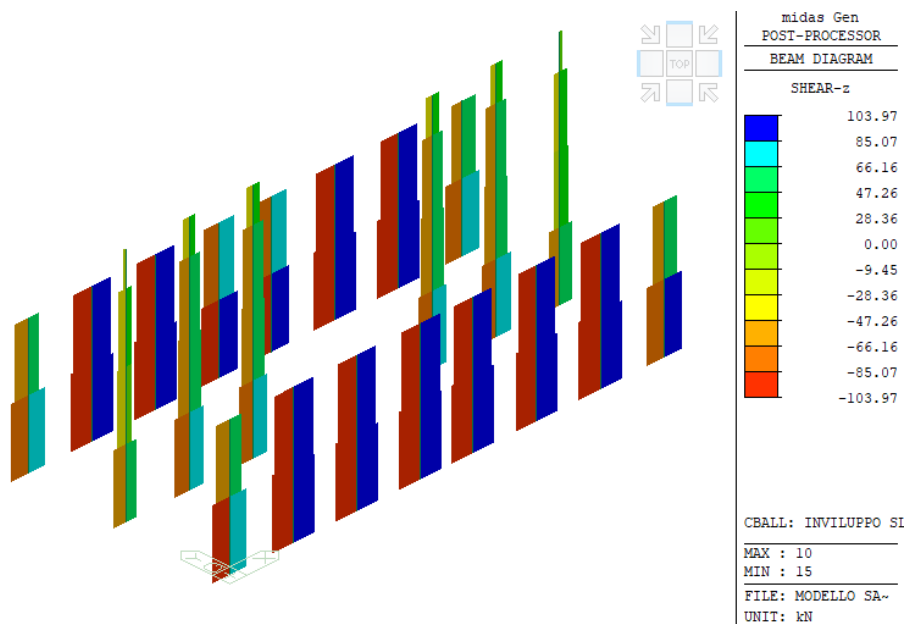


Figura 50: Taglio Fz pilastri 30x30



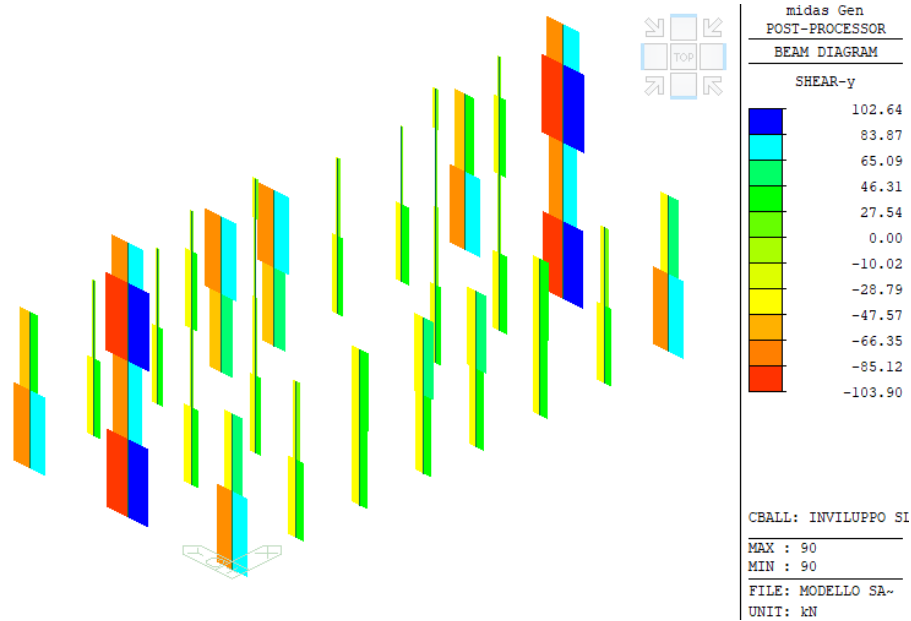


Figura 51: Taglio Fy pilastri 30x30

### Verifica a pressoflessione

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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	30
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,54	2,5	2,5
2	1,54	2,5	27,5
3	1,54	27,5	2,5
4	1,54	27,5	27,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☒ Metodo n ☐

**N<sub>Ed</sub>** 29,71  kN  
**M<sub>xEd</sub>** 24,69  kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 178,62

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

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

**Tipo flessione**  
☐ Retta ☒ Deviata

**N° rett.** 100

**Calcola MRd** **Dominio Mx-My**

**angolo asse neutro θ°** 272

☐ Precompresso

**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	450 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200 000 N/mm²	$f_{cd}$	17,66
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8
$\epsilon_{syd}$	2,25 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0,6
		$\tau_{c1}$	1,829

**M<sub>xRd</sub>** 4,598 kN m  
**M<sub>yRd</sub>** 39,94 kN m  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  23,63 ‰  
**d** 28,44 cm  
**x** 3,67 **x/d** 0,129  
 $\delta$  0,7

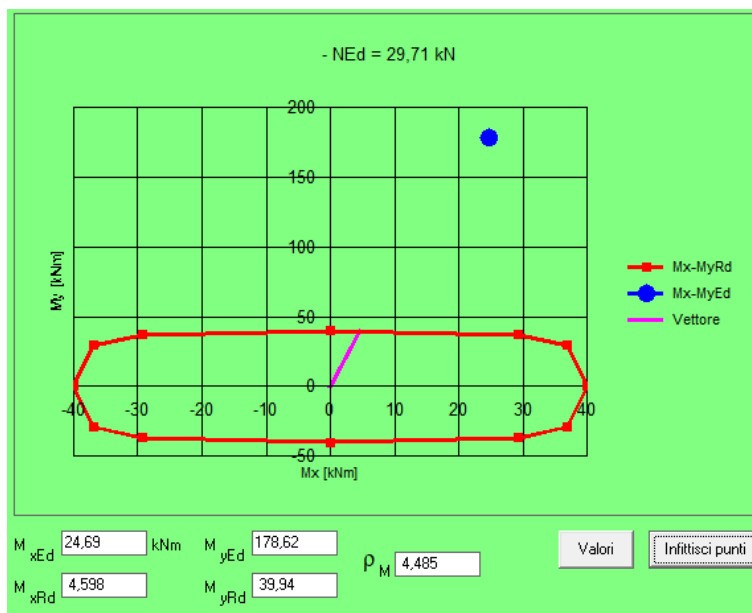


Figura 5-52: Verifica a pressoflessione pilastro 30x30 SLV

### Verifica a taglio

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	300	25	275

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	A <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]
	6	2	56.55	200	391.30	45	90	27.38
Calcestruzzo	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	f <sub>cd</sub> [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	V <sub>Rcd</sub> [kN]
	300	275	1.00	0.5	11.77	45	90	218.54

VERIFICA			
V <sub>Rcd</sub> (kN)	V <sub>Rsd</sub> (kN)	V <sub>Rd</sub> (kN)	V <sub>ed</sub> (kN)
218.54	27.38	<b>27.38</b>	<b>103.97</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.2 Verifica pilastri 25x30 cm

