




# COMUNE di CODIGORO



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

Via Sacco e Vanzetti - Codigoro

<b>Titolare della progettazione</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>	<b>Responsabile unico del procedimento</b> 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>  Relazione tecnica di verifica di vulnerabilità	<table><tr><td><b>cod. commessa</b> 2105</td><td rowspan="2"><b>codice elaborato</b>  <b>ST-P-R01-2</b></td></tr><tr><td><b>scala</b> --</td></tr></table>	<b>cod. commessa</b> 2105	<b>codice elaborato</b>  <b>ST-P-R01-2</b>	<b>scala</b> --
<b>cod. commessa</b> 2105	<b>codice elaborato</b>  <b>ST-P-R01-2</b>			
<b>scala</b> --				

<b>REV 0</b>	<b>Emissione</b>	Marzo 2022
REV 1	Integrazioni	Settembre 2022
REV 2	Integrazioni	Ottobre 2022






## 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>7</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DI VULNERABILITA' SISMICA .....</b>	<b>8</b>
4.1	Informazioni generali sull'analisi svolta .....	8
4.2	Caratterizzazione geognostica .....	8
4.3	Conoscenza della struttura edificio tipo E.....	9
4.3.1	Materiali.....	9
4.3.2	Livello di conoscenza .....	11
4.4	Conoscenza della struttura edificio tipo F.....	12
4.4.1	Materiali.....	12
4.4.2	Livello di conoscenza .....	14
4.5	Azioni sulle costruzioni .....	14
4.5.1	Azioni verticali .....	15
4.6	Definizione dell'azione sismica.....	17
4.7	Combinazioni delle azioni .....	19
4.8	Tipo di analisi svolte .....	20
4.9	Calcolo del livello di sicurezza .....	20
4.10	Software di calcolo utilizzato .....	20
<b>5</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI EDIFICIO TIPO E .....</b>	<b>22</b>
5.1	Modellazione strutturale .....	22
5.1.1	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 .....	31
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 .....	38
5.6	Verifiche elementi strutturali allo SLU.....	39
5.6.1	Verifica travi 90x23 cm .....	40
5.6.2	Verifica solaio interpiano .....	43
5.7	Verifiche elementi strutturali allo SLV .....	45
5.7.1	Verifica pilastri 30x30 cm .....	46
5.7.2	Verifica pilastri 25x30 cm .....	50
5.7.3	Verifica travi 195x23 cm .....	53
5.7.4	Verifica travi 60x23 cm .....	56
5.7.5	Verifica travi 90x23 cm .....	59
5.7.6	Verifica travi 175x23 cm .....	62



5.7.7	Verifica travi 30x23 cm .....	65
5.7.8	Verifica travi 25x23 cm .....	68
5.7.9	Verifica travi 40x23 cm .....	71
5.7.10	Verifica travi 30x46 cm.....	74
5.7.11	Verifica travi 30x71 cm.....	77
5.7.12	Verifica travi pianerottolo 120x23 cm .....	80
<b>6</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI EDIFICIO TIPO F .....</b>	<b>83</b>
6.1	Modellazione strutturale .....	83
6.1.1	Modellazione dei carichi .....	84
6.2	Combinazioni di carico .....	85
6.3	Analisi modale.....	86
6.4	Validazione dei risultati .....	89
6.5	Sintesi risultati analisi strutturale .....	91
6.6	Sintesi risultati analisi strutturale .....	92
6.6.1	Caratteristiche di sollecitazione allo SLU.....	93
6.6.2	Caratteristiche di sollecitazione allo SLV .....	96
6.6.3	Deformata strutturale allo SLV.....	99
6.7	Verifiche elementi strutturali allo SLU.....	100
6.7.1	Verifica travi 60x23 cm .....	101
6.7.2	Verifica solaio interpiano .....	105
6.8	Verifiche elementi strutturali allo SLV.....	107
6.8.1	Verifica pilastri 30x30 cm.....	108
6.8.2	Verifica pilastri 25x30 cm .....	112
6.8.3	Verifica travi 195x23 cm .....	116
6.8.4	Verifica travi 60x23 cm .....	119
6.8.5	Verifica travi 90x23 cm .....	122
6.8.6	Verifica travi 175x23 cm .....	125
6.8.7	Verifica travi 30x23 cm .....	128
6.8.8	Verifica travi 25x23 cm .....	131
6.8.9	Verifica travi 40x23 cm .....	134
6.8.10	Verifica travi 30x46 cm.....	137
6.8.11	Verifica travi 30x71 cm.....	140
6.8.12	Verifica travi pianerottolo 120x23 cm .....	143
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>146</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 dei fabbricati siti in **VIA SACCO E VANZETTI 4/6, 8/10 E 12/14 - CODIGORO (FE)** adibiti ad uso residenziale. Il dettaglio del documento esplica le valutazioni del livello di sicurezza dei fabbricati 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

I fabbricati in oggetto sono siti in **VIA SACCO E VANZETTI 4/6, 8/10 E 12/14 - CODIGORO (FE)**, e sono composti complessivamente da **24 appartamenti**.



Figura 1: Localizzazione dei fabbricati





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 4 di 149



**FOTO 1**



**FOTO 2**



FOTO 3

Si individuano due tipologie strutturali:

- **Edificio tipo E:** i fabbricati ai civici 4/6 e 12/14 sono caratterizzati da due unità strutturali separate da un giunto tecnico di 3 cm specchiate rispetto all'asse del giunto come si può notare dalla figura seguente;

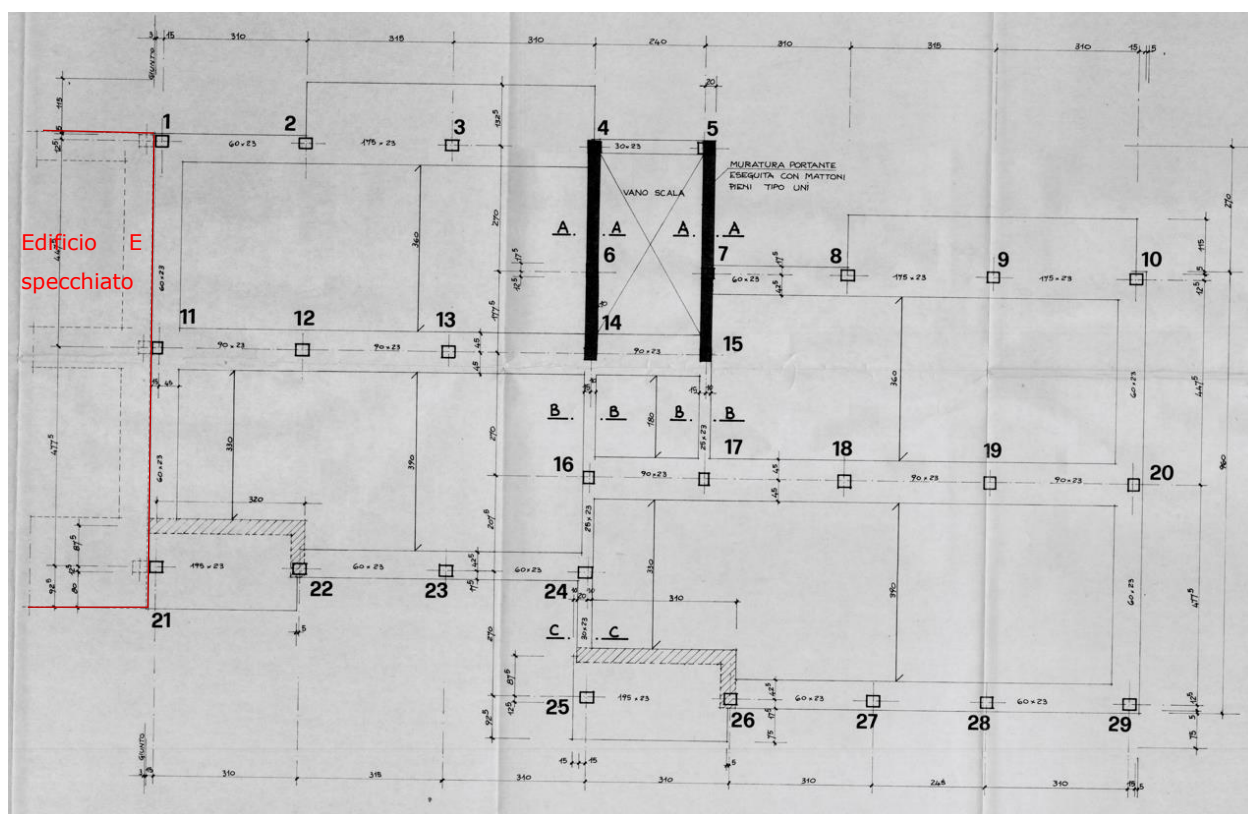
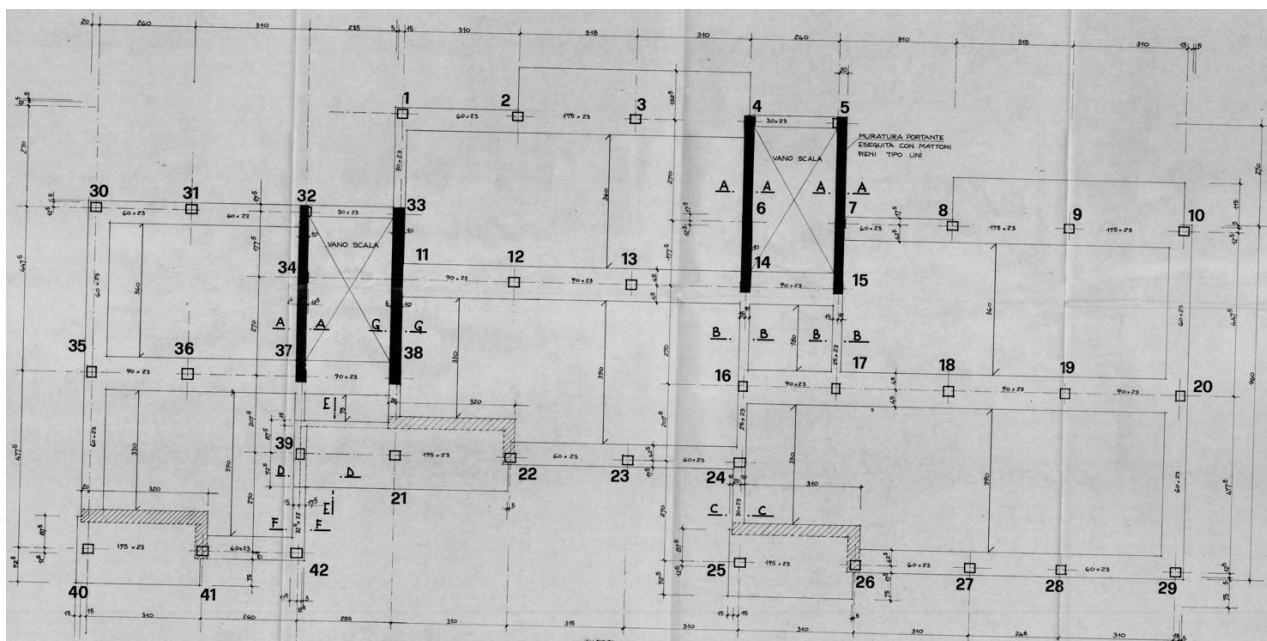


Figura 2: Porzione strutturale indipendente dell'edificio E





- **Edificio tipo F:** il fabbricato al civico 8/10 è caratterizzato un'unica unità strutturale che in una porzione è analoga all'edificio E come si può notare dalla figura seguente.



*Figura 3: Struttura dell'edificio F*

Si può osservare che gli elementi della struttura in elevazione sono i medesimi per i due fabbricati, anche rispetto ai dettagli costruttivi di travi e pilastri e si può osservare che la porzione di destra dell'edificio F è la medesima dell'edificio E.

Gli edifici, entrambi costruiti nel medesimo periodo alla fine degli anni Settanta, si sviluppano 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 23 cm.

L'ingombro massimo in pianta degli edifici sono pari a 21,48 x 12,20 m per la singola porzione strutturale dell'edificio tipo E e pari a 29,65 x 12,20 m per l'edificio tipo F.

Per entrambi gli edifici, gli impalcati di interpiano sono in laterocemento, gettati in opera, costituiti da travetti in calcestruzzo armato con interasse di circa 40 cm di altezza 19 cm e soletta di spessore 4 cm. I solai di sottotetto e di copertura sono della medesima tipologia del solaio interpiano per geometria ma risultano essere rasati, pertanto senza soletta. All'interno degli edifici E e F sono presenti rispettivamente uno e due vani scala caratterizzati da una soletta rampante poggiata su travi in calcestruzzo armato al livello dei pianerottoli. In corrispondenza dei medesimi sono state realizzate pareti di tamponamento parallele alla rampa.

Entrambe le strutture analizzate non sono regolari in pianta in quanto la distribuzione di masse e rigidità non è simmetrica rispetto alle due direzioni ortogonali, 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 il miglioramento sismico dei fabbricati 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 degli edifici 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 sulle strutture 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 -30,40 m dal p.c.

I principali risultati possono essere sintetizzati come segue:

- i. si rileva un primo banco argilloso consolidato per essiccamento presente fino a 2/3 m di profondità. Al di sotto si estendono per una decina di metri dei fanghi limoso-argillosi spesso organici inconsistenti, che sovrastano a loro volta sedimenti argillosi leggermente più consistenti. A profondità variabili si rilevano anche sottili banchi sabbioso-limosi, ma generalmente occorre scendere intorno ai 20/25 m per rilevare il primo potente banco sabbioso (sabbie continentali pleistoceniche). Fa eccezione la stratigrafia al di sotto del tracciato del paleoalveo del Gaurus, ed in parte del paleoalveo del Po di Volano, in cui sono rilevabili banchi di sabbie fluviali già da 2/3 m dal p.c. fino a 10/15 m di profondità.;
- ii. È stata rilevata una quota della superficie di falda alla profondità di circa - 1,80 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  **$V_{s,30} = 158 \text{ m/s}$** , pertanto, l'area ricade in una **categoria di sottosuolo D**.



*Figura 1 Localizzazione delle prove geognostiche*

#### **4.3 Conoscenza della struttura edificio tipo E**

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 di progetto originali;
- Rilievo strutturale e geometrico.

A tal proposito per le opere in esame sono disponibili le tavole originali relative ai dettagli costruttivi i quali hanno permesso di identificare la geometria e le dimensioni delle opere, 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 R300;*
- *Acciaio ad adherenza migliorata del tipo FeB44K.*

Al fine di raggiungere un Livello di Conoscenza LC2 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. In particolare considerando i principi di ripetibilità delle opere per l'edificio di tipo E si considerano i risultati delle prove eseguite su entrambi i fabbricati ai civici 4/6 e 12/14.





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 10 di 149

ID	Sigla campione	Descrizione Verbale di prelievo	Data prelievo	Dimensioni			Massa volumica	Carico di rottura	Resistenza unitaria $f_{ck}$	Tipo di rottura
				$\varnothing$	h	$\lambda$				
				[mm]		[-]				
1	id 1	Pilastro Piano Terra	02/03/22	94	97	1,03	2110	81,7	11,8	C
2	id 2	Trave Piano Primo	02/03/22	94	96	1,02	2239	227,3	32,8	C
3	id 3	Pilastro Piano Terra	02/03/22	94	96	1,02	2116	95,4	13,7	C
4	id 4	Trave Piano Primo	02/03/22	94	96	1,02	2190	147,3	21,2	C
5	id 5	Pilastro Piano Terra	02/03/22	94	97	1,03	2177	153,6	22,1	C

ID	Sigla campione	Descrizione Verbale di prelievo	Data prelievo	Dimensioni			Massa volumica	Carico di rottura	Resistenza unitaria $f_{ck}$	Tipo di rottura
				$\varnothing$	h	$\lambda$				
				[mm]		[-]				
1	id 1	Trave Piano Primo	03/03/22	94	95	1,01	2176	154,8	22,3	C
2	id 2	Pilastro Piano Terra	03/03/22	94	96	1,02	2155	179,8	25,9	C
3	id 3	Pilastro Piano Terra	03/03/22	94	95	1,01	2121	108,6	15,6	C
4	id 4	Trave Piano Primo	03/03/22	94	95	1,01	2110	109,4	15,8	C
5	id 5	Pilastro Piano Terra	03/03/22	94	95	1,01	2158	125,3	18,1	C

Figura 2: Risultati delle prove di laboratorio sul calcestruzzo

Provino							Snervamento		Rottura		
ID	Codice/ Posizione in opera	Tipo*	Parte d'opera	$\varnothing_{nom}$	$m_u$	$\varnothing_{eq.}$	$f_y$	$f_y/f_{ynom}$	$f_t$	$f_t/f_y$	$A_{gt}$
				[mm]	[kg/m]	[mm]	[MPa]	[--]	[MPa]	[--]	[%]
1	id 1 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,241	6,3	488,1	-	611,9	1,25	--
2	id 3 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,232	6,1	512,8	-	672,0	1,31	--
3	id 5 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,228	6,1	477,5	-	633,1	1,33	--

Provino							Snervamento		Rottura		
ID	Codice/ Posizione in opera	Tipo*	Parte d'opera	$\varnothing_{nom}$	$m_u$	$\varnothing_{eq.}$	$f_y$	$f_y/f_{ynom}$	$f_t$	$f_t/f_y$	$A_{gt}$
				[mm]	[kg/m]	[mm]	[MPa]	[--]	[MPa]	[--]	[%]
1	id 02 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,248	6,3	530,5	-	664,9	1,25	--
2	id 03 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,235	6,2	473,9	-	640,2	1,35	--
3	id 04 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,060	3,1	516,4	-	664,9	1,29	--

Figura 3: Risultati delle prove di laboratorio sull'acciaio

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  $0,95 \div 1,05$ ) 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 trascurando il risultato della prova sul campione id2 in quanto nettamente superiore ai valori ottenuti dai provini rimanenti

<b>Campione</b>	<b><math>f_{cA,carota}</math></b> <b>[MPa]</b>	<b><math>F_d</math></b>	<b><math>f_{c,ls}</math></b> <b>[MPa]</b>
1	11,8	1,0918	12,88
2	13,7	1,0937	14,98
3	21,2	1,0824	22,95
4	22,1	1,0842	23,96
5	22,3	1,0846	24,19
6	25,9	1,0636	27,55
7	15,6	1,0956	17,09
8	15,8	1,0958	17,31
9	18,1	1,0981	19,88

Tabella 1: Calcolo dei valori di resistenza strutturale del calcestruzzo

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:  $f_{cm} = 20,09 \text{ MPa}$ ;
- Acciaio esistente:  $f_{ym} = 499,87 \text{ MPa}$ ;

Per l'acciaio si fa riferimento ad un legame costitutivo elastico-perfettamente plastico con tensione di snervamento pari al valore medio considerato.

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.

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 adeguato della struttura ovvero un livello LC2** a cui corrisponde un **fattore di confidenza  $FC = 1,2$**  (§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	$f_{cd} = f_{cm}/FC = 16,74 \text{ MPa}$	$f_{cd} = f_{cm}/FC \cdot \gamma_c = 11,16 \text{ MPa}$
• Acciaio	$f_{yd} = f_{ym}/FC = 416,56 \text{ MPa}$	$f_{yd} = f_{ym}/FC \cdot \gamma_s = 362,23 \text{ MPa}$

#### 4.4 Conoscenza della struttura edificio tipo F

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 di progetto originali;
- Rilievo strutturale e geometrico.