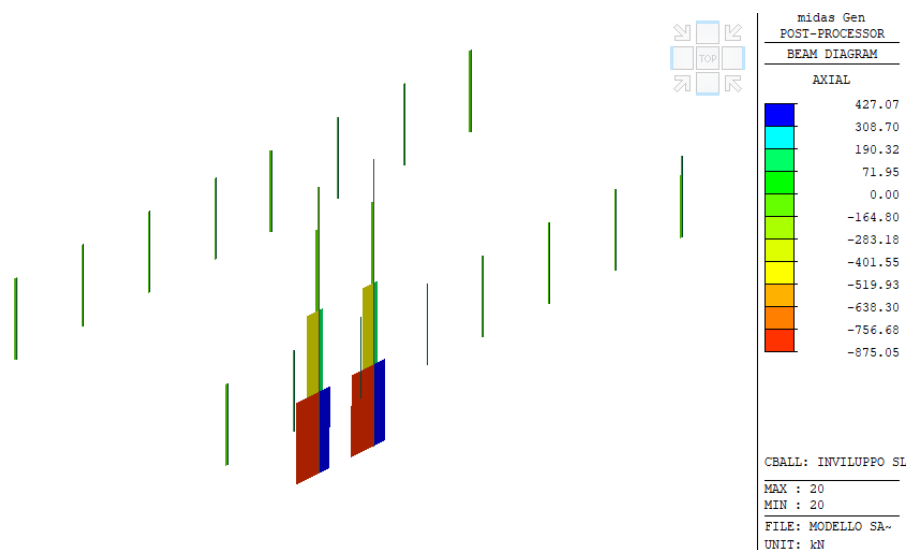


Figura 53: Sforzo normale pilastri 25x30

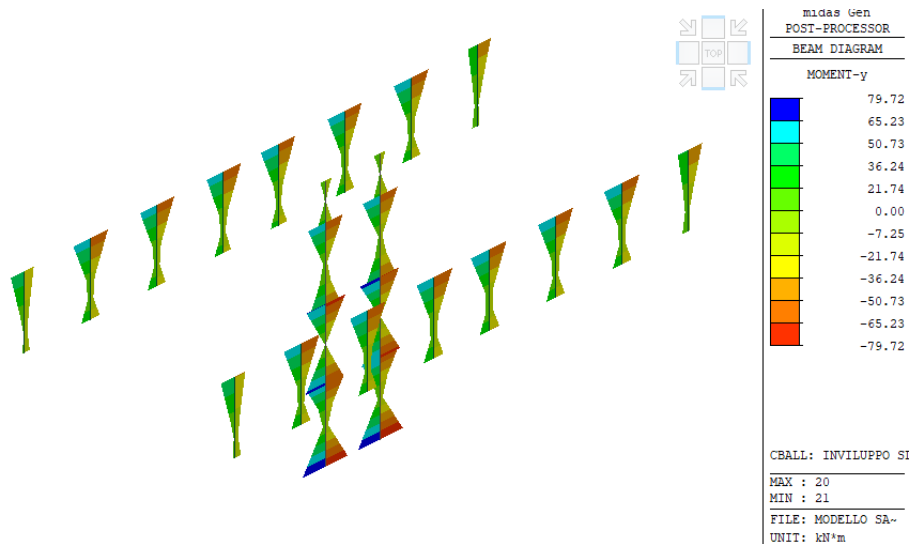


Figura 54: Momento My pilastri 25x30

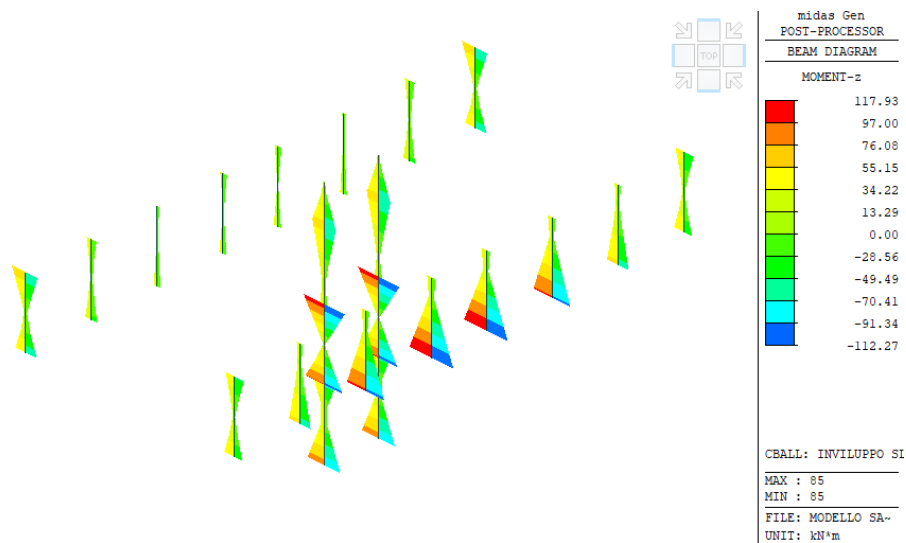


Figura 55: Momento Mz pilastri 25x30

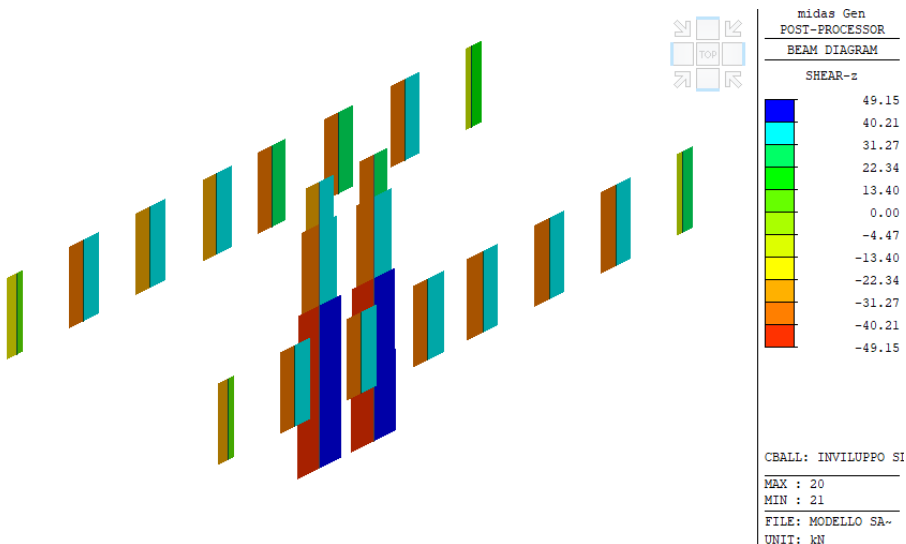


Figura 56: Taglio Fz pilastri 25x30

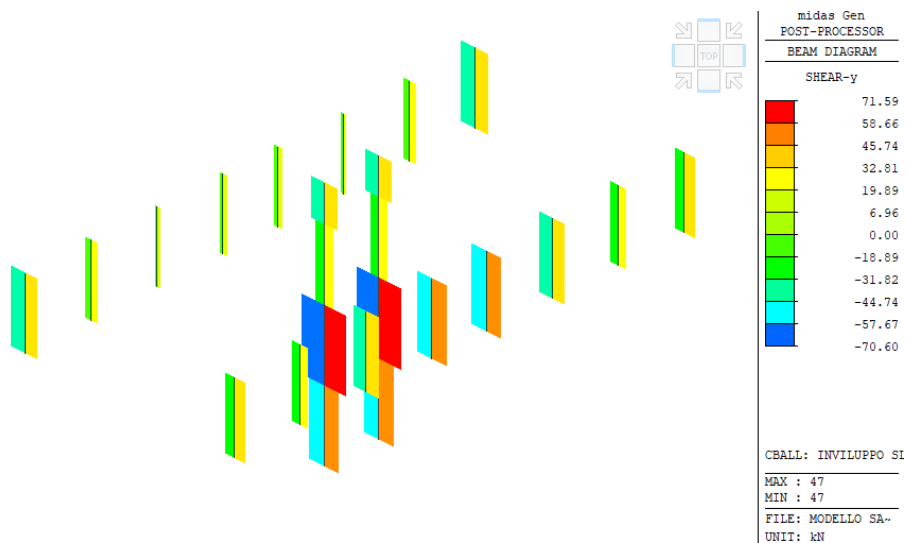


Figura 57: Taglio Fy pilastri 25x30



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 75 di 108

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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	25	0
3	25	30
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,54	2,5	2,5
2	1,54	2,5	27,5
3	1,54	22,5	2,5
4	1,54	22,5	27,5

**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

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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**   
 $\delta$

**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

**M<sub>x</sub> [kNm]** **M<sub>y</sub> [kNm]**  
**- N<sub>Ed</sub> = -158,69 kN**

**M<sub>xEd</sub>**  kNm **M<sub>yEd</sub>**  kNm  **$\rho_M$**    
**M<sub>xRd</sub>**  kNm **M<sub>yRd</sub>**  kNm

**Valori** **Infiltrisci punti**

Figura 5-58: Verifica a pressoflessione pilastro 25x30 SLV

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
250	300	25	275

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm²]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	2	56.55	200	391.3	45	90	27.38
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	250	275	1.00	0.5	11.77	45	90	218.54



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 76 di 108

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
218.54	27.38	<b>27.38</b>	<b>71.59</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.3 Verifica travi 20x45 cm

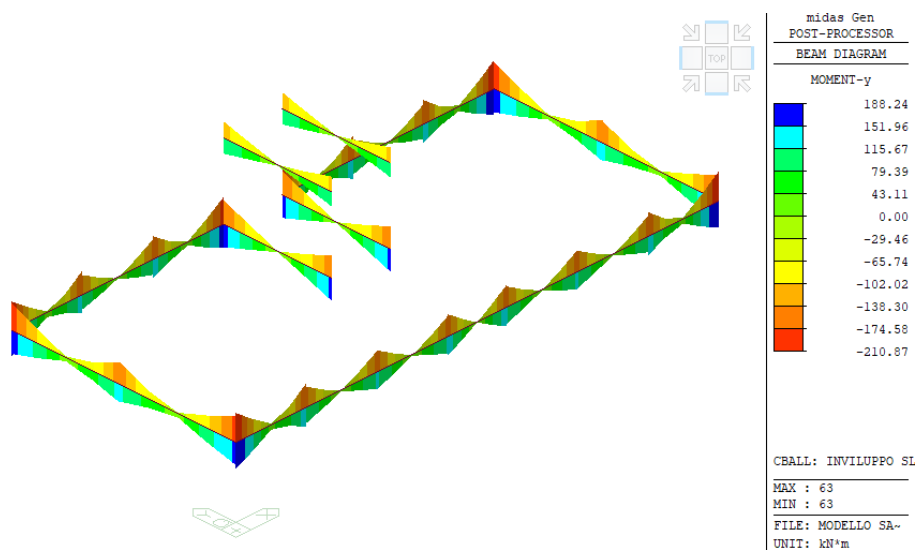


Figura 59: Momento My travi 20x45

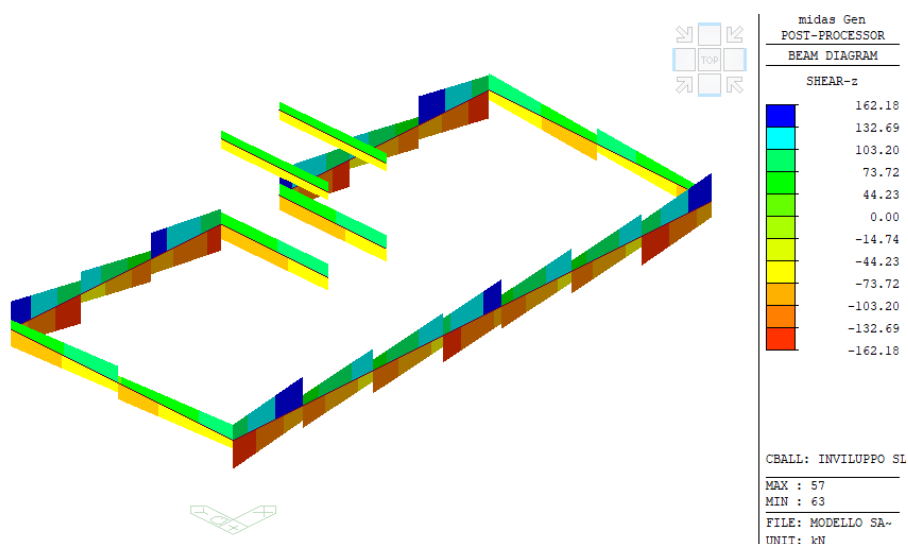


Figura 60: Taglio Fz travi 20x45

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	20	45

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	42,5
2	3,14	2,5

**Collecitazioni**  
S.L.U.  **Metodo n**  
N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-61: Verifica a flessione positiva trave 20x45 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	20	45

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	42,5
2	3,14	2,5

**Collecitazioni**  
S.L.U.  **Metodo n**  
N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-62: Verifica a flessione negativa trave 20x45 SLV





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 79 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
200	450	25	425

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	45	90	50.16
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	200	425	1.00	0.5	11.77	45	90	225.17

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
225.17	50.16	<b>50.16</b>	<b>162.18</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



#### 5.7.4 Verifica travi 60x20 cm

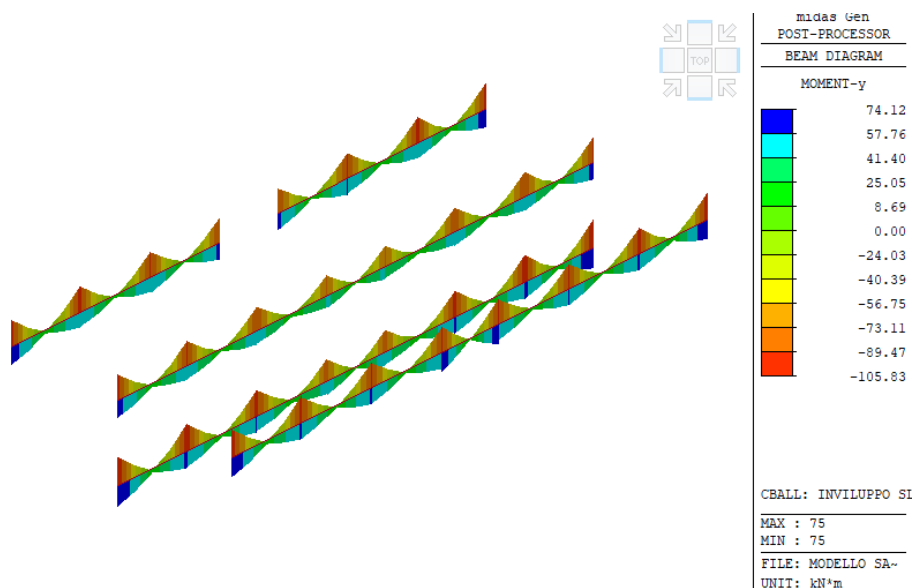


Figura 63: Momento My travi 60x20

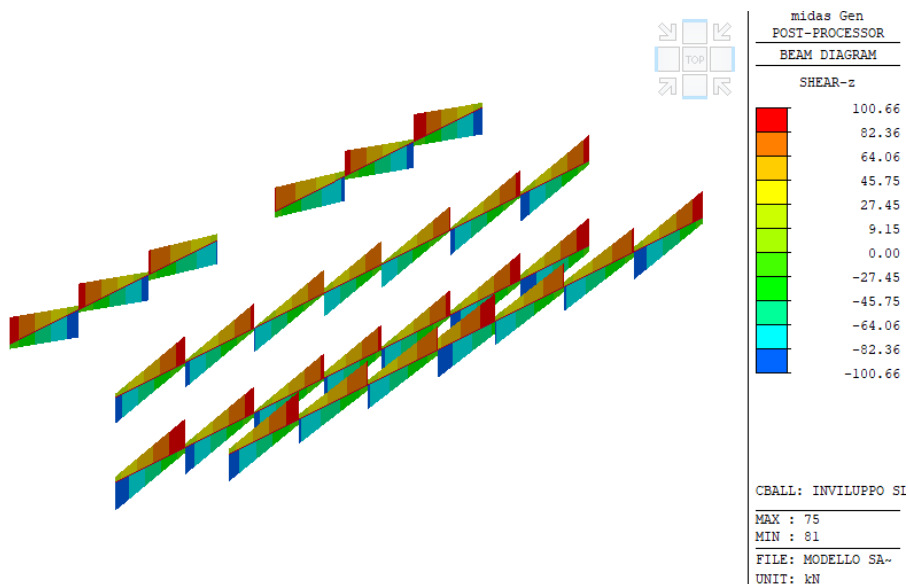


Figura 64: Taglio Fz travi 60x20

#### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	17,5
2	5,43	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

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

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-65: Verifica a flessione positiva trave 60x20 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	17,5
2	5,43	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

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

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-66: Verifica a flessione negativa trave 60x20 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 82 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
600	200	25	175

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	200	391.30	45	90	30.98
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	600	175	1.00	0.5	11.77	45	90	278.15

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
278.15	30.98	<b>30.98</b>	<b>100.66</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.5 Verifica travi 30x20 cm