A tal proposito per le opere in esame sono disponibili le tavole originali relative ai dettagli costruttivi i quali hanno permesso di identificare la geometria e le dimensioni delle opere, nonché i quantitativi di armatura degli elementi strutturali.

##### 4.4.1 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 R300;*
- *Acciaio ad aderenza migliorata del tipo FeB44K.*

Al fine di raggiungere un Livello di Conoscenza LC2 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 Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 13 di 149

ID	Sigla campione	Descrizione Verbale di prelievo	Data prelievo	Dimensioni			Massa volumica	Carico di rottura	Resistenza unitaria $f_{cd}$	Tipo di rottura
				$\varnothing$	h	$\lambda$				
				[mm]		[-]				
1	id 1	Trave Piano Primo	02/03/22	94	95	1,01	2212	166,5	24,0	C
2	id 2	Pilastro Piano Terra	02/03/22	95	95	1,00	2137	108,6	15,3	C
3	id 3	Pilastro Piano Terra	02/03/22	95	95	1,00	2138	112,1	15,8	C
4	id 4	Pilastro Piano Terra	02/03/22	95	95	1,00	2158	100,1	14,1	C
5	id 5	Trave Piano Primo	02/03/22	95	95	1,00	2095	125,2	17,7	C
6	id 6	Pilastro Piano Primo	02/03/22	95	95	1,00	2133	174,0	24,5	C
7	id 7	Pilastro Piano Primo	02/03/22	95	95	1,00	2168	156,2	22,0	C

Figura 4: Risultati delle prove di laboratorio sul calcestruzzo

Provino							Snervamento		Rottura		
ID	Codice/ Posizione In opera	Tipo*	Parte d'opera	$\varnothing_{nom}$	$m_u$	$\varnothing_{es}$	$f_y$	$f_y/f_{ynom}$	$f_t$	$f_t/f_y$	$A_{gt}$
				[mm]	[kg/m]	[mm]	[MPa]	[-]	[MPa]	[-]	[%]
1	id 02 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,248	6,3	530,5	-	664,9	1,25	--
2	id 03 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,235	6,2	473,9	-	640,2	1,35	--
3	id 04 staffa	a.m.	Pilastro Piano Terra	6	0,060	3,1	516,4	-	664,9	1,29	--

Figura 5: Risultati delle prove di laboratorio sull'acciaio

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  $0,95 \div 1,05$ ) 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	$f_{cA,carota}$	$F_d$	$f_{c,is}$
	[MPa]		[MPa]
1	24,0	1,0880	26,11
2	15,3	1,0953	16,76
3	15,8	1,0958	17,31
4	14,1	1,0941	15,43
5	17,7	1,0977	19,43
6	24,5	1,0890	26,68
7	22,0	1,0840	23,85

Tabella 2: Calcolo dei valori di resistenza strutturale del calcestruzzo



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:  $f_{cm} = 20,80 \text{ MPa}$ ;
- Acciaio esistente:  $f_{ym} = 506,93 \text{ MPa}$ ;

Per l'acciaio si fa riferimento ad un legame costitutivo elastico-perfettamente plastico con tensione di snervamento pari al valore medio considerato.

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

#### **4.4.2 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.

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 adeguato della struttura ovvero un livello LC2** a cui corrisponde un **fattore di confidenza  $FC = 1,2$**  (§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	$f_{cd} = f_{cm}/FC = 17,33 \text{ MPa}$	$f_{cd} = f_{cm}/FC \cdot \gamma_c = 11,56 \text{ MPa}$
• Acciaio	$f_{yd} = f_{ym}/FC = 422,44 \text{ MPa}$	$f_{yd} = f_{ym}/FC \cdot \gamma_s = 367,34 \text{ MPa}$

#### **4.5 Azioni sulle costruzioni**

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



#### **4.5.1 Azioni verticali**

##### **4.5.1.1 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 4-3 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>

##### **4.5.1.2 Carico neve**

Il fabbricato sito a Codigoro (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>**

##### **4.5.1.3 Analisi dei carichi solai**

L'analisi dei carichi utilizzata per le verifiche è riportata in seguito. Data la perfetta corrispondenza del progetto delle due diverse tipologie di edificio anche al livello di solaio si considera la medesima analisi dei carichi per entrambe le tipologie di struttura.



**SOLAIO INTERPIANO – LATEROCEMENTO**

Intonaco	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=0.5 cm	0.10	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in laterocemento			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 laterocemento			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 RASATO**

Solaio laterocemento			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>

**BALCONE REALIZZATO SU TRAVI IN SPESSORE**

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>

#### 4.5.1.4 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. 24 cm	18 kN/m <sup>3</sup>	sp.=24 cm	3.60	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>3.96 kN/m<sup>2</sup></b>

Altezza interpiano

h=2.70 m

**Carico lineare tamponatura****10.69 kN/m****4.6 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:

$$S_S = 1.800 \quad C_C = 2.160$$

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 2,623;
- $T_C$  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 6.

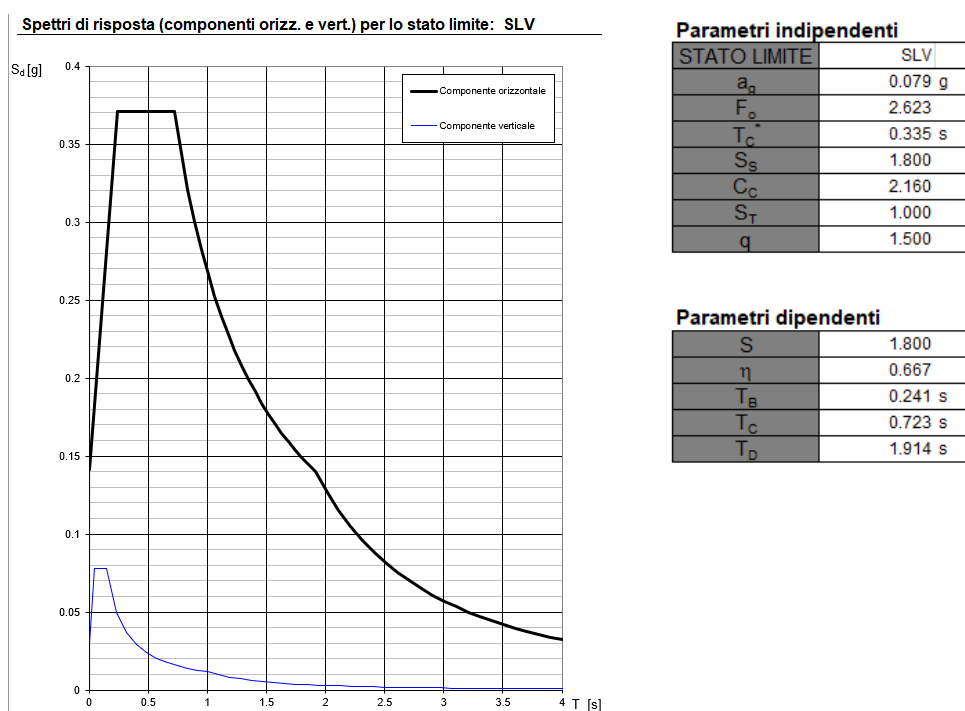


Figura 6 Spettro elastico SLV -  $q=1$

#### 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 non è simmetrica rispetto alle due direzioni principali. Inoltre 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.

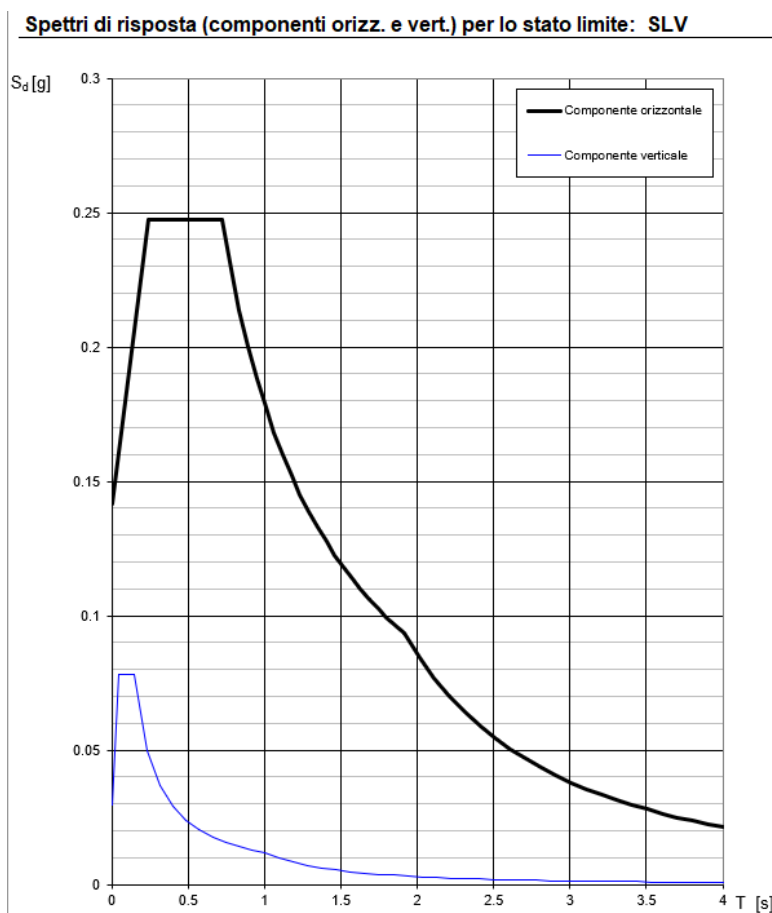


Figura 7 – Spettro di risposta di progetto – Componente orizzontale con  $q=1,5$

#### 4.7 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 4-4 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>

#### 4.8 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.

#### 4.9 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 sopportabile 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.

#### 4.10 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 MidasGen 2022.







**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 21 di 149

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. 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 EDIFICIO TIPO E

Essendo tale analisi propedeutica alla valutazione del miglioramento sismico del fabbricato, nei paragrafi seguenti si sintetizzano i risultati delle analisi condotte e successivamente delle verifiche condotte sul fabbricato in esame, per azioni sismiche ossia:

- **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 di spessore pari a 4 cm 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.

Il modello di calcolo è quello illustrato in Figura 1.

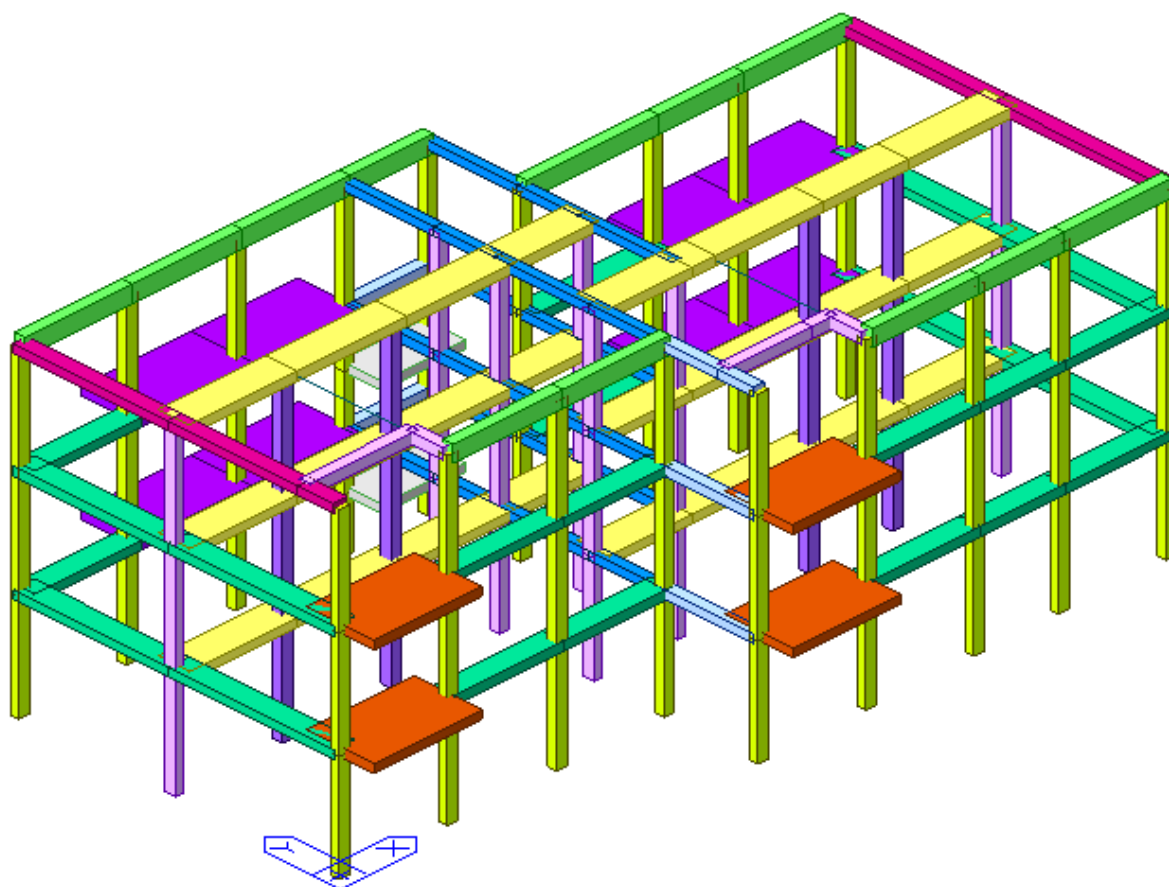


Figura 1: Modello globale 3D



### 5.1.1 Modellazione dei carichi

#### 5.1.1.1 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.

#### 5.1.1.2 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 2).

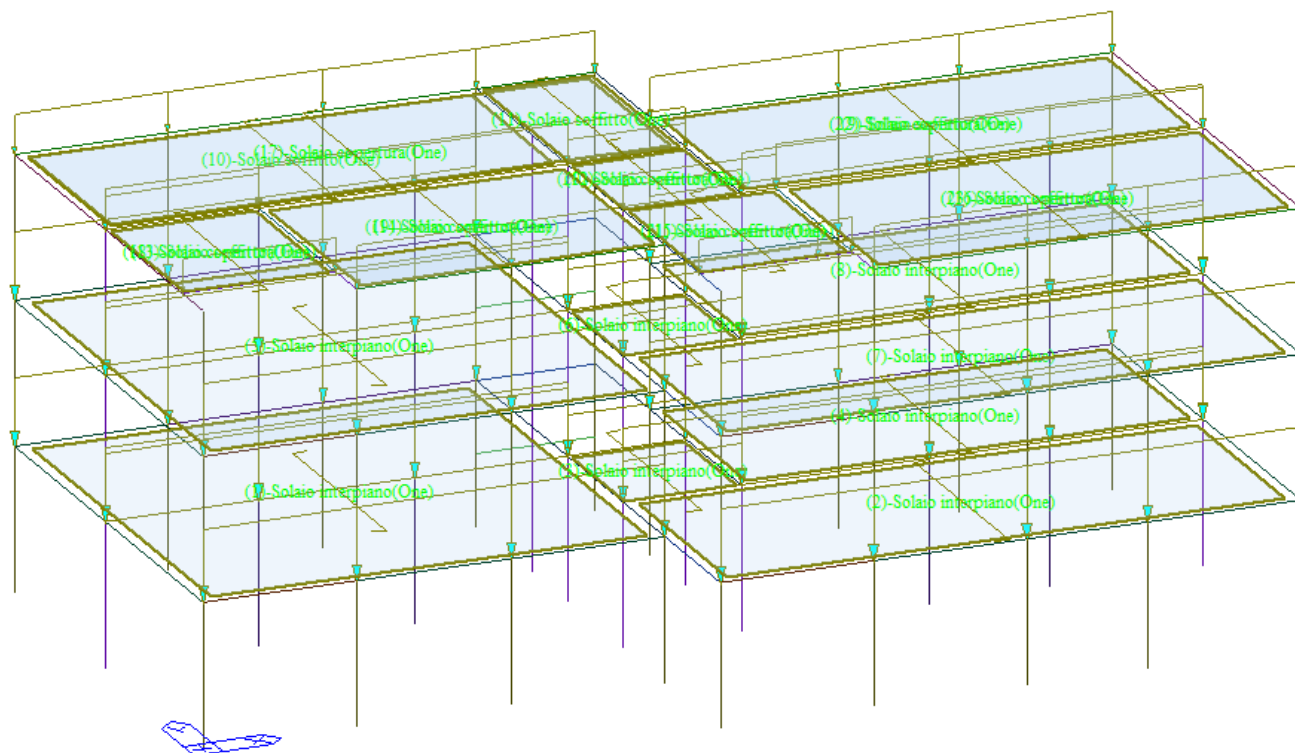
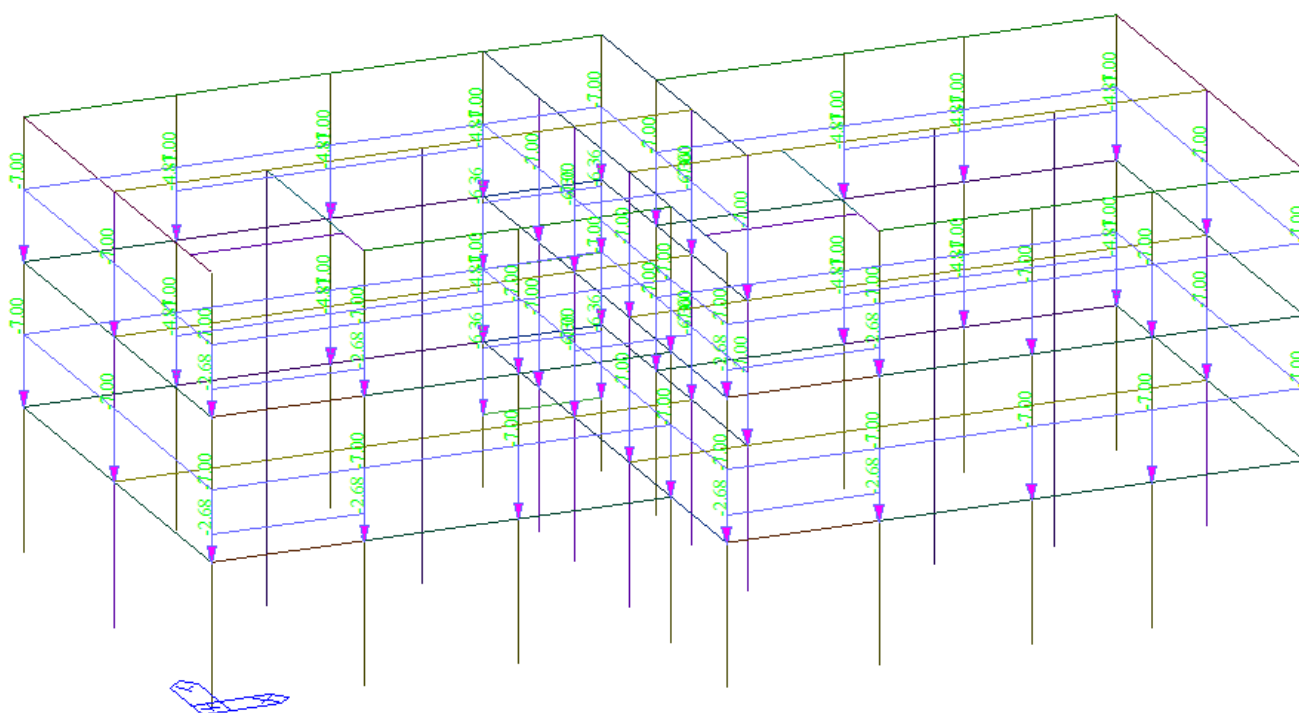


Figura 2 Carichi permanenti solai

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 3). Inoltre sono stati applicati i carichi derivanti dai balconi sulle travi di riva a cui afferiscono.



*Figura 3 Carico tamponatura*

#### *5.1.1.3 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.



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 25 di 149

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 Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

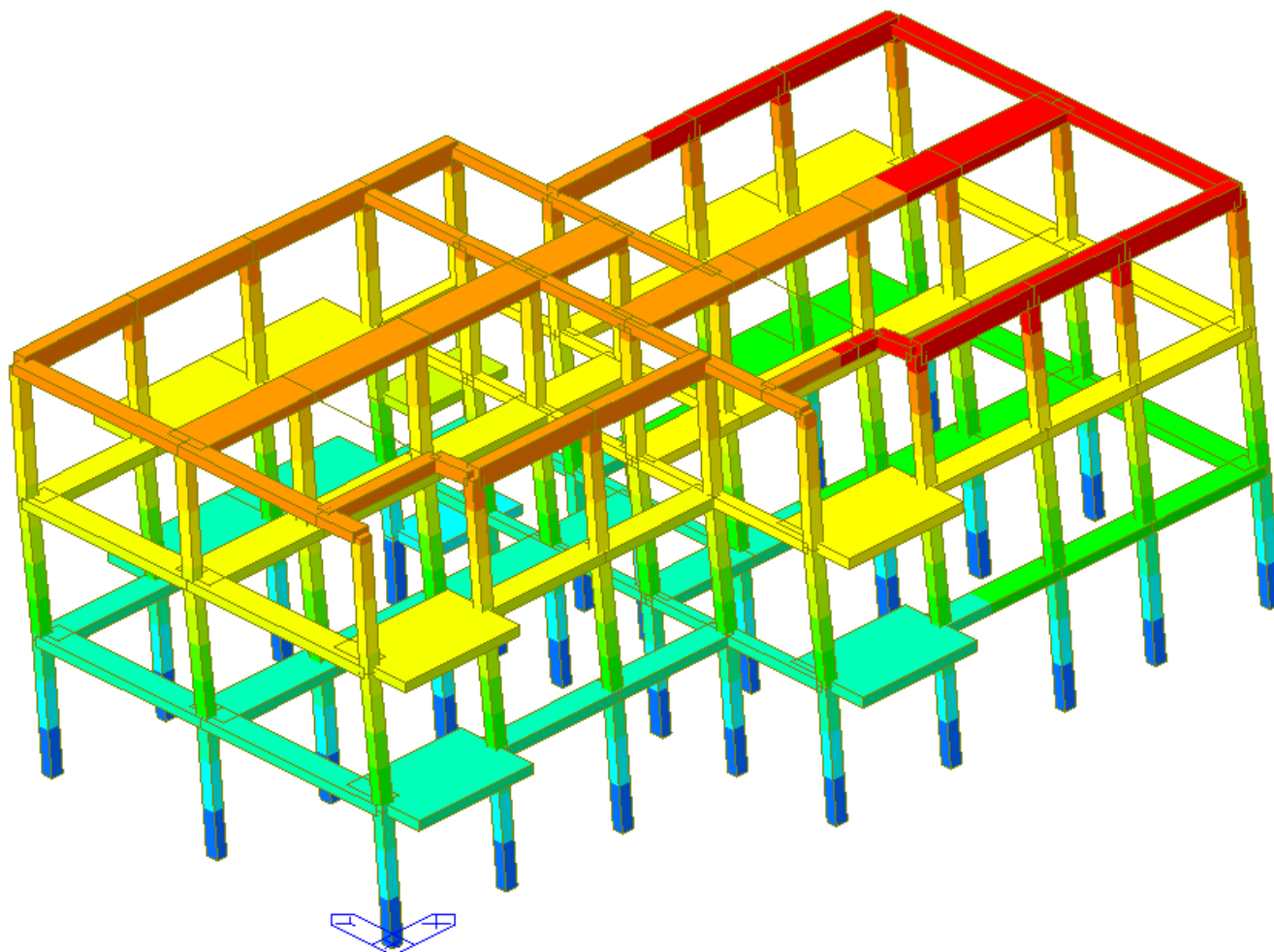
Pag 26 di 149

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
1	8.1952	1.3043	0.7667	0.0000e+00								
2	10.3954	1.6545	0.6044	0.0000e+00								
3	13.0672	2.0797	0.4808	0.0000e+00								
4	25.3003	4.0267	0.2483	4.3829e-164								
5	27.3815	4.3579	0.2295	1.7345e-157								
6	30.2238	4.8103	0.2079	1.0560e-148								
7	34.5970	5.5063	0.1816	8.2190e-136								
8	35.8036	5.6983	0.1755	5.5670e-132								
9	36.0438	5.7366	0.1743	7.7206e-132								
10	38.7966	6.1747	0.1620	1.1840e-126								
11	40.6324	6.4669	0.1546	4.1725e-123								
12	42.1279	6.7049	0.1491	2.8997e-120								
13	45.0444	7.1690	0.1395	3.1179e-115								
14	46.3951	7.3840	0.1354	1.8349e-113								
15	48.4346	7.7086	0.1297	8.4747e-111								
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	0.0003	0.0003	83.0173	83.0173	0.0034	0.0034	0.0344	0.0344	0.0000	0.0000	0.0693	0.0693
2	1.6045	1.6048	0.1779	83.1951	0.0000	0.0034	0.0003	0.0347	0.0000	0.0000	51.5246	51.5939
3	87.0782	88.6830	0.0059	83.2011	0.0000	0.0034	0.0001	0.0348	0.0000	0.0000	0.9359	52.5298
4	0.0001	88.6831	10.3750	93.5761	0.0063	0.0098	0.0065	0.0414	0.0000	0.0000	2.5826	55.1124
5	0.0007	88.6838	1.1550	94.7311	0.0012	0.0110	0.0013	0.0427	0.0000	0.0000	31.3765	86.4889
6	0.0095	88.6933	0.6774	95.4085	0.0000	0.0110	0.0087	0.0514	0.0000	0.0000	3.4296	89.9185
7	0.0401	88.7334	0.0497	95.4583	0.0000	0.0110	0.0089	0.0602	0.0000	0.0000	0.3218	90.2403
8	1.2975	90.0309	0.3938	95.8521	0.0008	0.0119	0.0042	0.0645	0.0001	0.0001	0.1908	90.4311
9	5.7252	95.7561	0.0593	95.9114	0.0001	0.0120	0.0002	0.0647	0.0002	0.0003	0.2313	90.6624
10	0.4856	96.2416	0.0108	95.9222	0.0000	0.0120	0.0001	0.0648	0.0000	0.0003	1.4055	92.0679
11	0.1306	96.3722	0.0954	96.0176	0.0024	0.0145	0.0047	0.0695	0.0000	0.0003	5.3344	97.4023
12	0.8472	97.2194	0.0439	96.0615	0.0004	0.0149	0.0030	0.0725	0.0000	0.0003	0.6703	98.0726
13	0.9116	98.1310	0.5391	96.6006	0.0003	0.0151	0.0005	0.0730	0.0000	0.0004	0.1976	98.2701
14	0.0739	98.2049	3.0939	99.6945	0.0019	0.0170	0.0420	0.1150	0.0000	0.0004	0.0044	98.2746
15	0.1428	98.3476	0.0005	99.6950	0.0000	0.0171	0.0014	0.1164	0.0000	0.0004	0.0233	98.2978

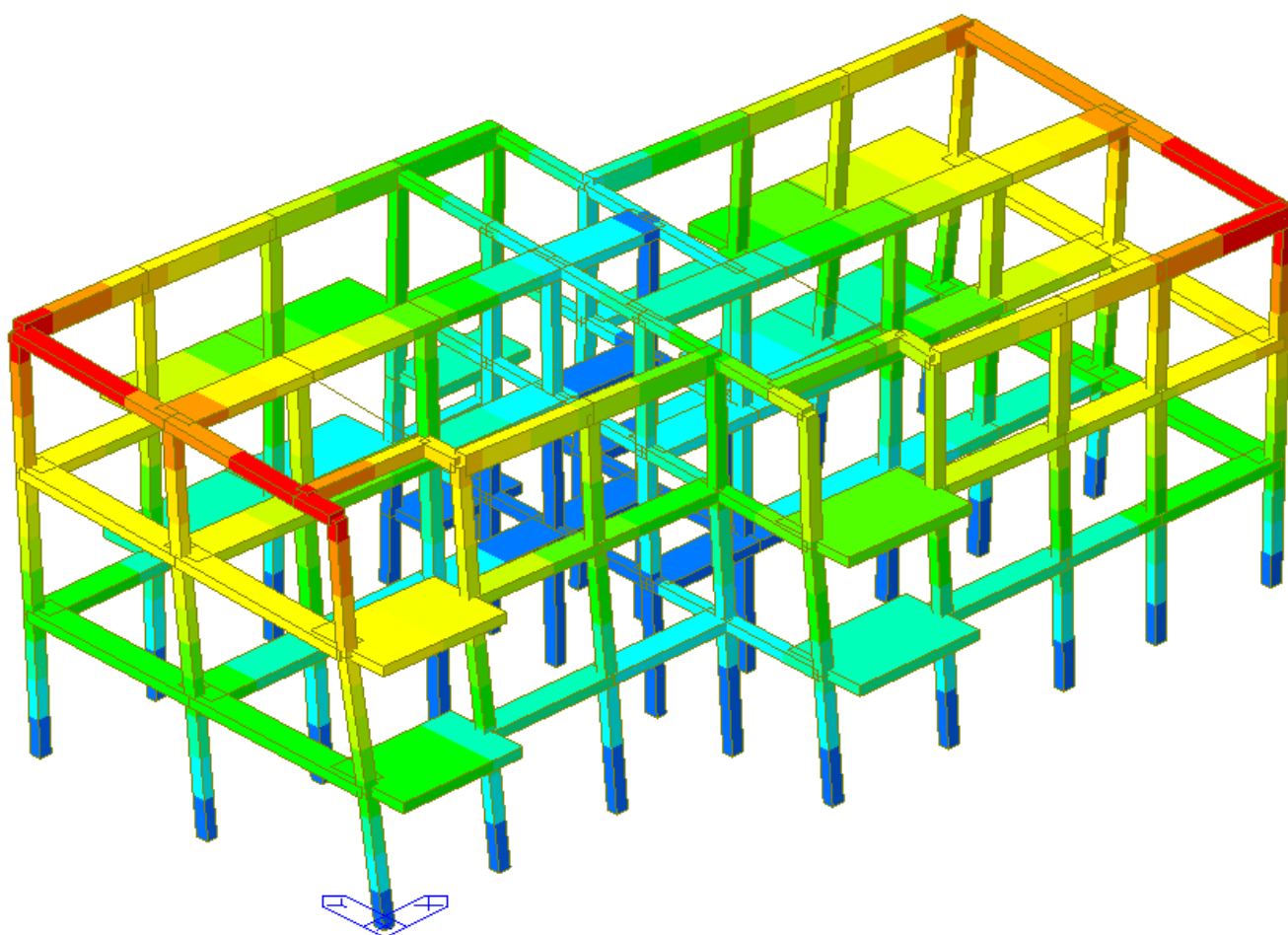
Figura 4: Risultati analisi modale

Si osserva come, in direzione x, la struttura presenta 1 modo principale (modo 3) puramente traslazionale di periodo pari a 0,4808 s. In direzione y, la struttura presenta 1 modo principale (modo 1) puramente traslazionale di periodo pari a 0,7667 s. È inoltre presente un modo puramente torsionale (modo 2) con periodo pari a 0,6044 s.

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



*Figura 5: Modo 1 traslazionale in direzione y*



*Figura 6: Modo 2 torsionale*

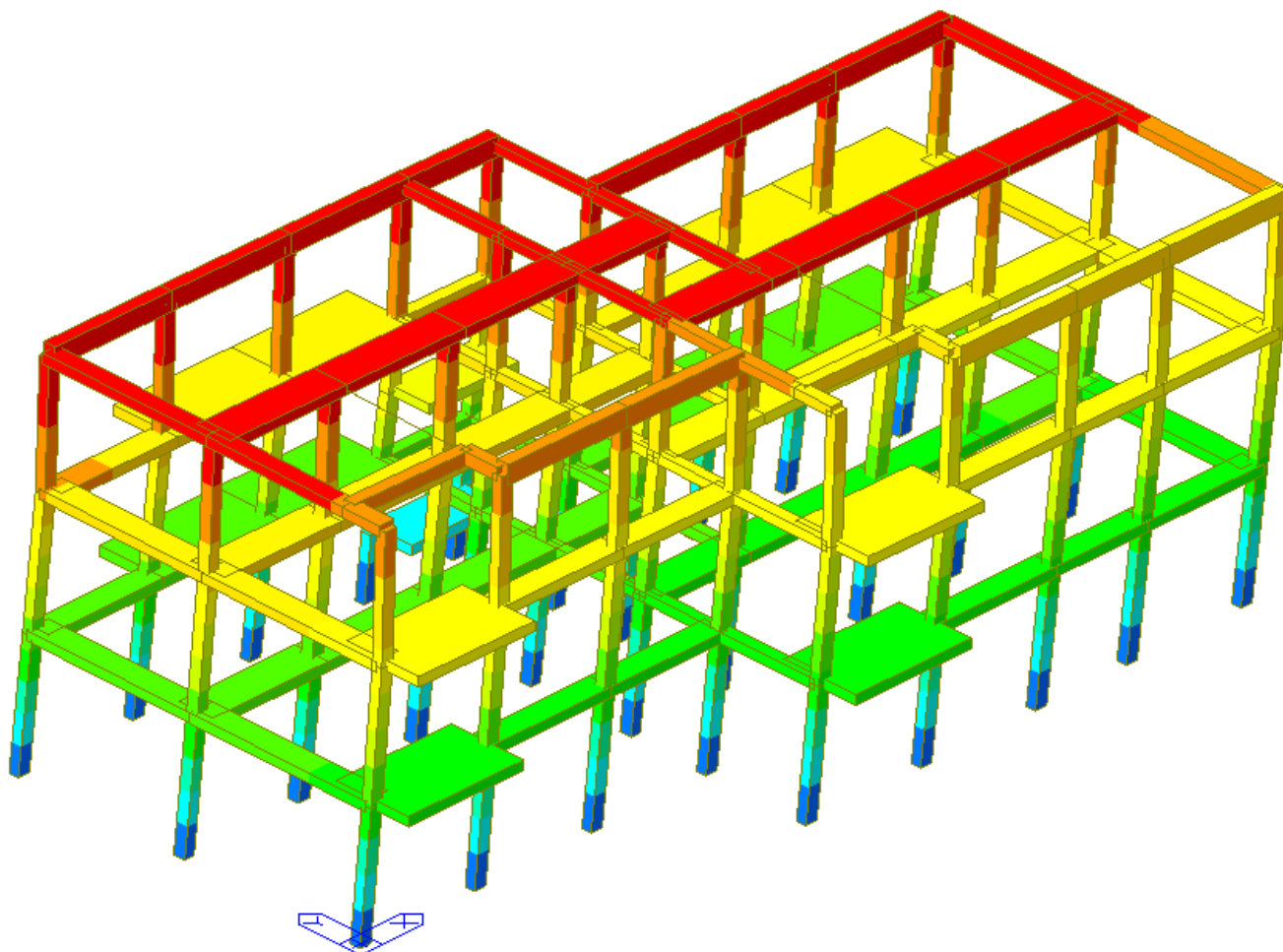


Figura 7: Modo 3 traslazionale in direzione x

#### 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)	1333.567247	11.017654	0.263182			
SLV Y(R)	13.817065	1214.877684	4.668212			

Figura 8: Reazioni vincolari e relativo tagliante sismico in direzione X e Y

Ai modi traslazionali principali in X (periodo 0,4808 sec) ed in Y (periodo 0,7667 sec) corrispondono rispettivamente valori dell'accelerazione uguali ed inferiori al tratto di *plateau* dello spettro di risposta  $q=1,5$ .

$$S_d(X) = 0,247 \text{ g}$$

$$S_d(Y) = 0,230 \text{ g}$$



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

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

In cui:

- $S_a(T)$  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	-36.000	-1536.163	0.000	-1816.305	-3388.468
G2	0.000	-1323.814	-1241.924	0.000	0.000	-2565.738
Qres	0.000	0.000	-761.603	0.000	0.000	-761.603
Qbalc	0.000	-319.520	0.000	0.000	0.000	-319.520
SUMMATION OF TOTAL LOAD PRINTOUT						
	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
	0.000	-1679.334	-3539.690	0.000	-1816.305	-7035.329

In combinazione sismica si hanno i seguenti carichi

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

$$G_{1,E} = 3388.47 \text{ kN}$$

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

$$G_{2,E} = 2565.74 \text{ kN}$$

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

$$Q_{res,E} = 0.3 \cdot Q_{res} = 0.3 \cdot 761.60 = 228.48 \text{ kN}$$

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

$$Q_{balc,E} = 0.3 \cdot Q_{balc} = 0.3 \cdot 319.52 = 95.86 \text{ kN}$$

**TOT Comb. SLV** → 3388.47+2565.74+228.48+95.86 = **6278.55 kN**

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

$$F_X = \frac{0,247 \text{ g} \cdot 6278.55 \text{ kN}}{g} = 1550.80 \text{ kN}$$

$$F_Y = \frac{0,230 \text{ g} \cdot 6278.55 \text{ kN}}{g} = 1444.07 \text{ kN}$$