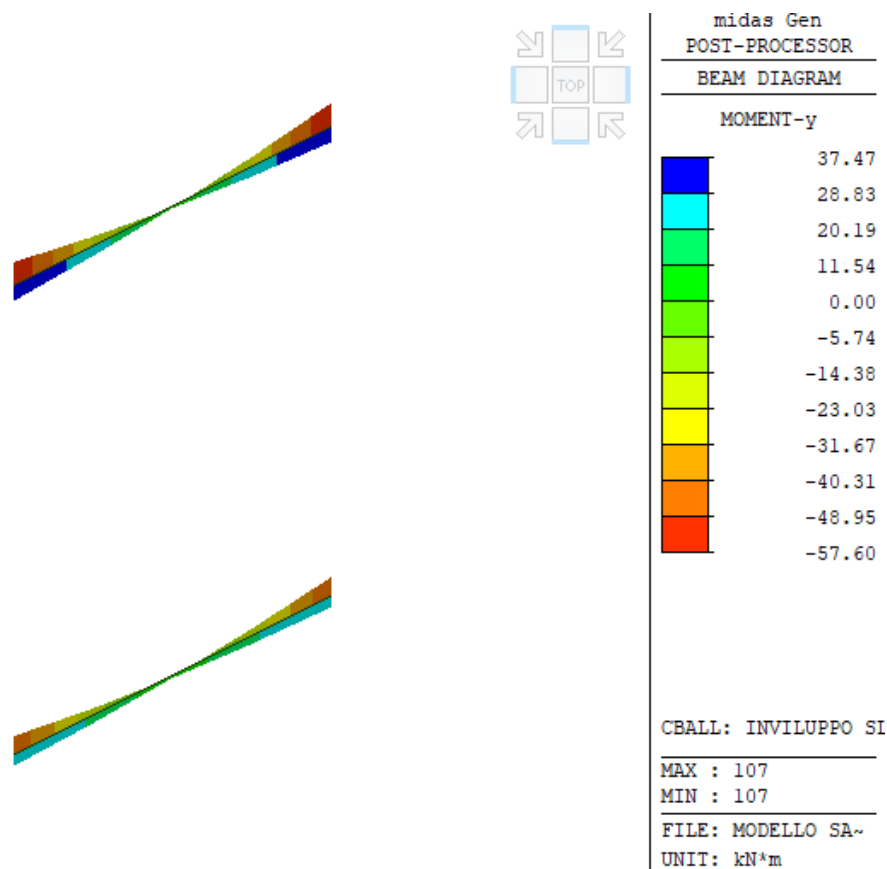


Figura 67: Momento My travi 30x20

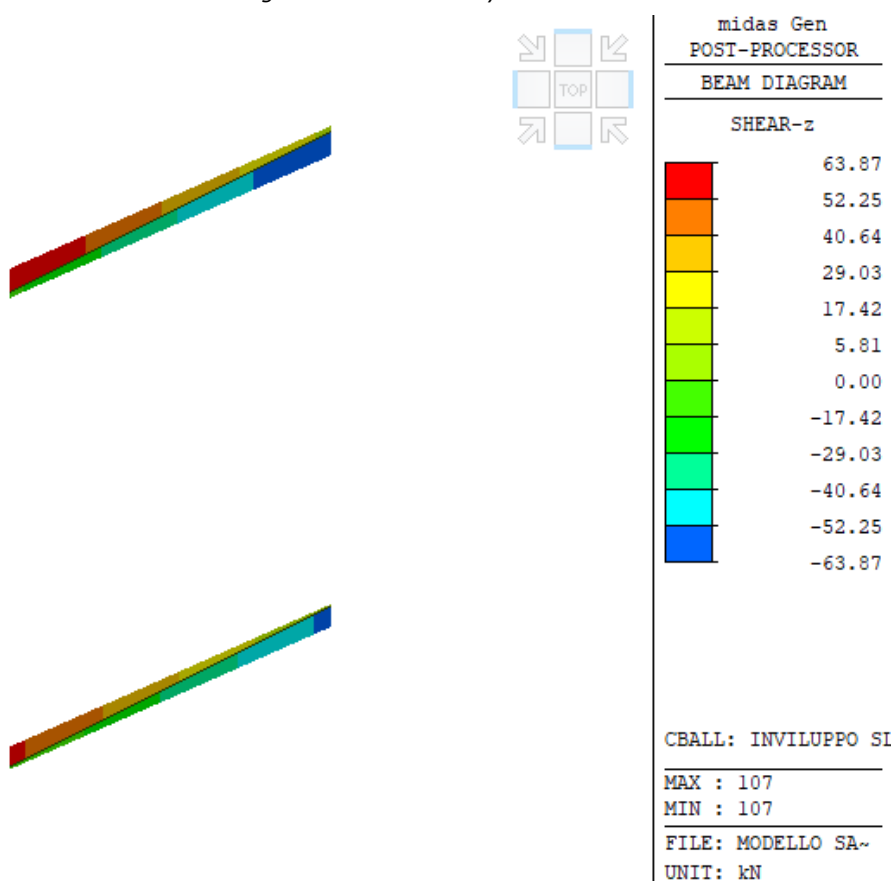


Figura 68: Taglio Fz travi 30x20



### Verifica a flessione positiva in appoggio

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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	17,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☒ **Metodo n**

**N** Ed  **0** kN  
**M** xEd  **0** kNm  
**M** yEd  **0**

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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** xRd  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-69: Verifica a flessione positiva trave 30x20 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	17,5
2	1,57	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☒ **Metodo n**

**N** Ed  **0** kN  
**M** xEd  **0** kNm  
**M** yEd  **0**

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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** xRd  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-70: Verifica a flessione negativa trave 30x20 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 85 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	200	25	175

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	250	391.30	45	90	24.78
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	175	1.00	0.5	11.77	45	90	139.07

<b>VERIFICA</b>			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
139.07	24.78	<b>24.78</b>	<b>63.87</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.6 Verifica travi del pianerottolo 120x15 cm

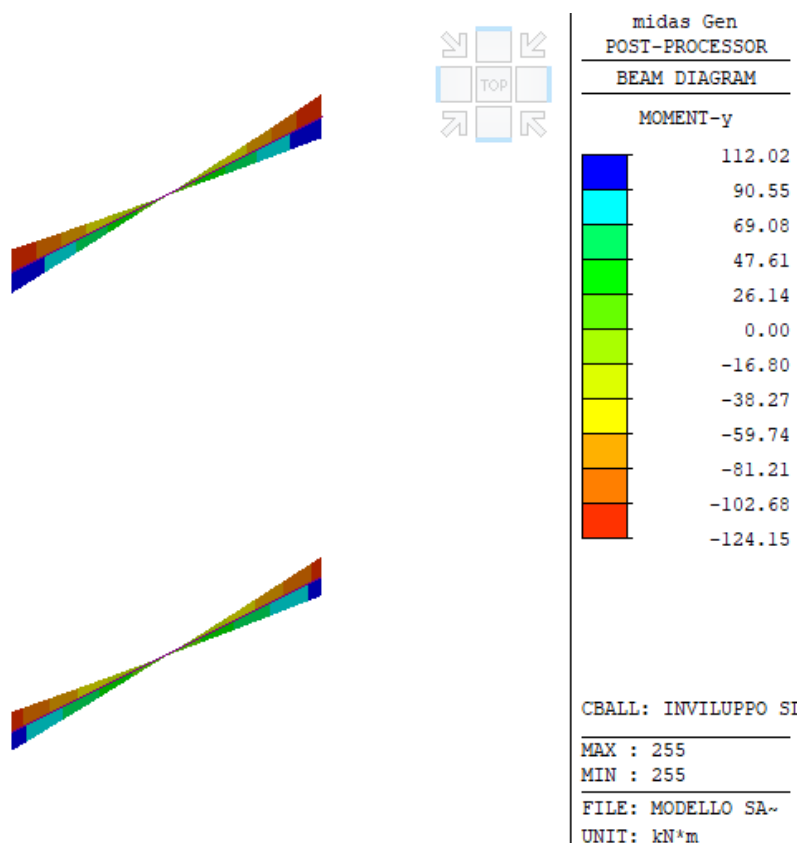


Figura 71: Momento My travi 120x15

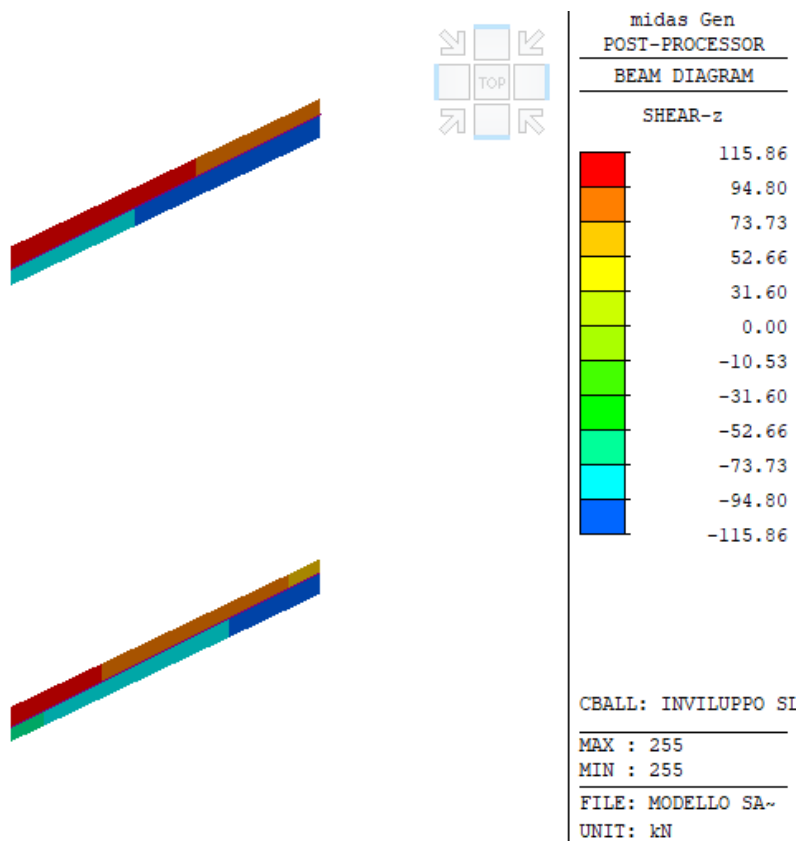


Figura 72: Taglio Fz travi 120x15





### Verifica a flessione positiva in appoggio

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

**N° strati barre** 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	15

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,62	2
2	6,22	13

**Sollecitazioni**  
S.L.U. **Metodo n**

**N** Ed 0 kN  
**M** xEd 112,02 kNm  
**M** yEd 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd 34,67 kNm  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  21,53 ‰  
d 13 cm  
x 1,818 x/d 0,1398  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-73: Verifica a flessione positiva trave 120x15 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

**N° strati barre** 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	15

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,62	2
2	6,22	13

**Sollecitazioni**  
S.L.U. **Metodo n**

**N** Ed 0 kN  
**M** xEd -124,15 kNm  
**M** yEd 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd -26,62 kNm  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  23,51 ‰  
d 13 cm  
x 1,685 x/d 0,1296  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-74: Verifica a flessione negativa trave 120x15 SLV



### **Verifica a taglio**

Si esegue la verifica a taglio della trave in esame considerando la formulazione riferita ad elementi privi di armatura trasversale.