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% si ha:

$$F_X = 0.87 \cdot 1550.80 = 1349.20 \text{ kN}$$

$$F_Y = 0.83 \cdot 1444.07 = 1198.58 \text{ kN}$$

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

$$F_{X,fem} = 1333.57 \text{ kN}$$

$$F_{Y,fem} = 1214.88 \text{ kN}$$

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

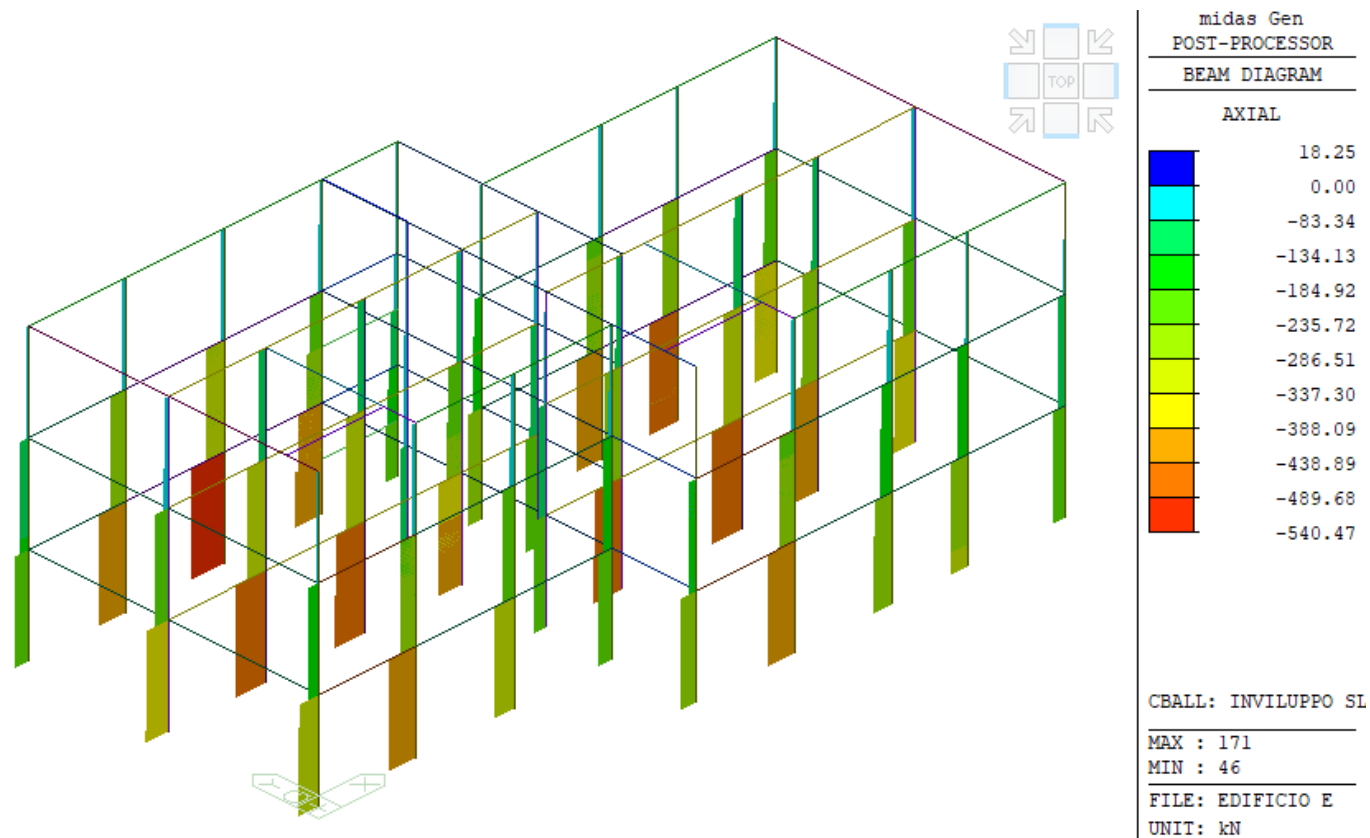


Figura 5-9: Diagramma di involucro dello Sforzo Normale N allo SLU

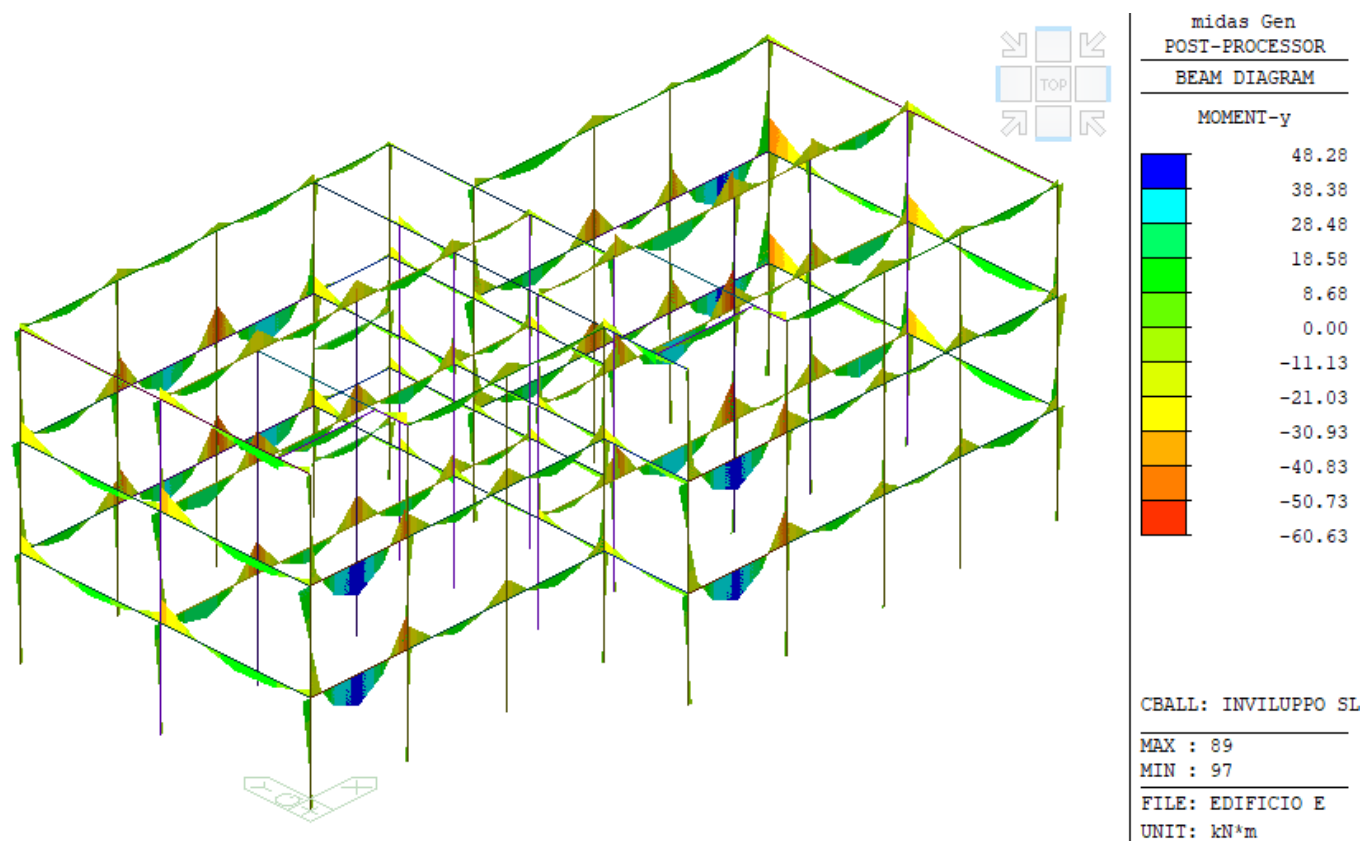
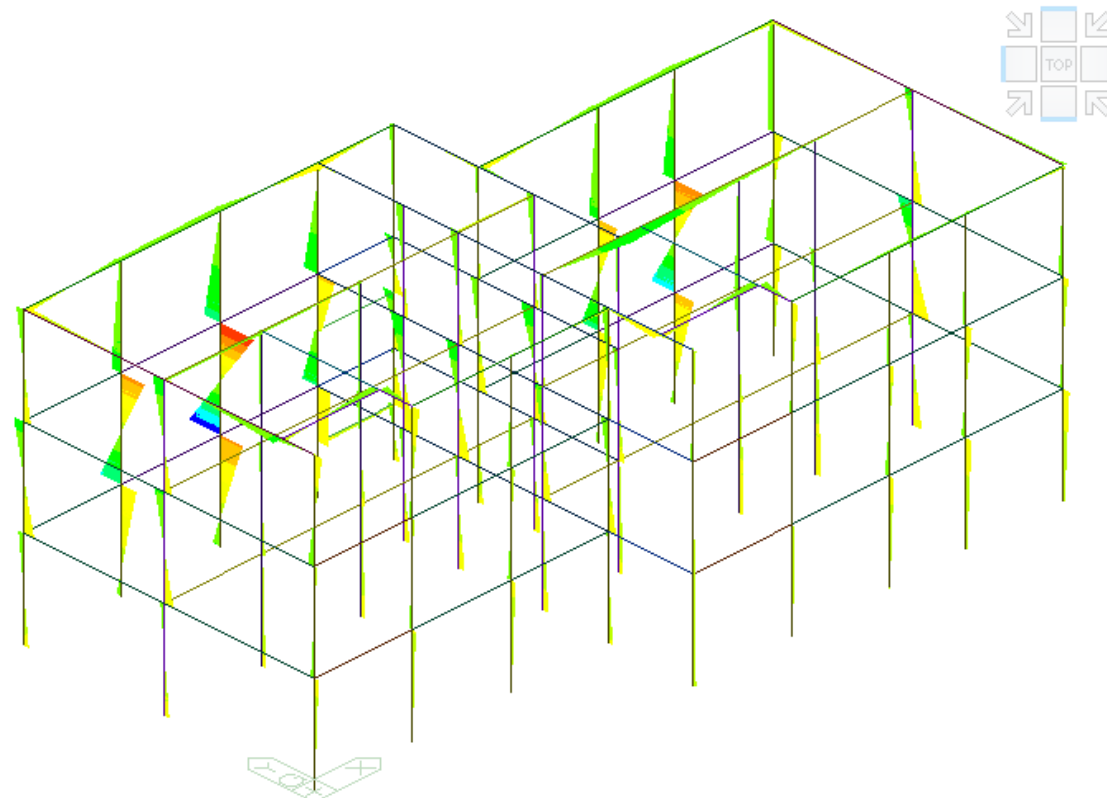


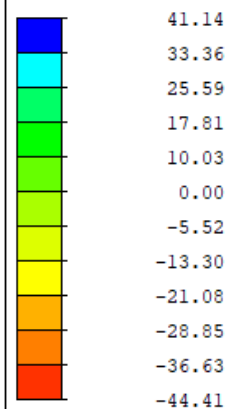
Figura 5-10: Diagrammi di involucro del Momento Flettente y allo SLU



midas Gen  
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

MOMENT-z



CBALL: INVILUPPO SL

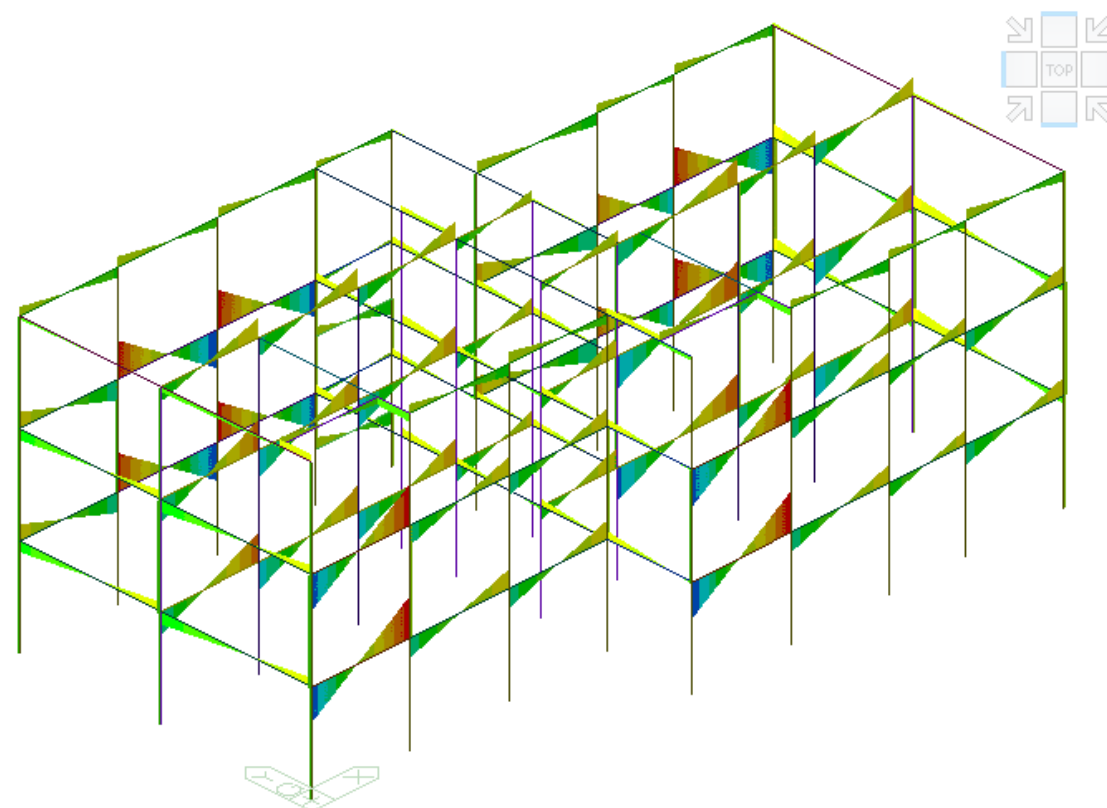
MAX : 62

MIN : 62

FILE: EDIFICIO E

UNIT: kN\*m

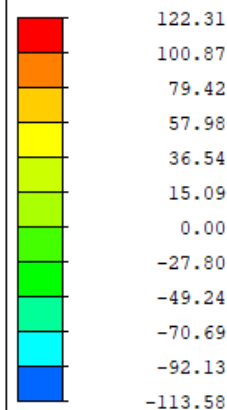
Figura 5-11: Diagrammi di involucro del Momento Flettente z allo SLU



midas Gen  
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

SHEAR-z



CBALL: INVILUPPO SL

MAX : 88

MIN : 153

FILE: EDIFICIO E

UNIT: kN

Figura 5-12: Diagramma di involucro del Taglio z allo SLU

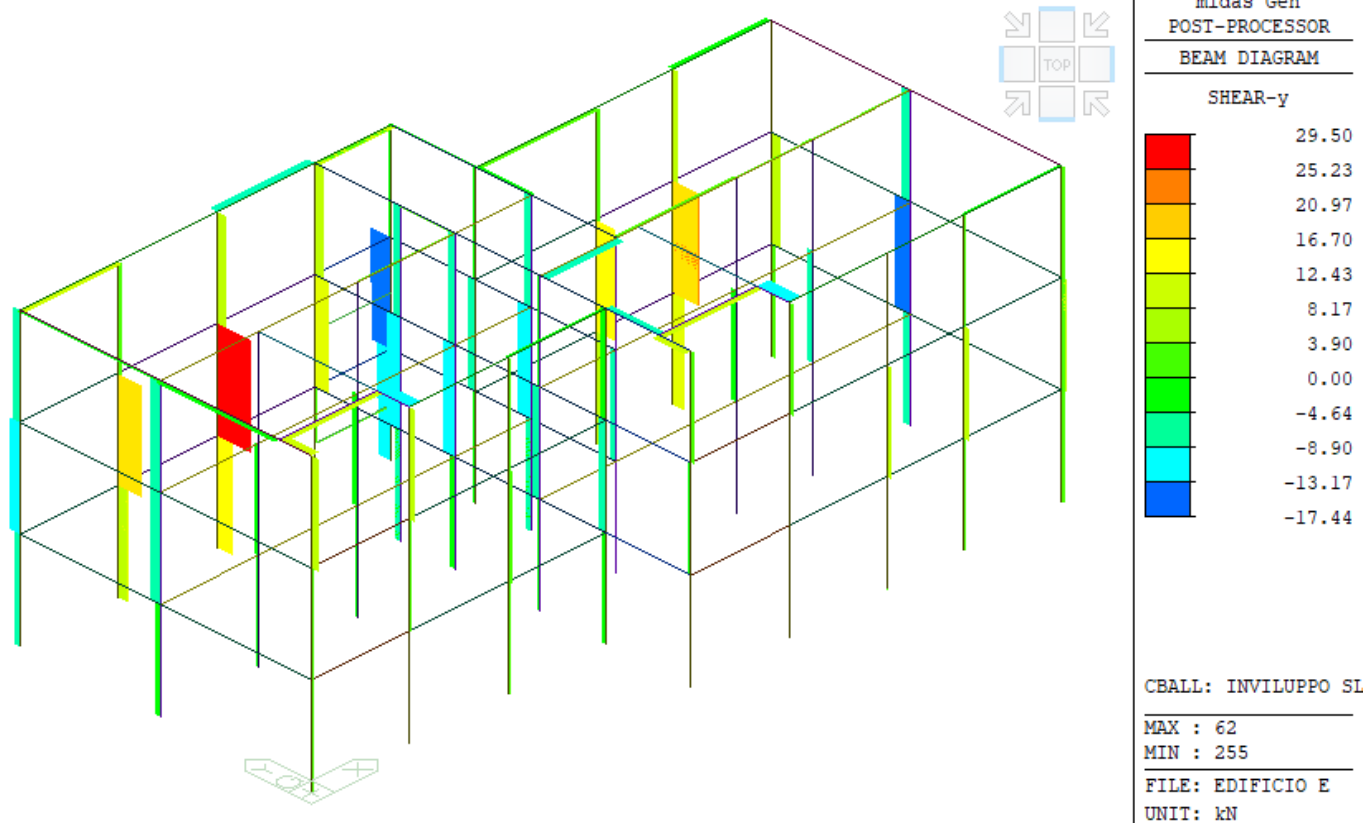


Figura 5-13: Diagramma di involucro del Taglio y allo SLU



### 5.5.2 Caratteristiche di sollecitazione allo SLV

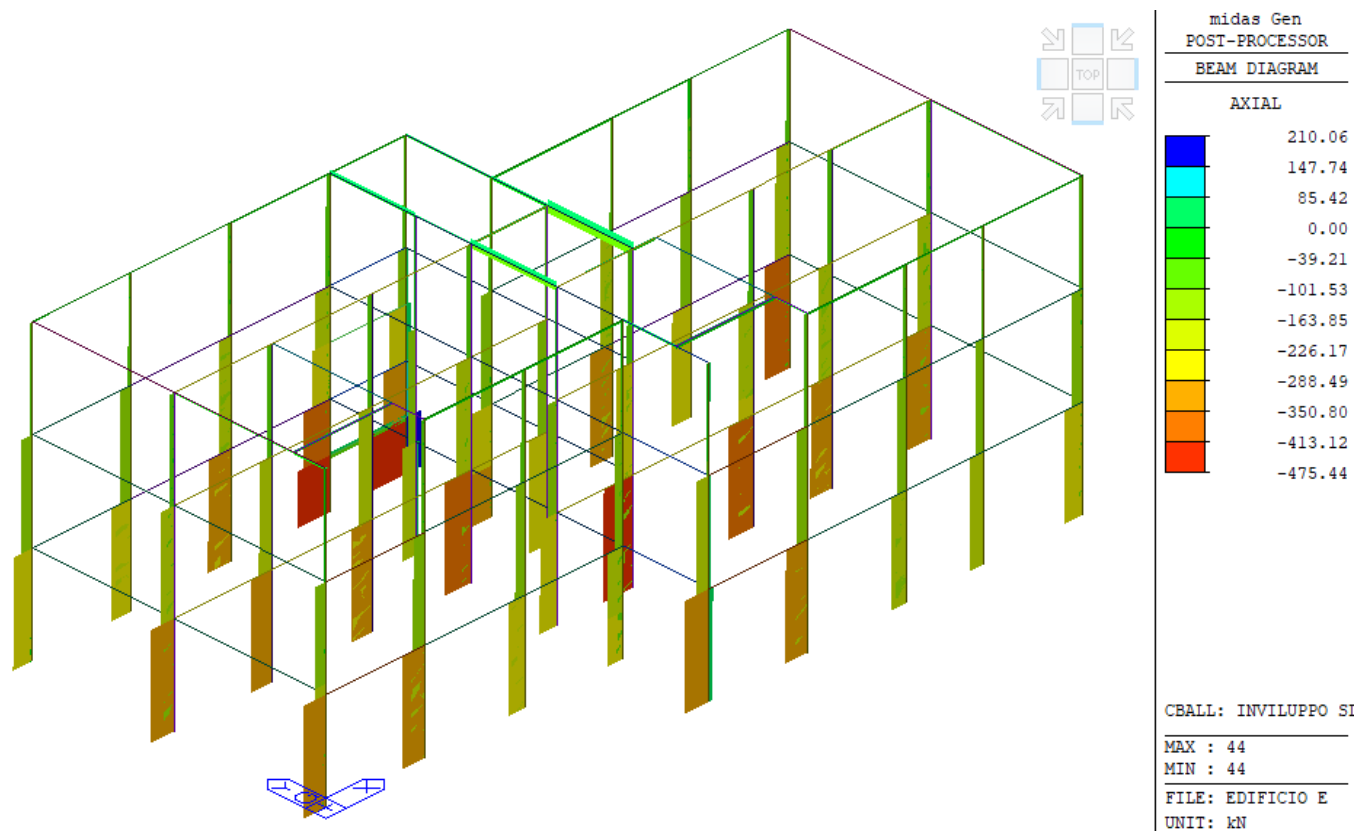


Figura 5-14: Diagramma di involucro dello Sforzo Normale  $N$  allo SLV

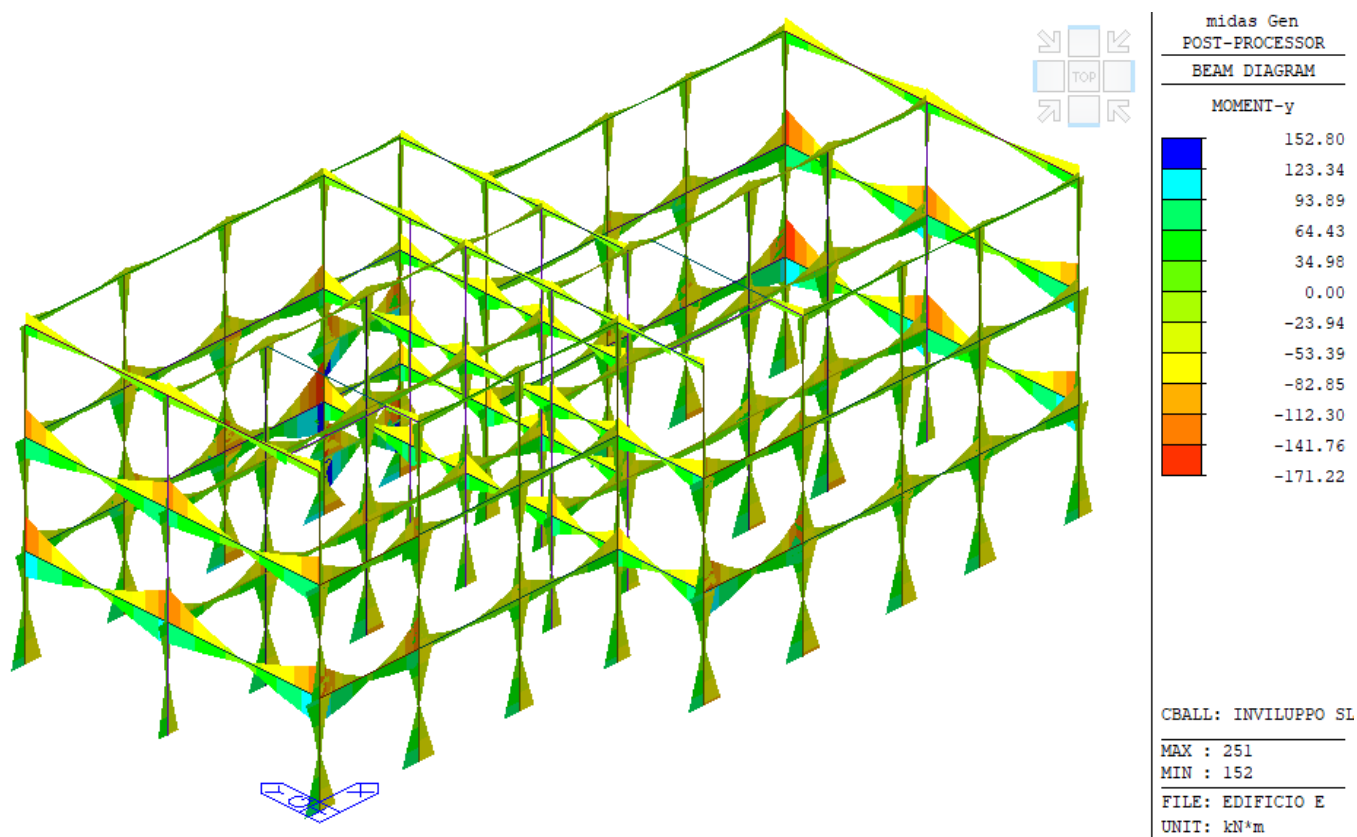


Figura 5-15: Diagrammi di involucro del Momento Flettente  $y$  allo SLV



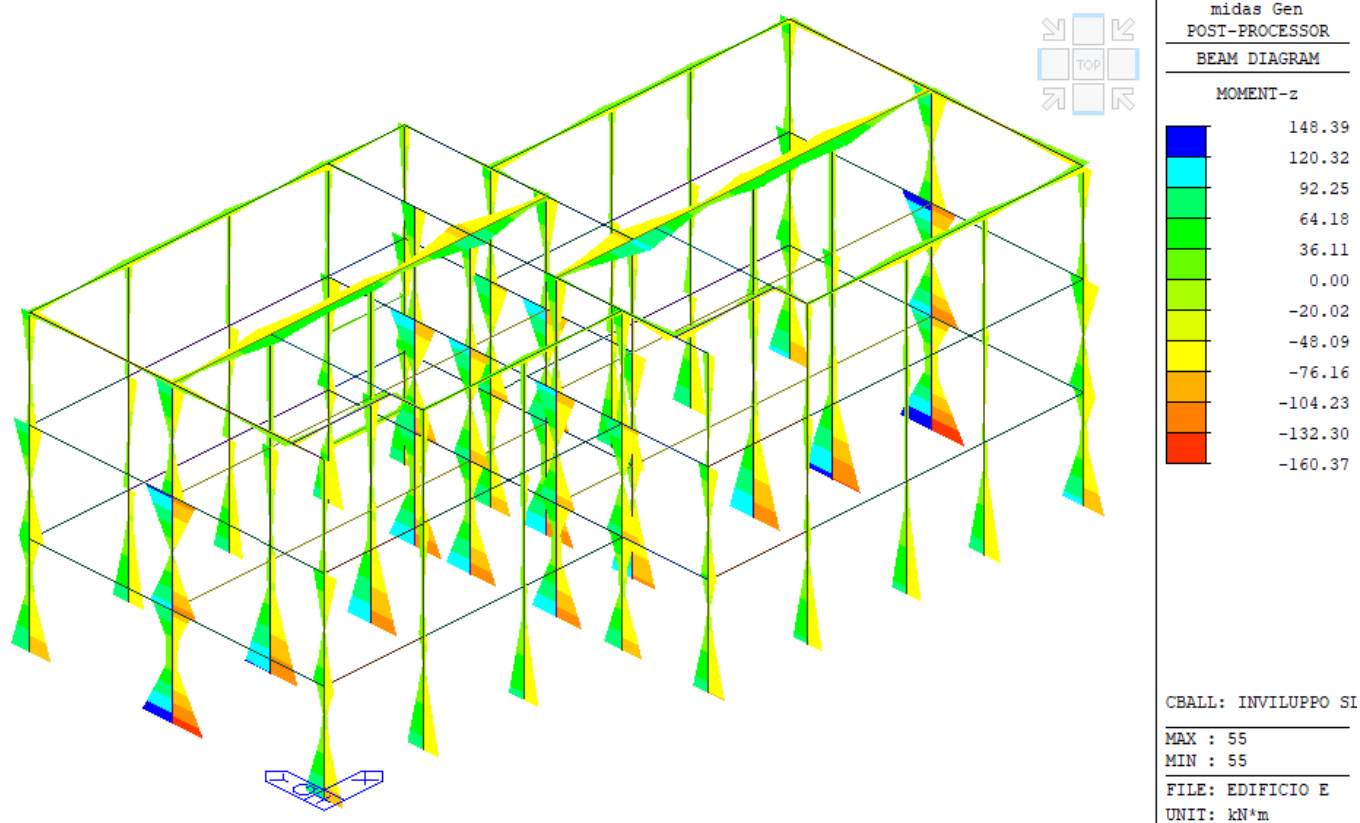


Figura 5-16: Diagrammi di involucro del Momento Flettente z allo SLV

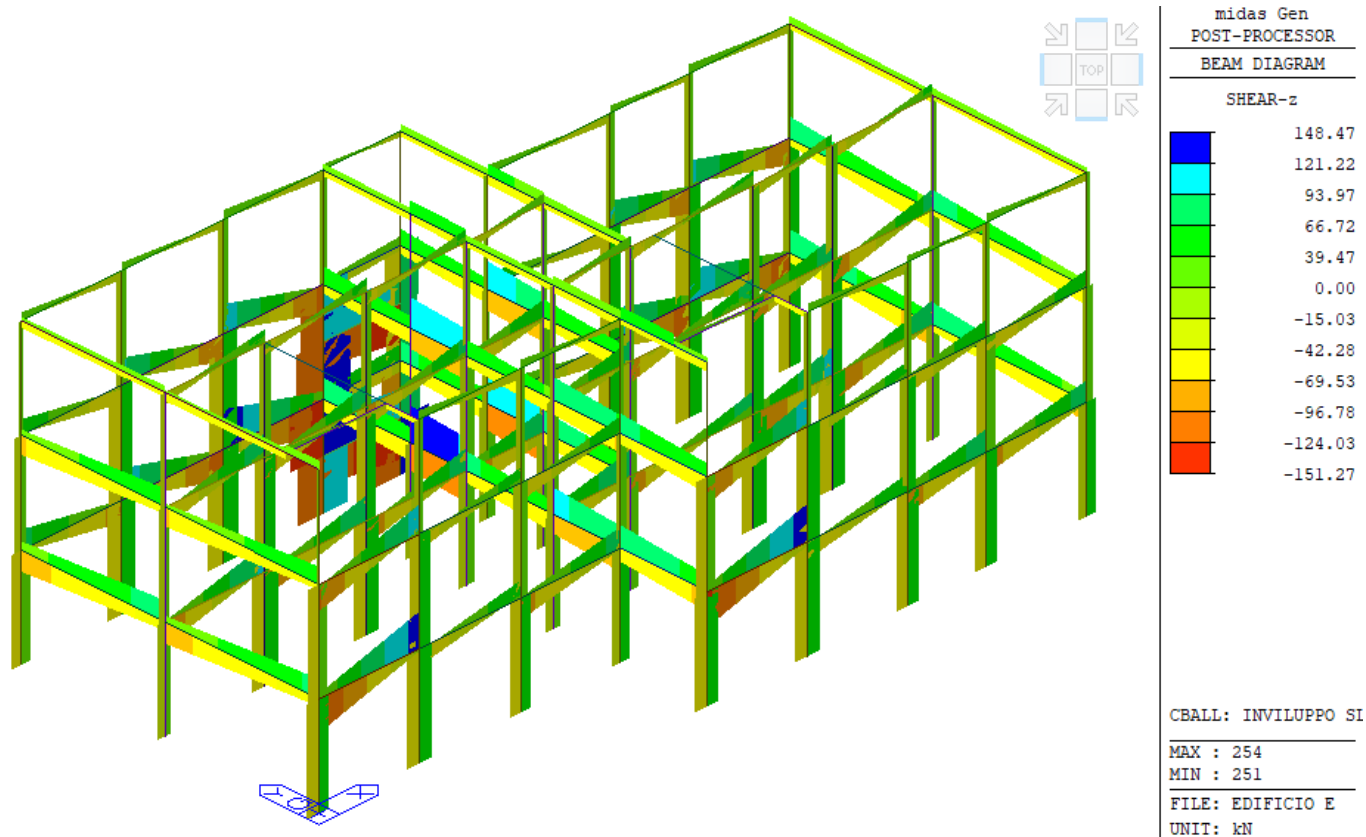


Figura 5-17: Diagramma di involucro del Taglio z allo SLV

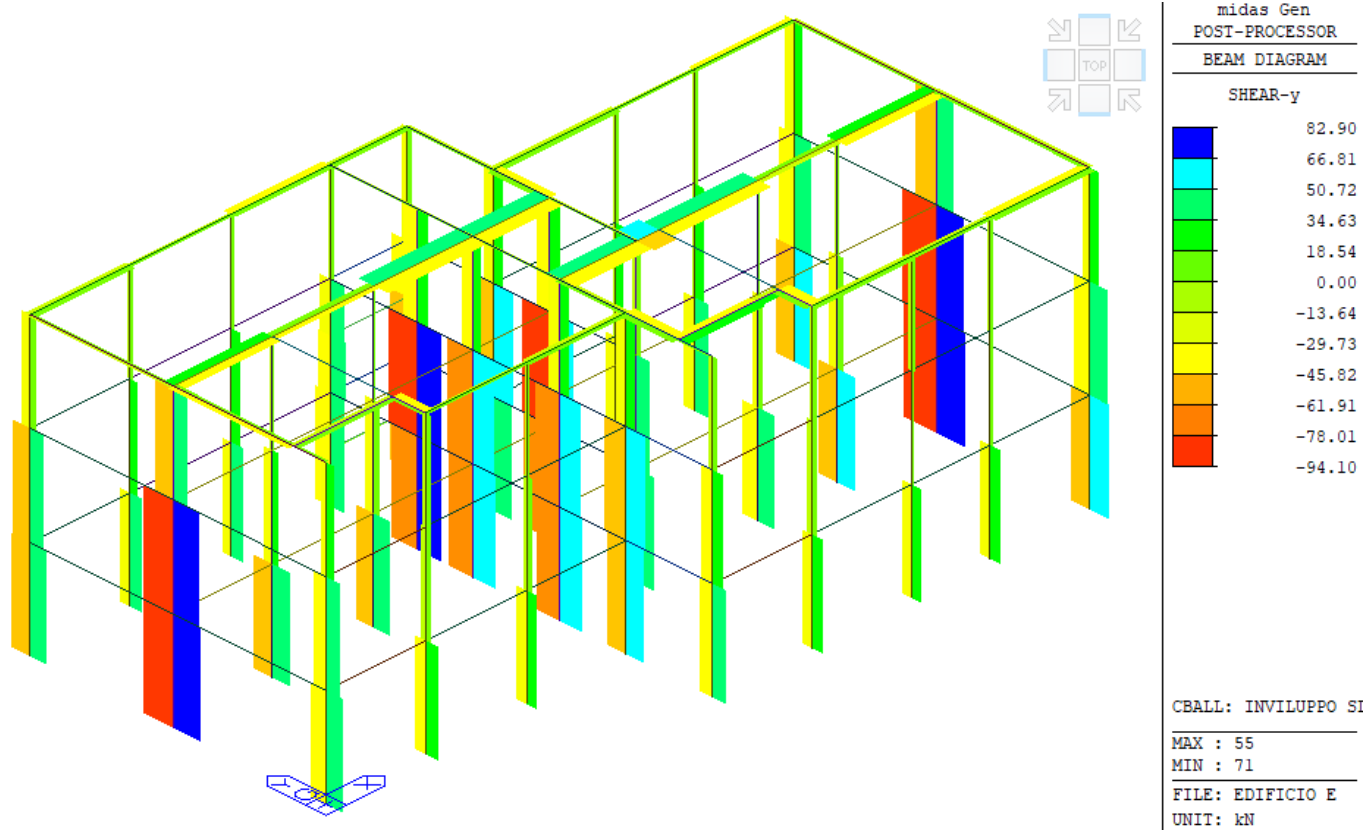


Figura 5-18: Diagramma di involucro del Taglio y allo SLV



### 5.5.3 Deformata strutturale allo SLV

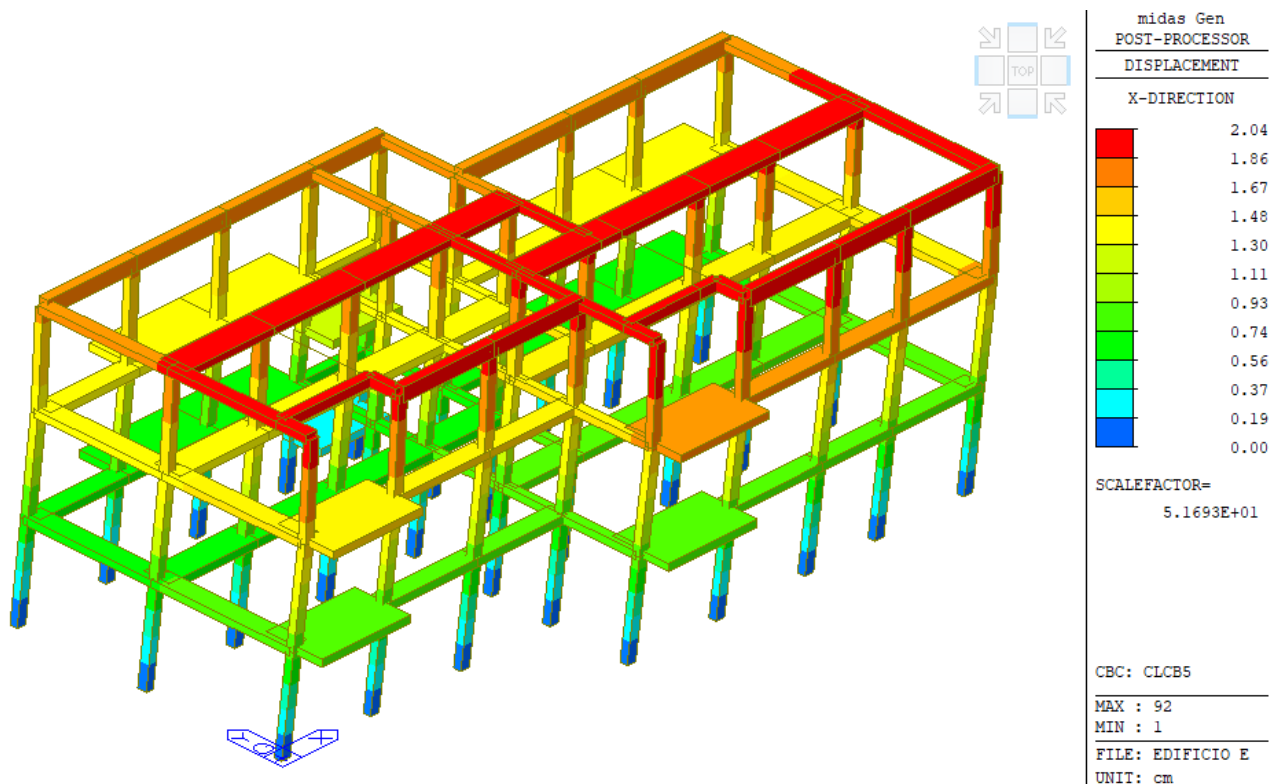


Figura 5-19: Deformata per sisma dominante in direzione X

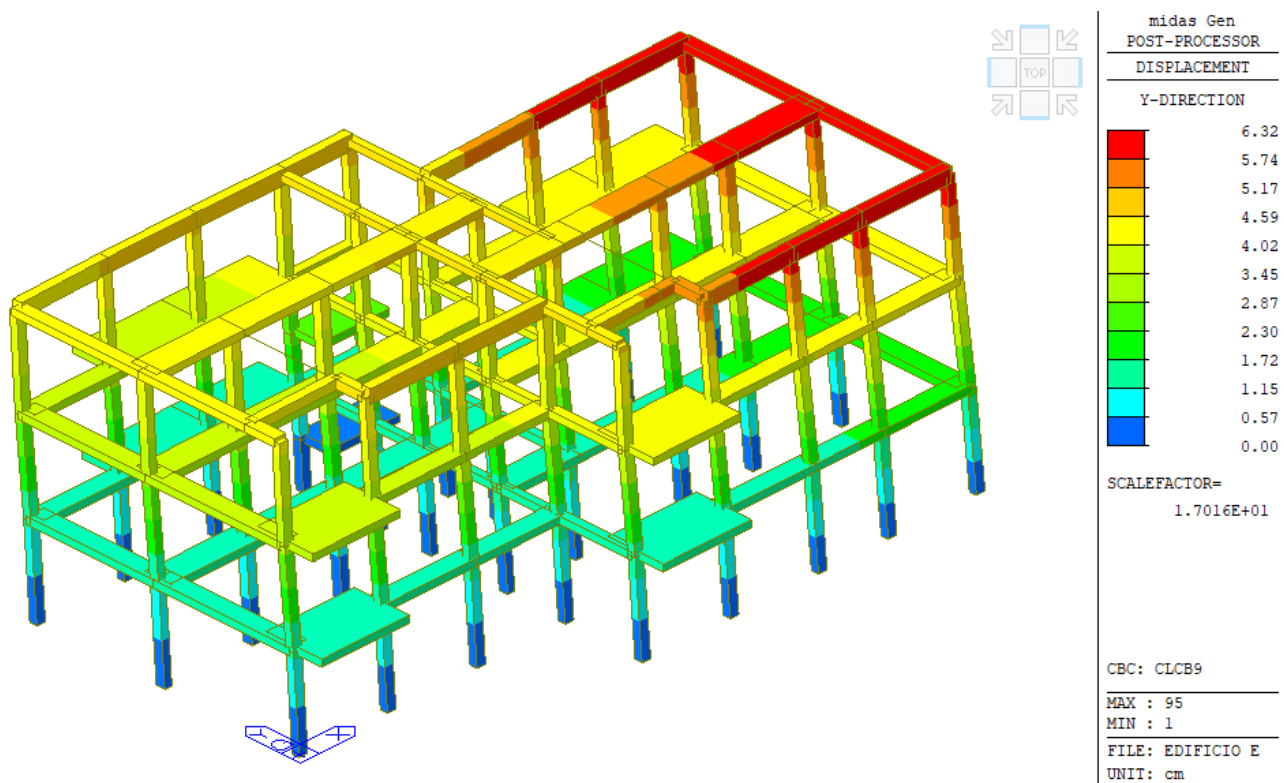


Figura 5-20: Deformata per sisma dominante in direzione Y



## 5.6 Verifiche elementi strutturali allo SLU

Nel presente capitolo si riportano le verifiche allo SLU per soli carichi verticali. In particolare, per brevità di rappresentazione si riporta di seguito la verifica allo SLU dell'elemento strutturale a cui è associato il livello di sicurezza più basso. I criteri di verifica per gli elementi strutturali sono riportati di seguito.