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1200	150	20	130

k	$\rho_1$	$f_{cd}$ [MPa]	$k_1$	$b_w$ [mm]	d [mm]	$v_{min}$	$V_{Rd}$ [kN]
2.00	0.00296	11.77	0.15	1200	130	0.340	56.77

<b>VERIFICA</b>	
$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
<b>56.77</b>	<b>115.86</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>	



### 5.7.7 Verifica travi 45x20 cm

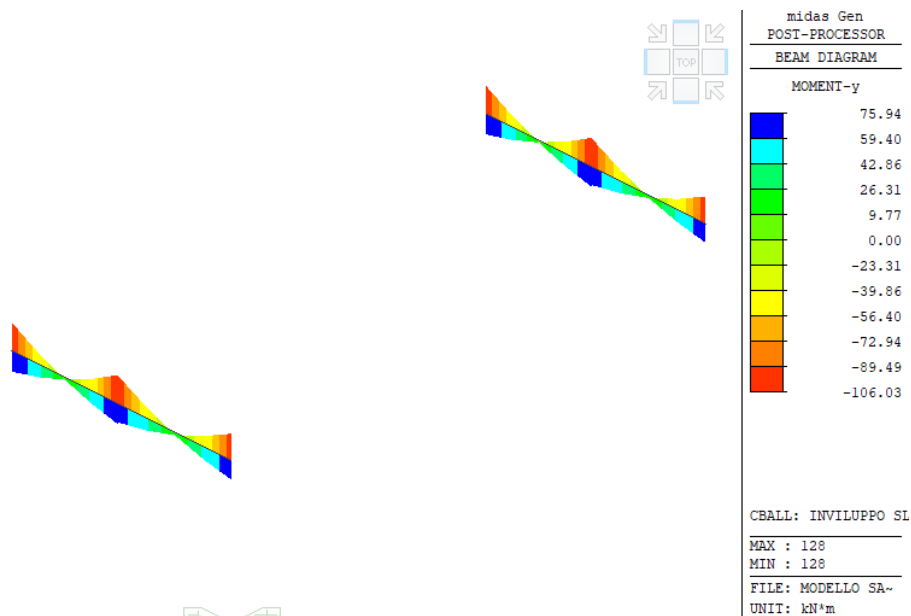


Figura 75: Momento My travi 45x20

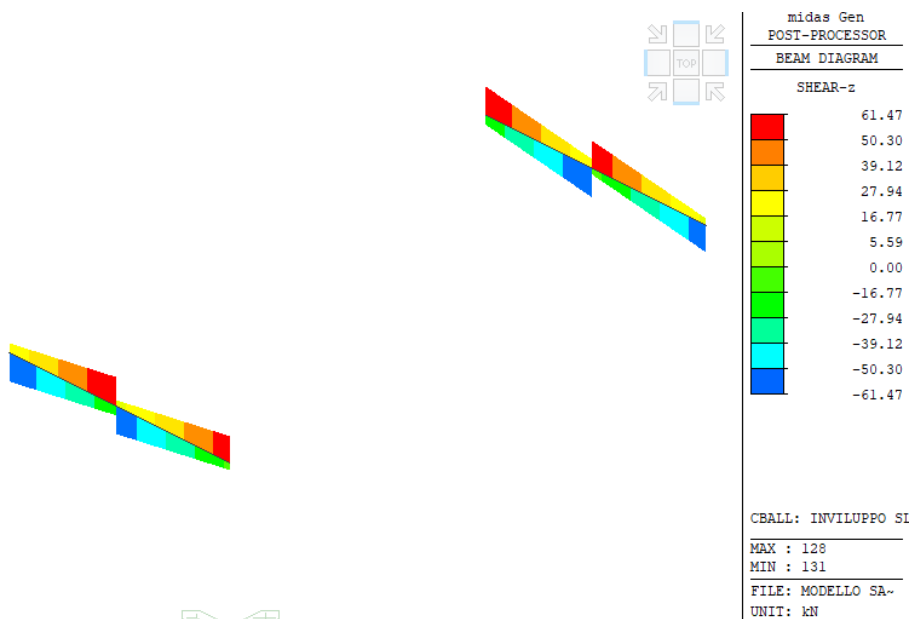


Figura 76: Taglio Fz travi 45x20

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	45	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	17,5
2	8,51	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-77: Verifica a flessione positiva trave 45x20 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	45	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	17,5
2	8,51	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

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

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-78: Verifica a flessione negativa trave 45x20 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 91 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
450	200	25	175

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	250	391.30	45	90	24.78
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	450	175	1.00	0.5	11.77	45	90	208.61

<b>VERIFICA</b>			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
208.61	24.78	<b>24.78</b>	<b>61.47</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.8 Verifica travi 30x35 cm

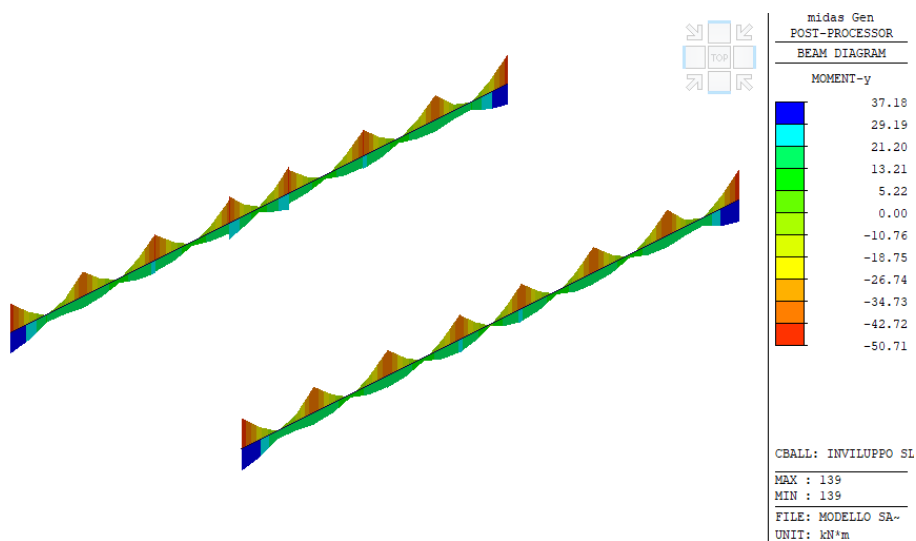


Figura 79: Momento My travi 30x35

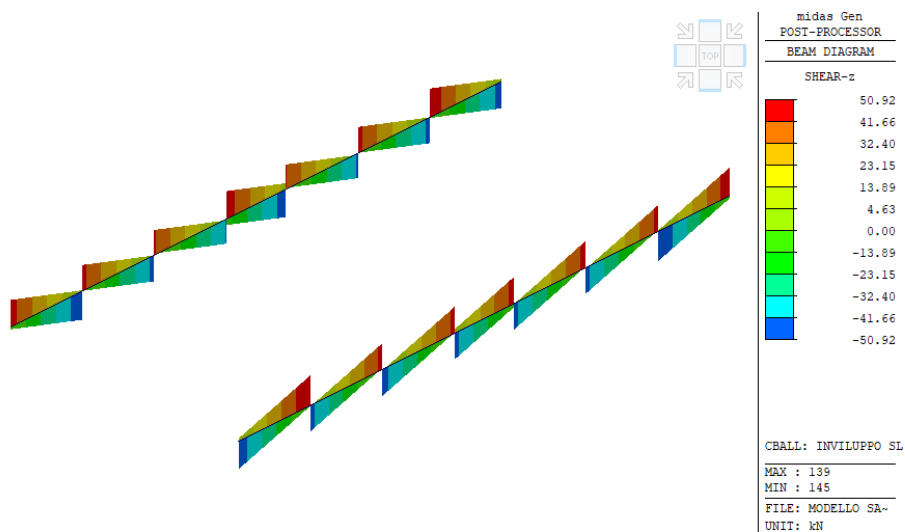


Figura 80: Taglio Fz travi 30x35

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	35

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	32,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 37,18 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub> 22,7 kN m

$\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  47,32 ‰  
d 32,5 cm  
x 2,238 x/d 0,06887  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-81: Verifica a flessione positiva trave 30x35 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	35

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	32,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -50,71 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub> -44 kN m

$\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  35,46 ‰  
d 32,5 cm  
x 2,919 x/d 0,08983  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 5-82: Verifica a flessione negativa trave 30x35 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 94 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	350	25	325

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	45	90	38.35
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	325	1.00	0.5	11.77	45	90	258.28

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
258.28	38.35	<b>38.35</b>	<b>50.92</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			