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 ad inclinazione variabile. 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 considerando un'inclinazione del puntone che conduce ad una rottura equilibrata e variabile tra  $21,8^\circ$  e  $45^\circ$ .

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 considerando un'inclinazione del puntone che conduce ad una rottura equilibrata e variabile tra  $21,8^\circ$  e  $45^\circ$ . Inoltre per carichi statici le armature longitudinali sagomate contribuiscono al meccanismo di resistenza a taglio, pertanto, si computa tale contributo.

In particolare, si fa riferimento, per carichi statici alla verifica della sezione di mezzeria per momento flettente positivo e della sezione a filo del pilastro a momento flettente negativo e taglio.



### 5.6.1 Verifica travi 90x23 cm

Di seguito si riportano le sollecitazioni allo SLU delle travi 90x23 a cui è associato il livello di sicurezza minore.

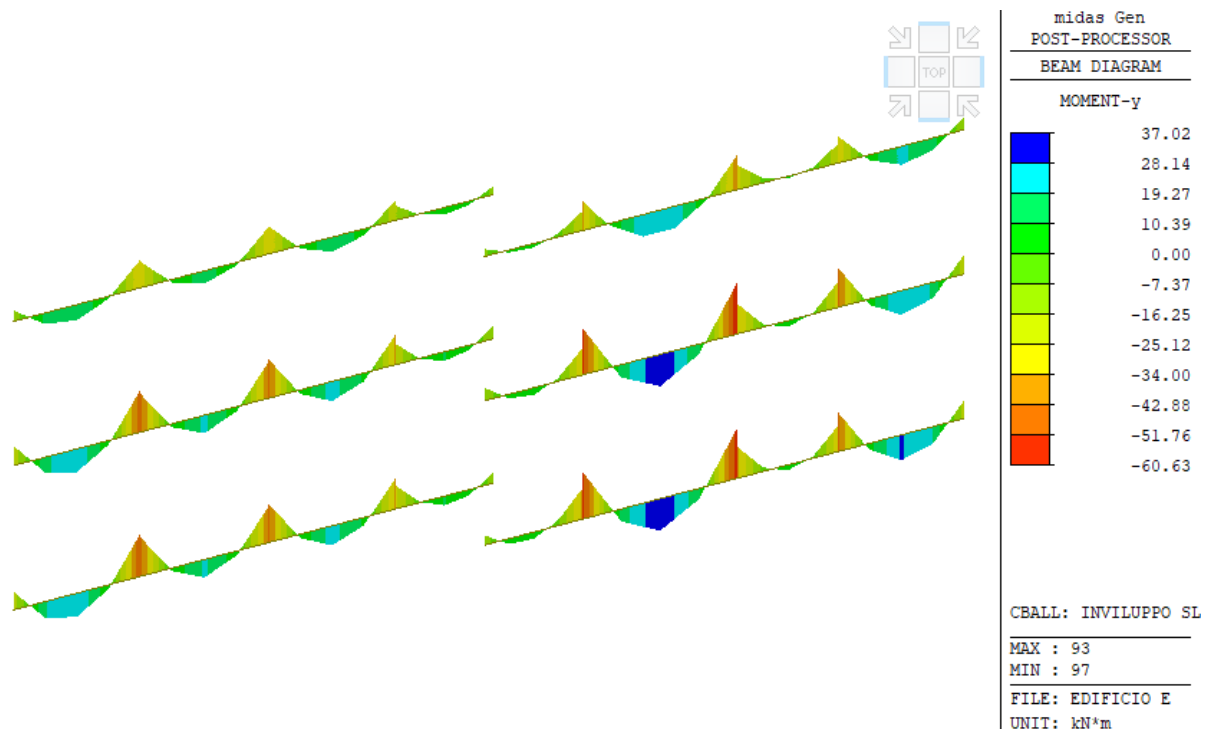


Figura 21: Sollecitazioni di momento flettente  $M_y$  per le travi 90x23 – SLU

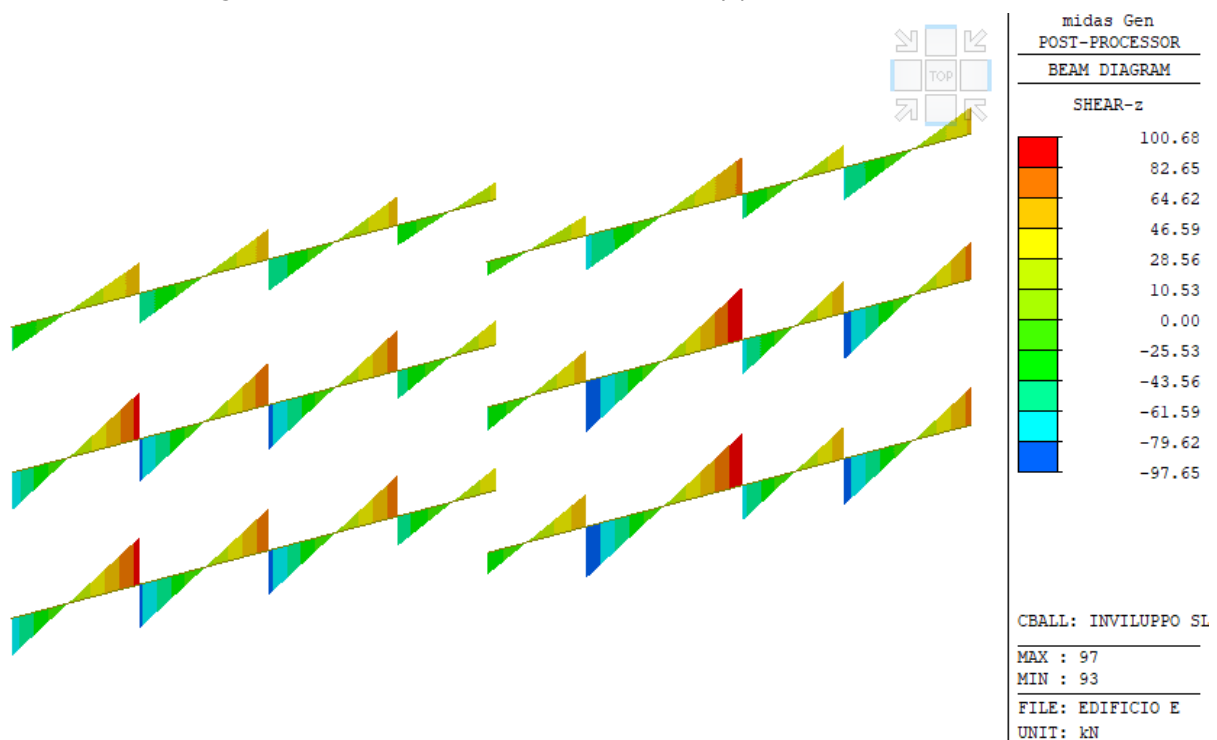


Figura 22: Sollecitazioni di taglio  $F_z$  per le travi 90x23 – SLU

Si riporta inoltre, per la trave maggiormente sollecitata in appoggio il calcolo delle sollecitazioni di calcolo.

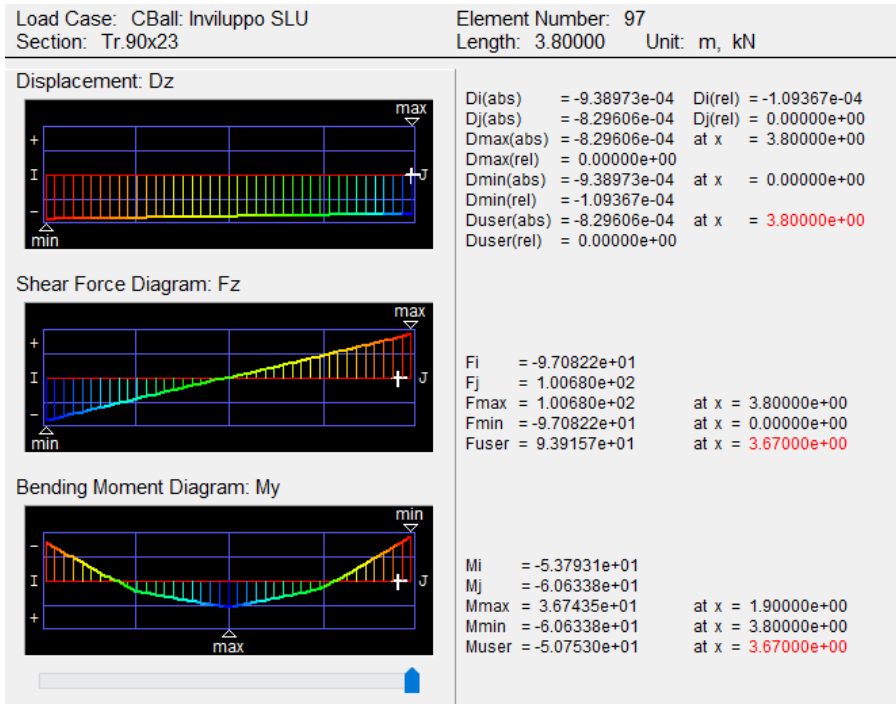


**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 41 di 149



### Verifica a flessione positiva in mezzeria

Titolo :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	90	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.60	20.5
2	3.14	2.5

Tipologia Sezione  
☒ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.  
☐ DXF

File

Collecitazioni  
S.L.U. Metodo n

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

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> 416.6 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 16.74  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 2.083 ‰ 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> 61.47 kN m  
σ<sub>c</sub> -16.74 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 416.6 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 24.59 ‰  
d 20.5 cm  
x 2.554 x/d 0.1246  
δ 0.7

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

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

Figura 23: Verifica a flessione positiva trave 90x23 SLU

### Verifica a flessione negativa in appoggio





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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	90	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,52	20,5
2	6,22	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  
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>  kNm  
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 24: Verifica a flessione negativa trave 90x23 SLU

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
900	230	25	205

Staffe	φ <sub>w</sub> [mm]	n° bracci	A <sub>sw</sub> [mm²]	s [mm]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	θ [°]	α [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]
	6	2	56.55	200	362.22	21.80	90	47.24
Barre sagomate	φ <sub>w</sub> [mm]	n° barre	A <sub>sw</sub> [mm²]	α [°]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	Sin α [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	
	14	2	307.88	45	362.22	0.707	78.86	
Calcestruzzo	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	α <sub>cw</sub>	v	f <sub>cd</sub> [MPa]	θ [°]	α [°]	V <sub>Rcd</sub> [kN]
	900	205	1.00	0.5	11.16	21.8	90	319.52

VERIFICA			
V <sub>Rcd</sub> (kN)	V <sub>Rsd</sub> (kN)	V <sub>Rd</sub> (kN)	V <sub>ed</sub> (kN)
319.52	126.1	<b>126.1</b>	<b>93.92</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			

Si può osservare che allo SLU per soli carichi verticali, la struttura risulta adeguata. 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, il quale risulta essere l'elemento con il più basso livello di sicurezza:

- $\zeta_{v,flessione} = 1.01$ ;
- $\zeta_{v,taglio} = 1.34$ .

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



### 5.6.2 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 20+4, con travetti di larghezza 8 cm posti ad interasse di 40 cm, ordito lungo il lato corto dell'edificio con luci pari a 4,05 m e 4,35 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.

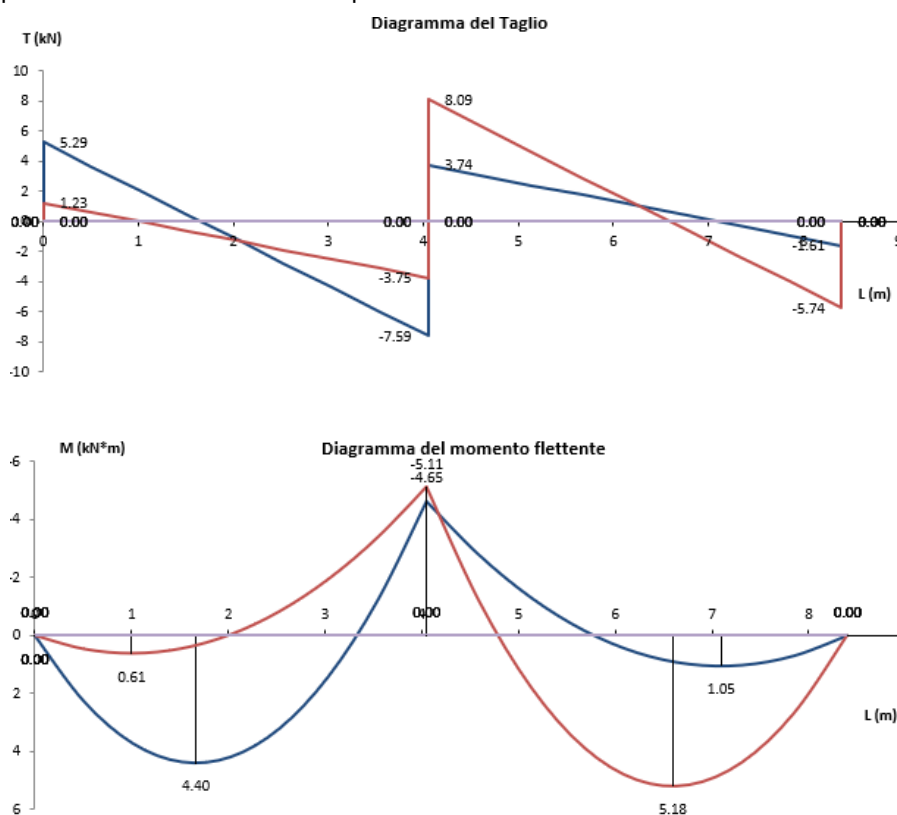


Figura 25: Sollecitazioni su solaio – SLU

Le massime sollecitazioni di flessione e taglio sono pari a  $M_{Ed} = 5.18 \text{ kNm}$  nella mezzeria e  $V_{Ed} = 6.65 \text{ kNm}$  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	8	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	0,57	22,5

**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 acciaio - 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  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

**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

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

Figura 26: Verifica a flessione solaio – SLU

### Verifica a taglio

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
80	240	10	230

k	$\rho_1$	$f_{cd}$ [MPa]	$k_1$	$b_w$ [mm]	d [mm]	$v_{min}$	$V_{Rd}$ [kN]
1.93	0.00307	20.09	0.15	80	230	0.421	7.83

VERIFICA	
$V_{Rd}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)
7.83	6.65

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:

- $\zeta_{v,flessione} = 1.02$ ;
- $\zeta_{v,taglio} = 1.18$ .