### 5.7.9 Verifica travi 30x40 cm

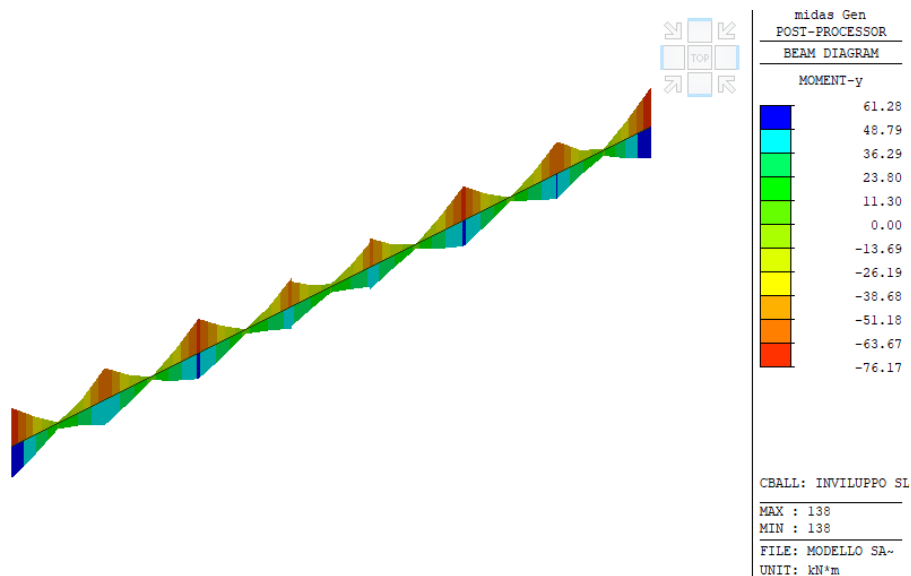


Figura 83: Momento My travi 30x40

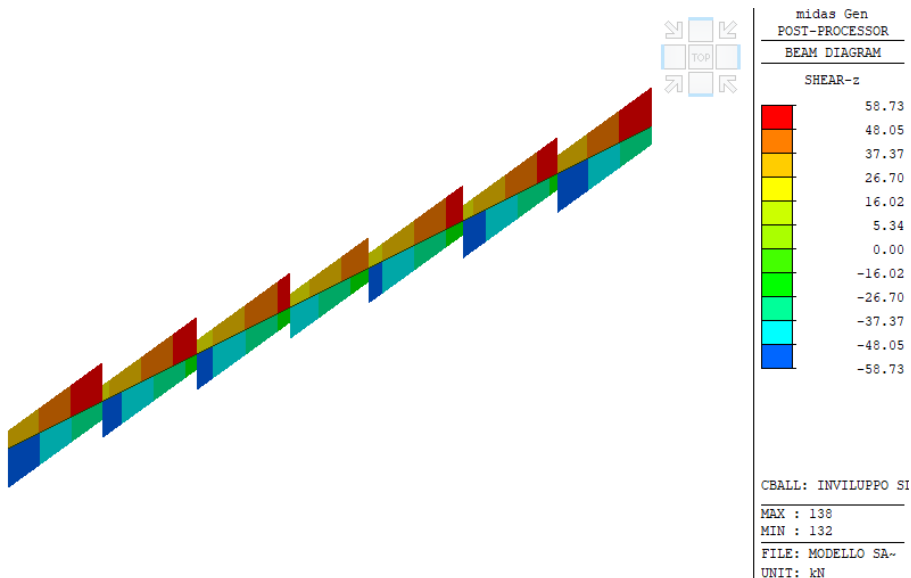


Figura 84: Taglio Fz travi 30x40

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	37,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☐ Metodo n ☐

**N** Ed   kN  
**M** xEd   kNm  
**M** yEd

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  55,17 ‰  
d 37,5 cm  
x 2,237 x/d 0,05966  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-85: Verifica a flessione positiva trave 30x40 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	37,5
2	3,14	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☐ Metodo n ☐

**N** Ed   kN  
**M** xEd   kNm  
**M** yEd

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  41,48 ‰  
d 37,5 cm  
x 2,918 x/d 0,07781  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-86: Verifica a flessione negativa trave 30x40 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 97 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	400	25	375

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	45	90	44.26
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	375	1.00	0.5	11.77	45	90	298.01

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
298.01	44.26	<b>44.26</b>	<b>58.73</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.10 Verifica travi 35x16 cm

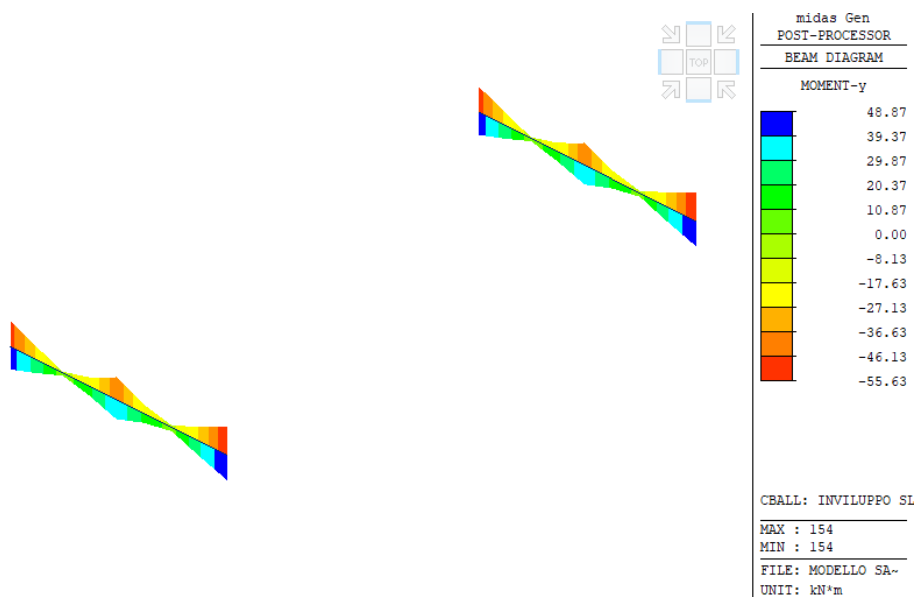


Figura 87: Momento My travi 35x16

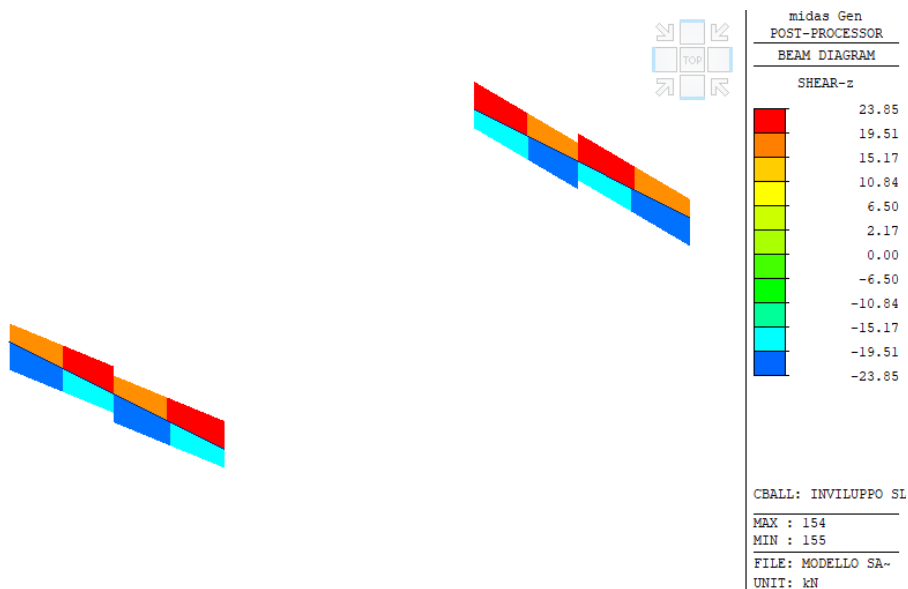


Figura 88: Taglio Fz travi 35x16

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	16

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,16	13,5
2	3,08	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☐ Metodo n ☐

**N** Ed  kN  
**M** xEd  kNm  
**M** yEd  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  8,449 ‰  
d 13,5 cm  
x 3,954 x/d 0,2929  
 $\delta$  0,8061

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-89: Verifica a flessione positiva trave 35x16 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	16

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,16	13,5
2	3,08	2,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☐ Metodo n ☐

**N** Ed  kN  
**M** xEd  kNm  
**M** yEd  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,66 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -17,66 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  14,95 ‰  
d 13,5 cm  
x 2,561 x/d 0,1897  
 $\delta$  0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-90: Verifica a flessione negativa trave 35x16 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 100 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
350	160	25	135

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	45	90	15.93
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	350	135	1.00	0.5	11.77	45	90	125.17

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
125.17	15.93	<b>15.93</b>	<b>23.85</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.11 Verifica travi 50x20 cm