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

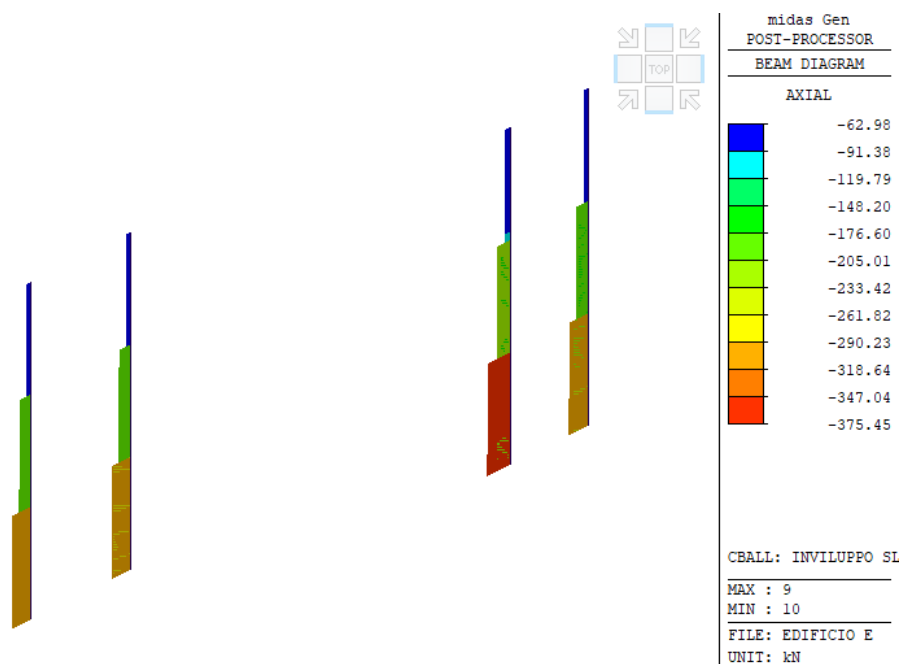


Figura 27: Sforzo normale Pilastri 30x30

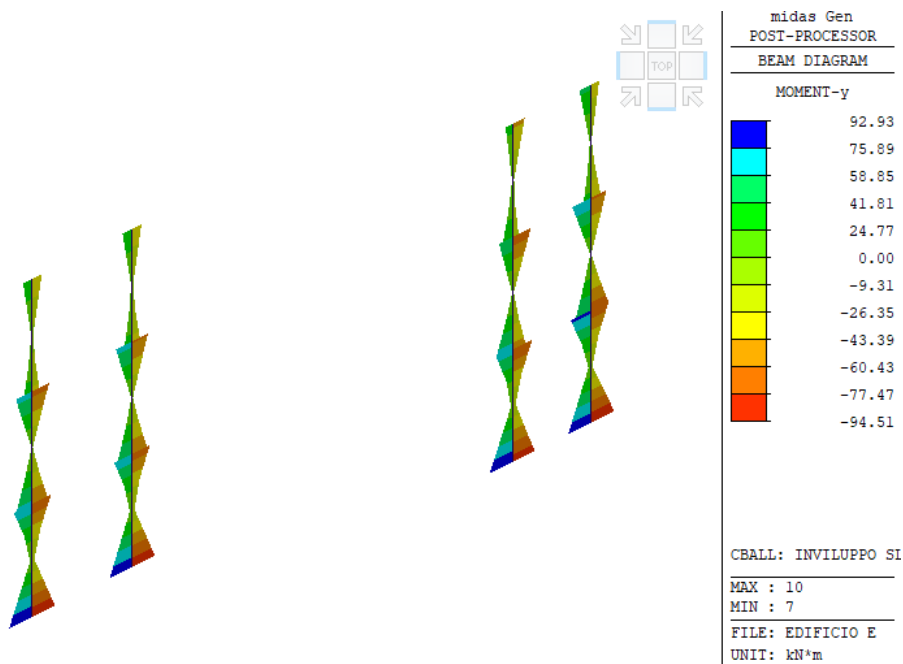


Figura 28: Momento My Pilastri 30x30

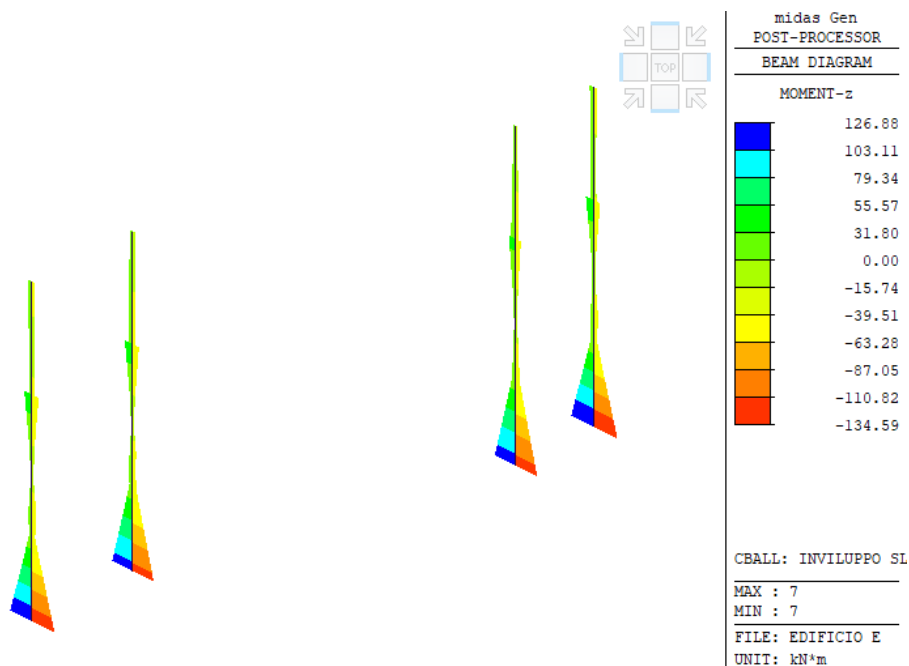


Figura 29: Momento Mz Pilastri 30x30

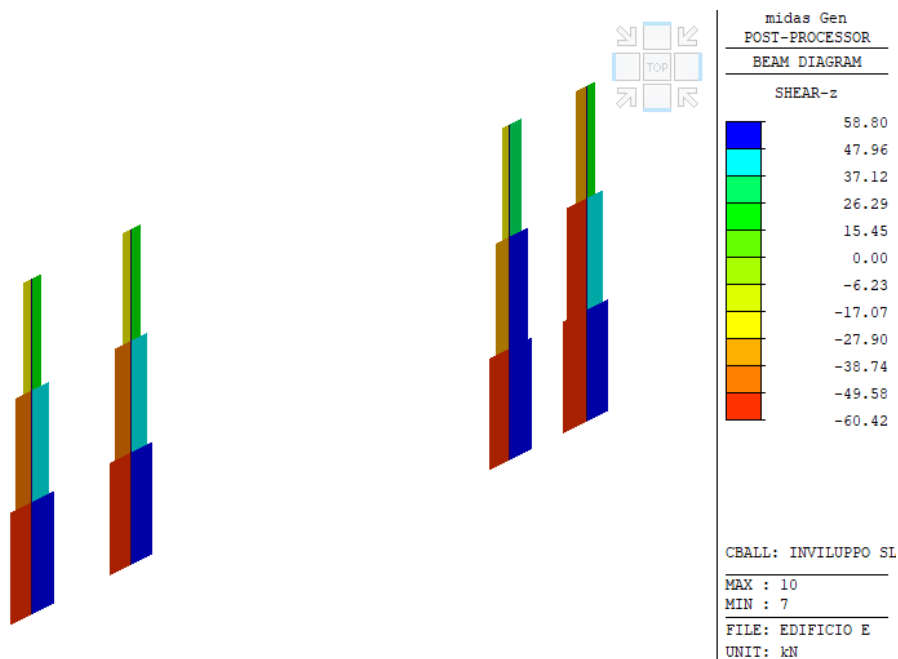


Figura 30: Taglio Fz Pilastri 30x30

### Verifica a pressoflessione





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 48 di 149

**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	27,5	2,5
3	1,54	2,5	27,5
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** 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>**  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>**  N/mm²  
**τ<sub>c1</sub>**  N/mm²

**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**

**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 θ°**   
☐ Precompresso

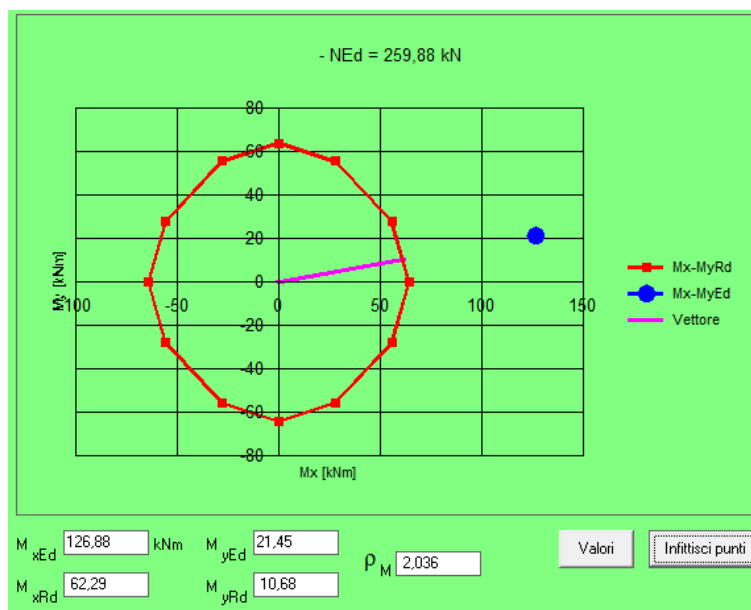


Figura 5-31: Verifica a pressoflessione pilastro 30x30 SLV

**Verifica a taglio**

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

Staffe	φ <sub>w</sub> [mm]	n° bracci	A <sub>sw</sub> [mm²]	s [mm]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	θ [°]	α [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]
Calcestruzzo	6	2	56.55	150	362.22	45	90	33.80
	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	α <sub>cw</sub>	v	f <sub>cd</sub> [MPa]	θ [°]	α [°]	V <sub>Rcd</sub> [kN]
	300	275	1.00	0.5	11.16	45	90	207.18



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 49 di 149

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
207.18	33.80	<b>33.80</b>	<b>60.42</b>

**VERIFICA NON SODDISFATTA**



### 5.7.2 Verifica pilastri 25x30 cm

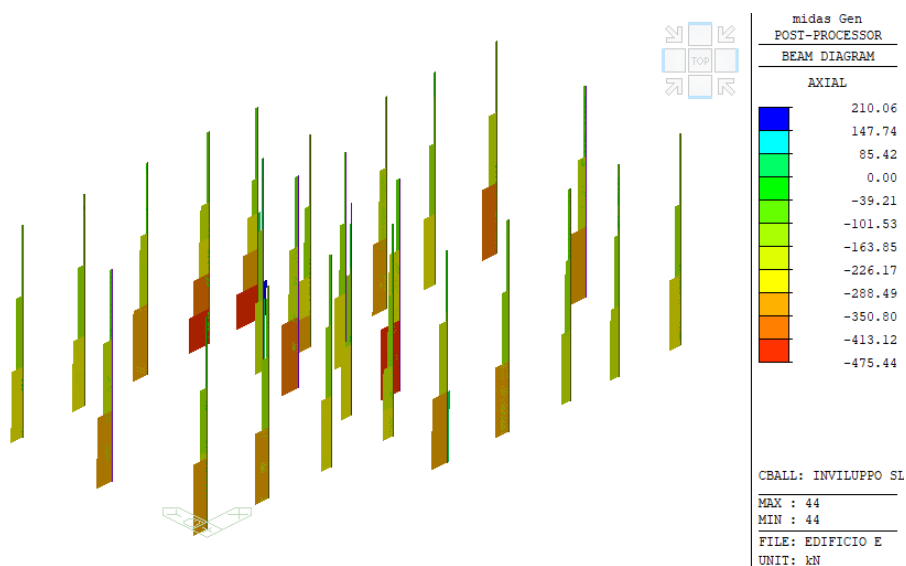


Figura 32: Sforzo normale Pilastri 25x30

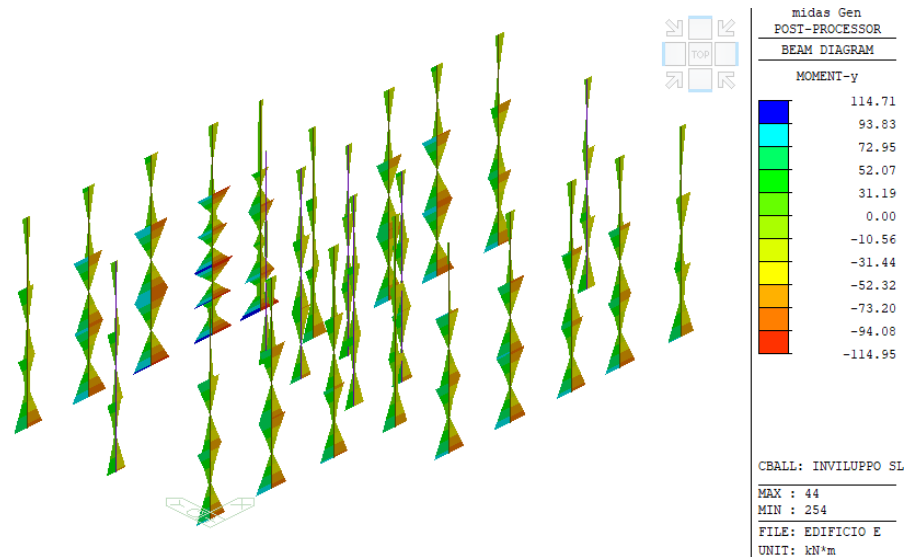


Figura 33: Momento My Pilastri 25x30

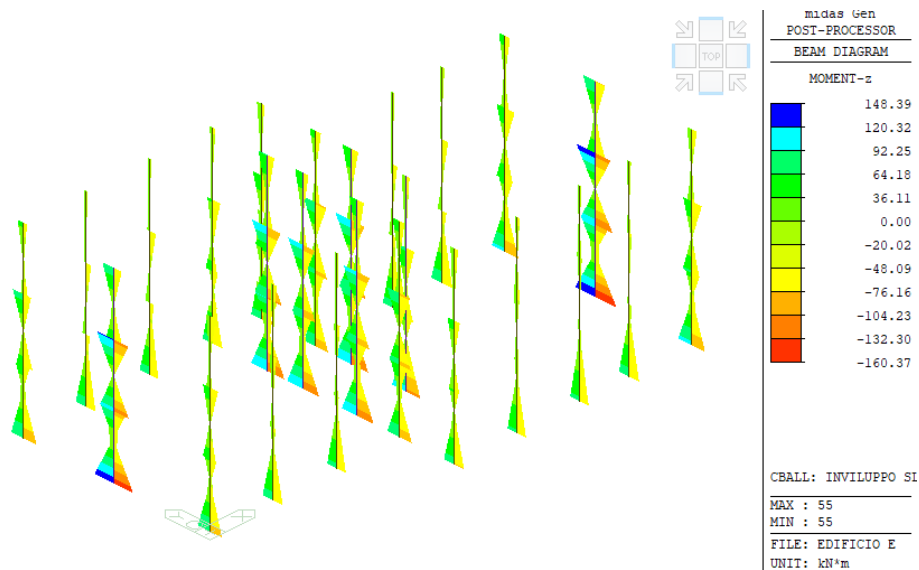


Figura 34: Momento Mz Pilastri 25x30

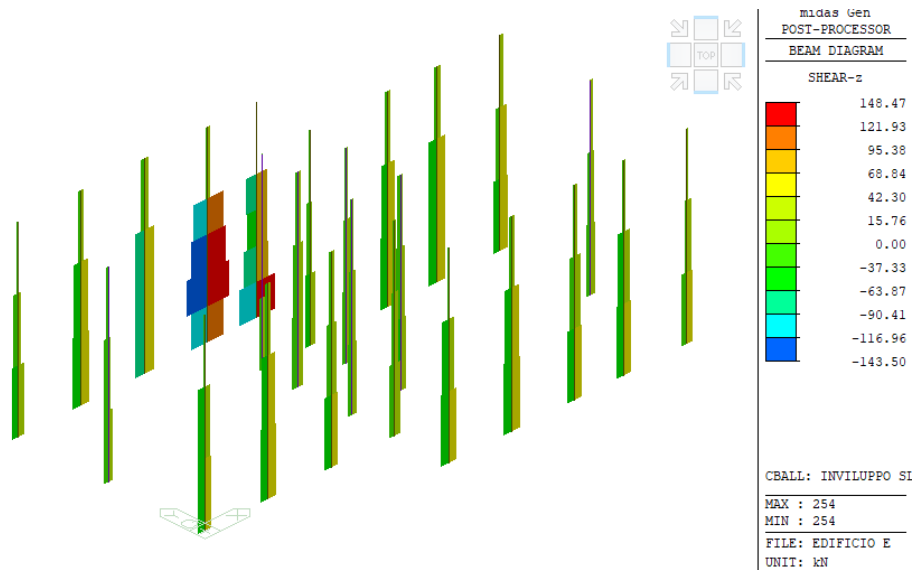


Figura 35: Taglio Fz Pilastrì 25x30

## 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	22,5	2,5
3	1,54	2,5	27,5
4	1,54	22,5	27,5

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

**N<sub>Ed</sub>** -210,06 **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>** 60,14 **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 24,20 **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 ‰  
 $f_{yd}$  416,6 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  16,74  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,083 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M<sub>xRd</sub>** 6,384 kN m  
**M<sub>yRd</sub>** 3,183 kN m  
 $\sigma_c$  -16,74 N/mm²  
 $\sigma_s$  416,6 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  50,87 ‰  
d 29 cm  
x 1,867 x/d 0,06437  
 $\delta$  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 Mx-My**

angolo asse neutro  $\theta^\circ$  356

☐ Precompresso

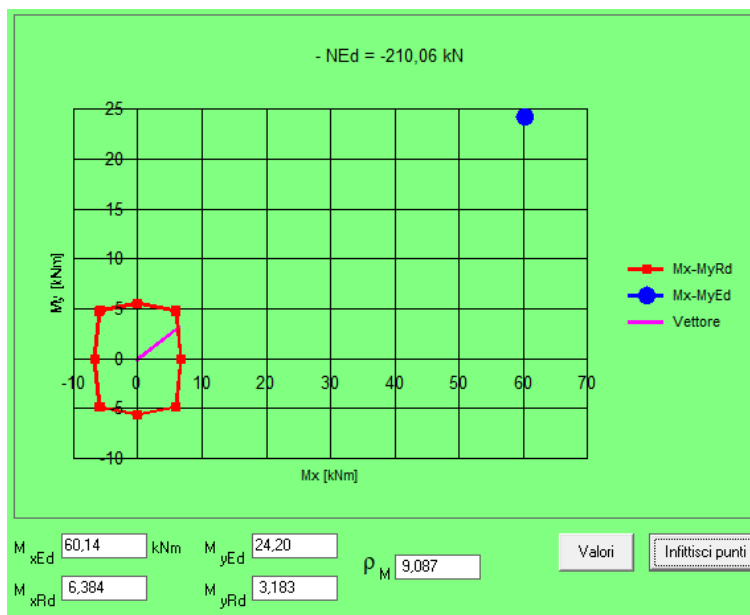


Figura 5-36: Verifica a pressoflessione pilastro 25x30 SLV

### Verifica a taglio

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

Staffe	φ <sub>w</sub> [mm]	n° bracci	A <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	θ [°]	α [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]
	6	2	56.55	150	362.22	45	90	33.80
Calcestruzzo	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	α <sub>cw</sub>	v	f <sub>cd</sub> [MPa]	θ [°]	α [°]	V <sub>Rcd</sub> [kN]
	250	275	1.00	0.5	11.16	45	90	172.65

VERIFICA			
V <sub>Rcd</sub> (kN)	V <sub>Rsd</sub> (kN)	V <sub>Rd</sub> (kN)	V <sub>ed</sub> (kN)
172.65	33.80	<b>33.80</b>	<b>148.47</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.3 Verifica travi 195x23 cm