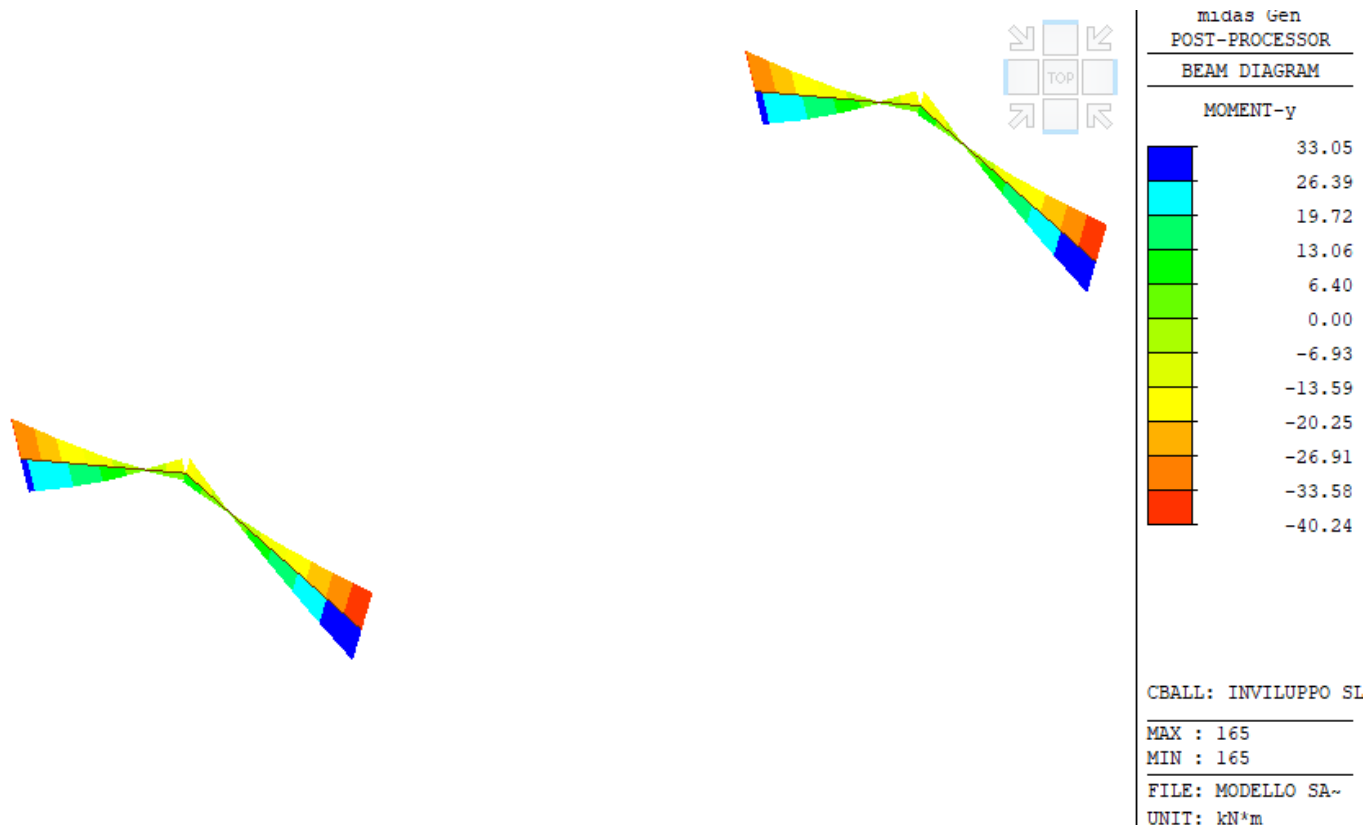


Figura 91: Momento My travi 50x20

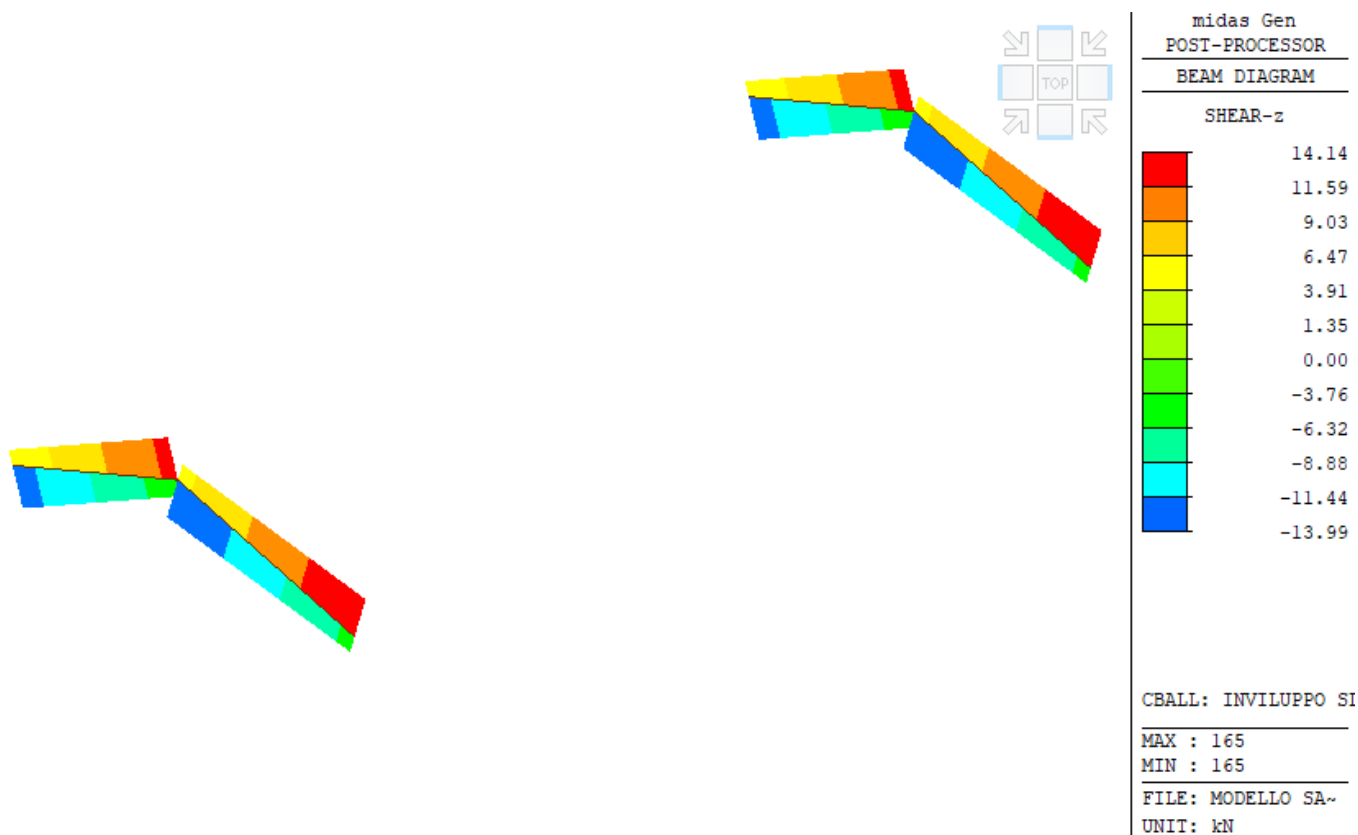


Figura 92: Taglio Fz travi 50x20



### Verifica a flessione positiva in appoggio

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

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	20
4	-20	20
5	-20	8
6	0	8

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	2,5	2,5
2	0,79	2,5	17,5
3	0,79	27,5	2,5
4	0,79	27,5	17,5
5	0,79	-17,5	17,5
6	0,79	-17,5	10,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  kN  kNm  
M<sub>Ed</sub>  kNm  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 15,55 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 26,7 ‰  
d 17,5 cm  
x 2,028 x/d 0,1159  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 5-93: Verifica a flessione positiva trave 50x20 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	20
4	-20	20
5	-20	8
6	0	8

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	2,5	2,5
2	0,79	2,5	17,5
3	0,79	27,5	2,5
4	0,79	27,5	17,5
5	0,79	-17,5	17,5
6	0,79	-17,5	10,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  kN  kNm  
M<sub>Ed</sub>  kNm  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 450 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,66 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,25 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> -20,45 kNm  
σ<sub>c</sub> -17,66 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 450 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 17,39 ‰  
d 17,5 cm  
x 2,933 x/d 0,1676  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 5-94: Verifica a flessione negativa trave 50x20 SLV





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via San Leo 10 - localita' Voghenza - Voghiera (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 103 di 108

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	200	25	175

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	45	90	20.65
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	175	1.00	0.5	11.77	45	90	139.07

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
139.07	20.65	<b>20.65</b>	<b>14.14</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.7.12 Verifica travi di colmo 30x23 cm

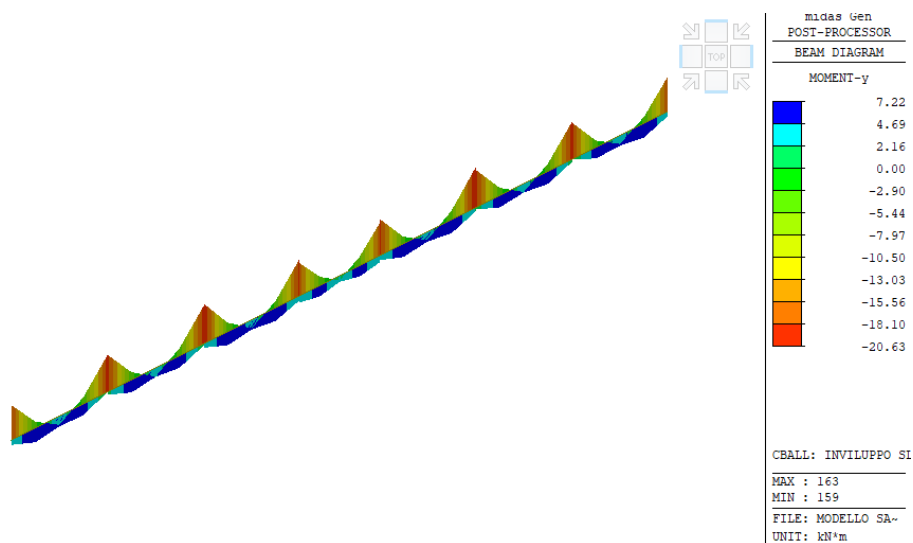


Figura 95: Momento My travi 30x23

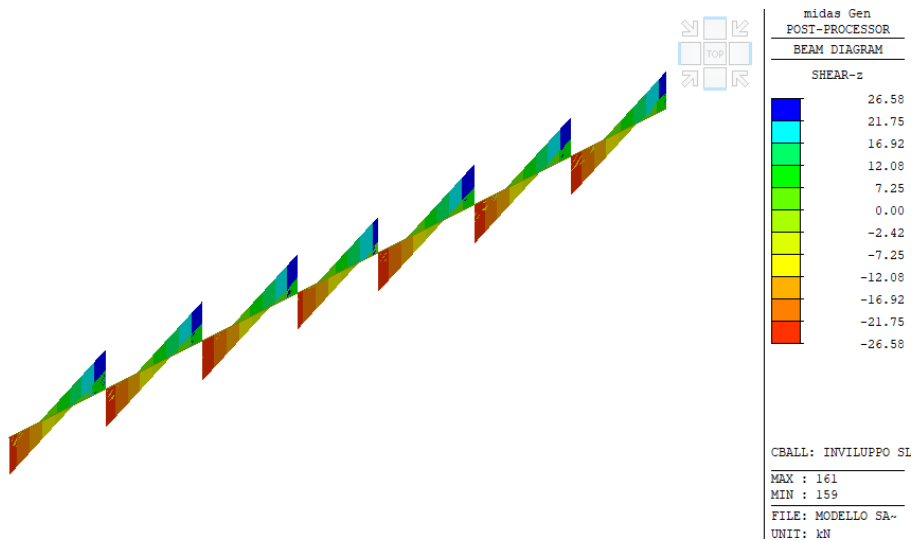


Figura 96: Taglio Fz travi 30x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	40	16,8
4	0	30
5	-10	26,8
6	0	10

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	5	2
2	0,79	25	2
3	0,79	5	27
4	0,79	25	20,4

**Sollecitazioni** **S.L.U.** **Metodo n**

**N**  **kN**  
**M**  **kNm**  
**M**  **kNm**

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**M**  kNm  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-97: Verifica a flessione positiva trave 30x23 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	40	16,8
4	0	30
5	-10	26,8
6	0	10

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	5	2
2	0,79	25	2
3	0,79	5	27
4	0,79	25	20,4

**Sollecitazioni** **S.L.U.** **Metodo n**

**N**  **kN**  
**M**  **kNm**  
**M**  **kNm**

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**M**  kNm  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Figura 5-98: Verifica a flessione negativa trave 30x23 SLV



### Verifica a taglio

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	234	25	209

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	8	2	100.53	300	391.30	45	90	24.67
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	209	1.00	0.5	11.77	45	90	166.09

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
166.09	24.67	<b>24.67</b>	<b>26.58</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			

**Allo SLV la maggior parte degli elementi strutturali non risultano adeguati sia per meccanismi duttili a flessione che per meccanismi fragili a taglio** ad eccezione delle travi di colmo per flessione e dei cordoli laterali della copertura per taglio. In particolare tutti i pilastri, i quali non sono stati progettati per azioni sismiche, presentano indici di sicurezza molto bassi. Le travi presentano a flessione indici di sicurezza bassi a causa dell'inversione del momento e per l'assenza di adeguata armatura mentre per taglio si hanno bassi indici di sicurezza in quanto non si ha il contributo di resistenza delle armature longitudinali sagomate e per il passo ampio tra le staffe.



## 6 CONCLUSIONI

La presente relazione illustra i risultati delle valutazioni di vulnerabilità sismica relativi alla struttura del fabbricato ad uso residenziale sito in via San Leo, 10 località Voghenza – Voghiera (FE).

L'edificio, costruito alla fine degli anni Settanta, è un fabbricato che si sviluppa su 3 livelli, con struttura portante in calcestruzzo armato e pannelli di tamponatura in muratura di mattoni doppio UNI. La struttura in elevazione è caratterizzata da pilastri di sezione 30x30 cm e 25x30 cm e le travi di solaio sono in spessore di solaio con altezza pari a 20 cm.

Un primo giudizio inerente alla vulnerabilità della struttura deriva dalle prove distruttive eseguite sui campioni di calcestruzzo e acciaio prelevati in opera. La prima fase di indagini ha evidenziato dei valori di resistenza a compressione in linea con i materiali impiegati all'epoca e valori di resistenza dell'acciaio paragonabili agli attuali materiali impiegati. Questo ha permesso di ottenere risultati soddisfacenti allo SLU della struttura seppur con importanti criticità allo SLV dovute unicamente alle tecniche di progettazione dell'epoca che non contemplavano l'implementazione di azioni sismiche sui fabbricati.

Al termine dell'analisi e delle verifiche degli elementi strutturali è possibile definire il fattore di sicurezza della struttura, ricordando che tale fattore è individuato dal rapporto tra CAPACITÀ e DOMANDA e rappresentato dai parametri  $\zeta_{v,i}$  e  $\zeta_E$ .

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei coefficienti di sicurezza allo stato di fatto relativi allo **SLU** e allo **SLV** di tutti gli elementi strutturali costituenti il fabbricato, per ogni meccanismo di rottura.



Elemento	Verifica	Coefficiente di sicurezza ( $\zeta_E$ )	
		SLU	SLV
Pilastro 30x30	Flessione	2.82	0.22
	Taglio	5.53	0.26
Pilastro 25x30	Flessione	3.47	0.15
	Taglio	8.98	0.38
Travi 20x45	M <sup>+</sup>	2.84	0.16
	M <sup>-</sup>	1.70	0.27
	Taglio	2.10	0.31
Travi 60x20	M <sup>+</sup>	2.22	0.25
	M <sup>-</sup>	1.17	0.38
	Taglio	1.74	0.31
Travi 30x20	M <sup>+</sup>	1.67	0.32
	M <sup>-</sup>	1.01	0.21
	Taglio	1.84	0.39
Travi 120x15	M <sup>+</sup>	4.49	0.31
	M <sup>-</sup>	2.43	0.21
	Taglio	1.87	0.49
Travi 45x20	M <sup>+</sup>	4.82	0.24
	M <sup>-</sup>	2.45	0.56
	Taglio	3.53	0.40
Travi 30x35	M <sup>+</sup>	3.81	0.61
	M <sup>-</sup>	2.48	0.87
	Taglio	3.10	0.75
Travi 30x40	M <sup>+</sup>	7.58	0.43
	M <sup>-</sup>	3.81	0.67
	Taglio	5.01	0.75
Travi 35x16	M <sup>+</sup>	14.90	0.66
	M <sup>-</sup>	3.91	0.31
	Taglio	7.31	0.67
Travi 50x20	M <sup>+</sup>	6.73	0.47
	M <sup>-</sup>	4.37	0.51
	Taglio	9.37	1.46
Travi 30x23	M <sup>+</sup>	2.72	2.82
	M <sup>-</sup>	1.15	0.80
	Taglio	2.11	0.93

Tabella 6-1: Riepilogo delle verifiche allo Stato di Fatto

Osservando la precedente tabella si evidenzia che le verifiche allo **SLU risultano soddisfatte ai sensi delle vigenti Norme**. Considerando le combinazioni allo SLV si osserva che ad eccezione di alcuni elementi in copertura, la struttura in elevazione presenta importanti criticità per azioni sismiche in particolare i pilastri. Tali risultati sono dovuti essenzialmente al fatto che, anche analizzando la relazione di calcolo, la struttura non è stata progettata per azioni sismiche. Per azioni sismiche allo SLV, allo **Stato di Fatto, il coefficiente di sicurezza ai sensi delle NTC2018 corrisponde ad un valore del parametro  $\zeta_E = 0.15$** , derivante dalle verifiche dei meccanismi duttili del pilastro 25x30 cm al piano terra.