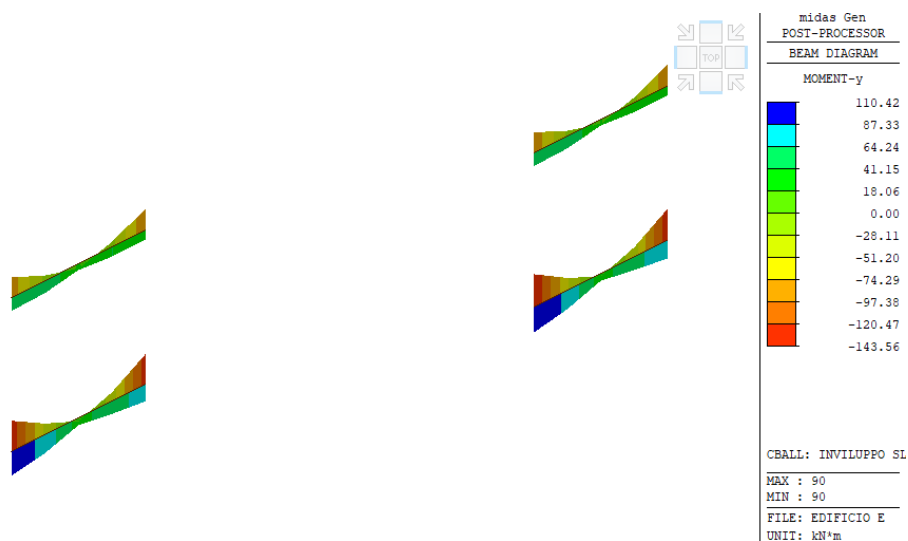


Figura 37: Momento My Travi 195x23

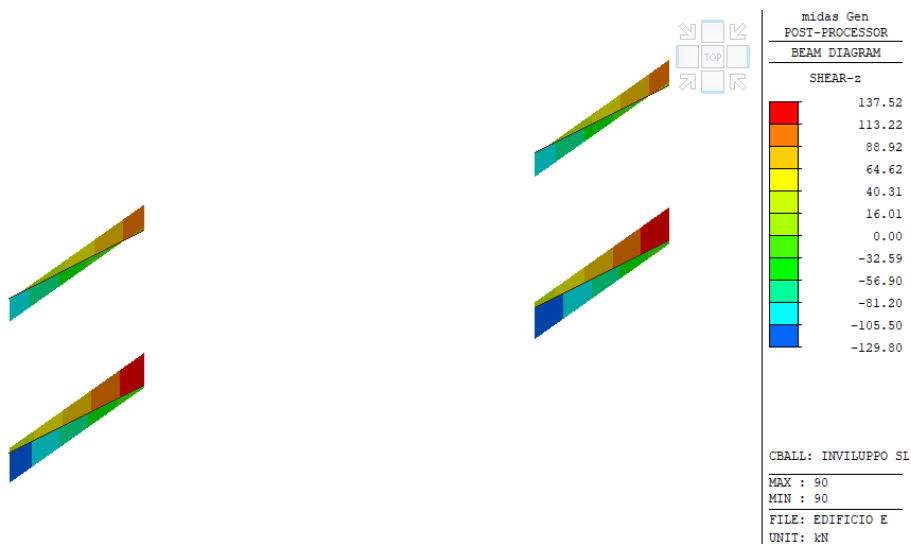


Figura 38: Taglio Fz Travi 195x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 54 di 149

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	195	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,54	20,5
2	10,62	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**  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  416,6 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  16,74 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,083 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -16,74 N/mm²  
 $\sigma_s$  416,6 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  33,11 ‰  
d 20,5 cm  
x 1,96 x/d 0,0956  
 $\delta$  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 5-39: Verifica a flessione positiva trave 195x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	195	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,54	20,5
2	10,62	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**  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  416,6 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  16,74 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,083 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -16,74 N/mm²  
 $\sigma_s$  416,6 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  31,05 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,077 x/d 0,1013  
 $\delta$  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 5-40: Verifica a flessione negativa trave 195x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 55 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1950	230	25	205

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	4	113.10	200	362.22	45	90	37.79
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	1950	205	1.00	0.5	11.16	45	90	1003.87

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
1003.87	37.79	<b>37.79</b>	<b>137.52</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



#### 5.7.4 Verifica travi 60x23 cm

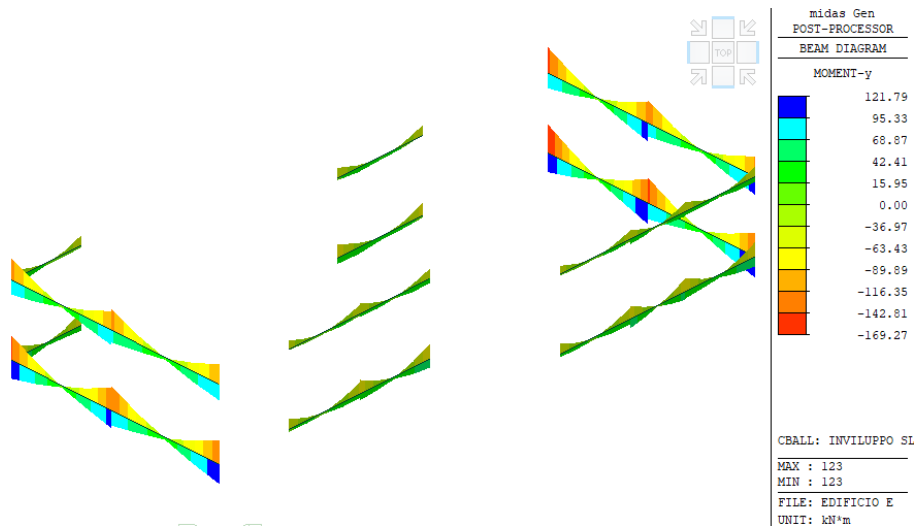


Figura 41: Momento My Travi 60x23

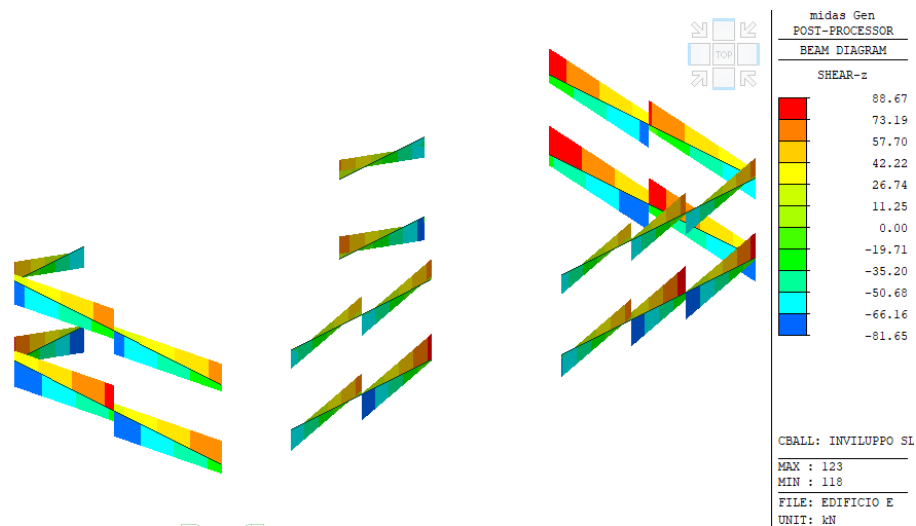


Figura 42: Taglio Fz Travi 60x23

#### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 57 di 149

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,08	20,5
2	4,65	2,5

**Sollecitazioni**      **Metodo n**

S.L.U.      **Metodo n**

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

**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

$\sigma_c$   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.  
☐ 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 5-43: Verifica a flessione positiva trave 60x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,08	20,5
2	4,65	2,5

**Sollecitazioni**      **Metodo n**

S.L.U.      **Metodo n**

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

**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

$\sigma_c$   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.  
☐ 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 5-44: Verifica a flessione negativa trave 60x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 58 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
600	230	25	205

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	362.22	45	90	18.90
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	600	205	1.00	0.5	11.16	45	90	308.88

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
308.88	18.90	<b>18.90</b>	<b>88.67</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.5 Verifica travi 90x23 cm

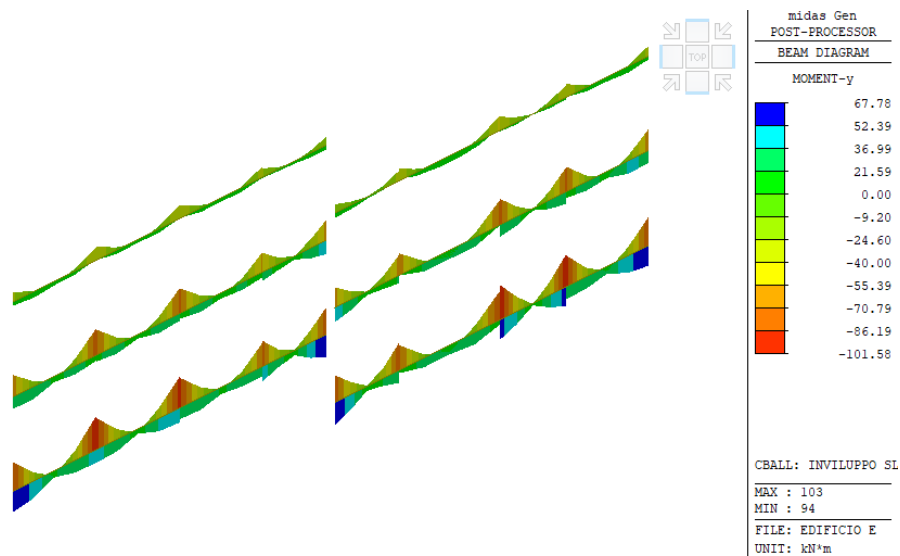


Figura 45: Momento My Travi 90x23

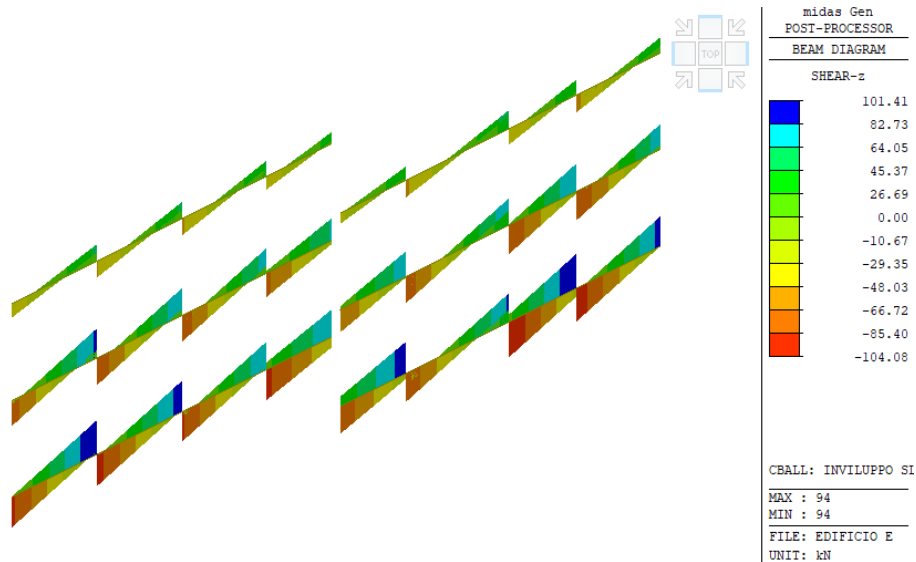


Figura 46: Taglio Fz Travi 90x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 60 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	90	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,52	20,5
2	6,22	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  
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  
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 5-47: Verifica a flessione positiva trave 90x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	90	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,52	20,5
2	6,22	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  
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  
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 5-48: Verifica a flessione negativa trave 90x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 61 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
900	230	25	205

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	362.22	45	90	18.90
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	900	205	1.00	0.5	11.16	45	90	463.33

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
463.33	18.90	<b>18.90</b>	<b>104.08</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.6 Verifica travi 175x23 cm

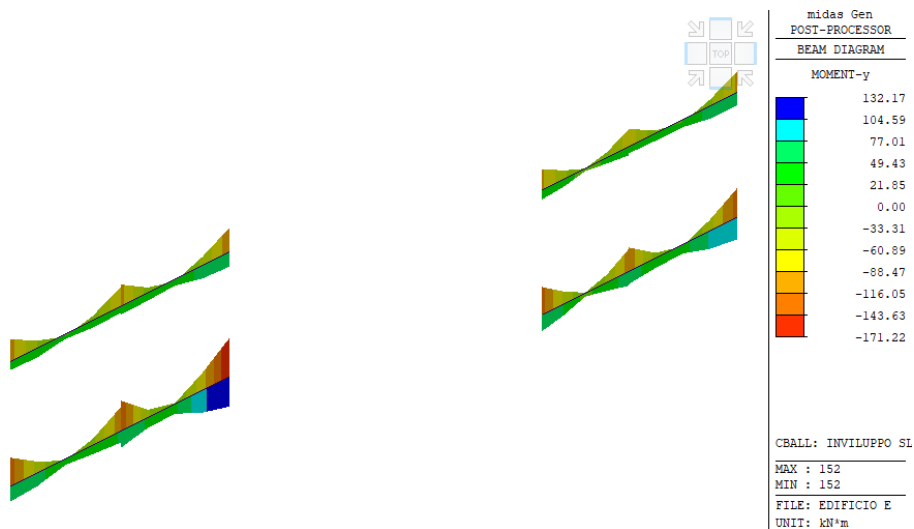


Figura 49: Momento My Travi 175x23

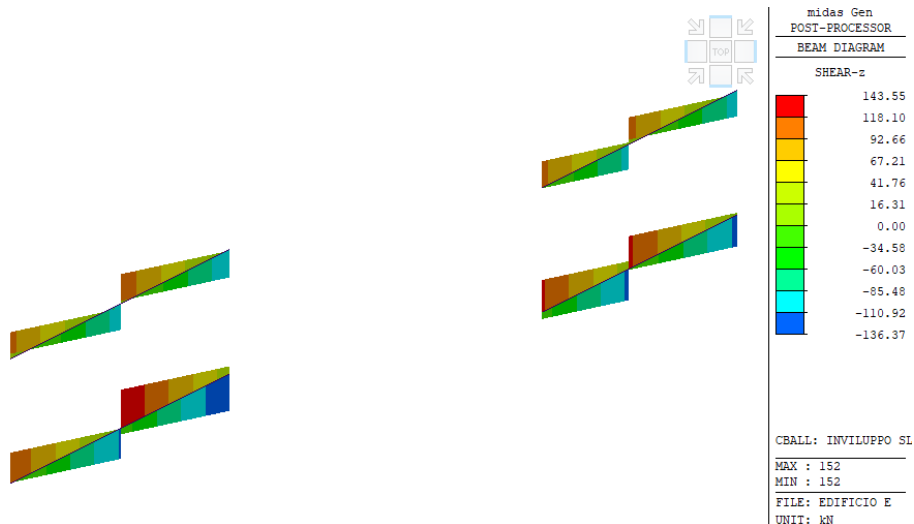


Figura 50: Taglio Fz Travi 175x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 63 di 149

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	175	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,88	20,5
2	8,270001	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 ‰  
 $f_{yd}$  416,6 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  16,74 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,083 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -16,74 N/mm²  
 $\sigma_s$  416,6 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  35,02 ‰  
d 20,5 cm  
x 1,863 x/d 0,09087  
 $\delta$  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 5-51: Verifica a flessione positiva trave 175x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	175	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,88	20,5
2	8,270001	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 ‰  
 $f_{yd}$  416,6 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  16,74 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,083 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd  kN m  
 $\sigma_c$  -16,74 N/mm²  
 $\sigma_s$  416,6 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  33,4 ‰  
d 20,5 cm  
x 1,944 x/d 0,09485  
 $\delta$  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 5-52: Verifica a flessione negativa trave 175x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 64 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1750	230	25	205

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	4	113.10	200	362.22	45	90	37.79
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	1750	205	1.00	0.5	11.16	45	90	900.91

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
900.91	37.79	<b>37.79</b>	<b>143.55</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.7 Verifica travi 30x23 cm

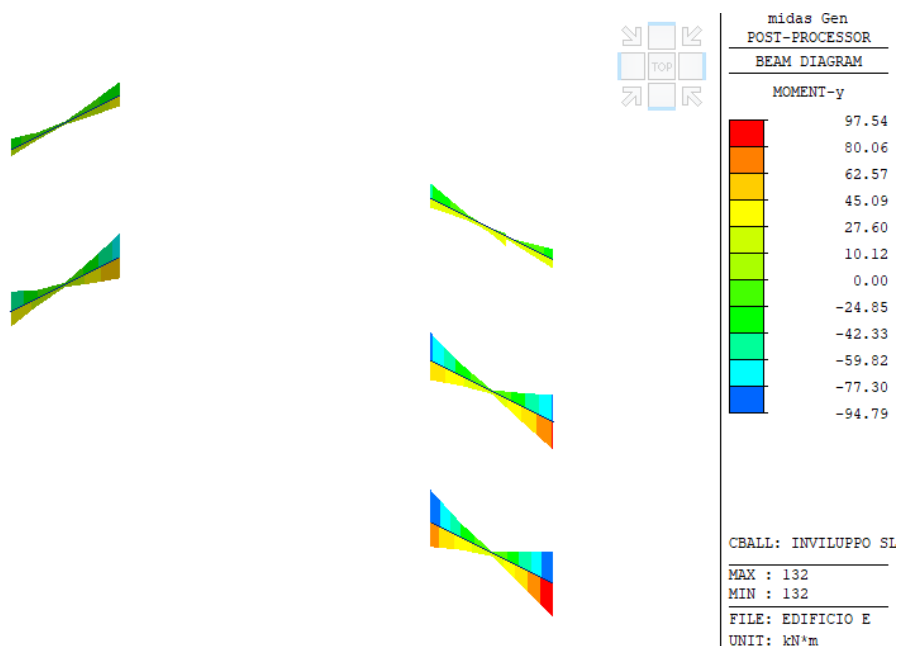


Figura 53: Momento My Travi 30x23

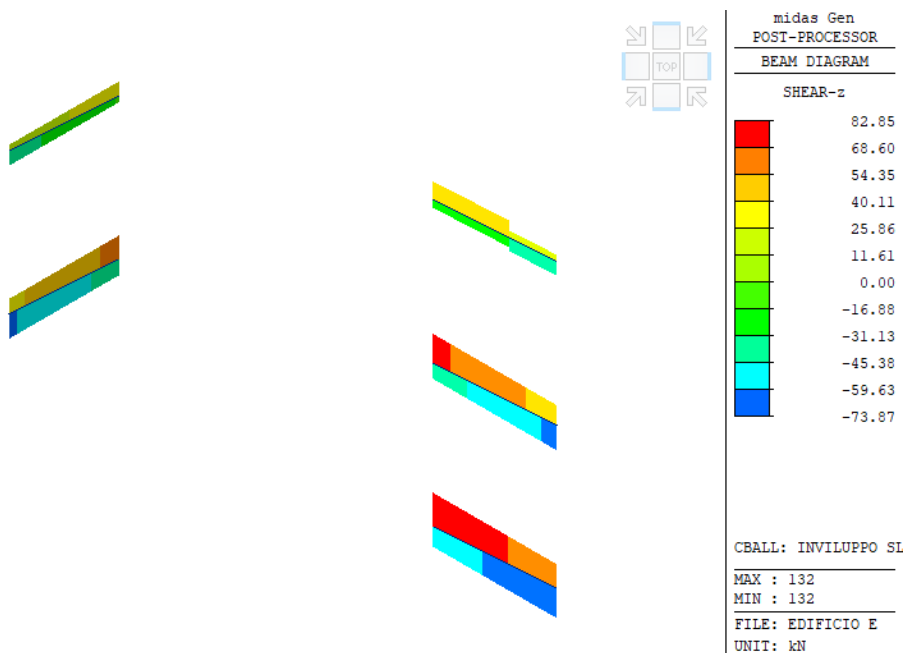


Figura 54: Taglio Fz Travi 30x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 66 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
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  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 416,6 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,74 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,083 ‰ 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>  kN m  
σ<sub>c</sub> -16,74 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 416,6 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 25,57 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,468 x/d 0,1204  
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>  cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 5-55: Verifica a flessione positiva trave 30x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
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  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 416,6 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,74 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 2,083 ‰ 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>  kN m  
σ<sub>c</sub> -16,74 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 416,6 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 25,57 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,468 x/d 0,1204  
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>  cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 5-56: Verifica a flessione negativa trave 30x23 SLV





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 67 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	230	25	205

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	300	362.22	45	90	12.60
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	205	1.00	0.5	11.16	45	90	154.44

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
154.44	12.60	<b>12.60</b>	<b>82.85</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.8 Verifica travi 25x23 cm

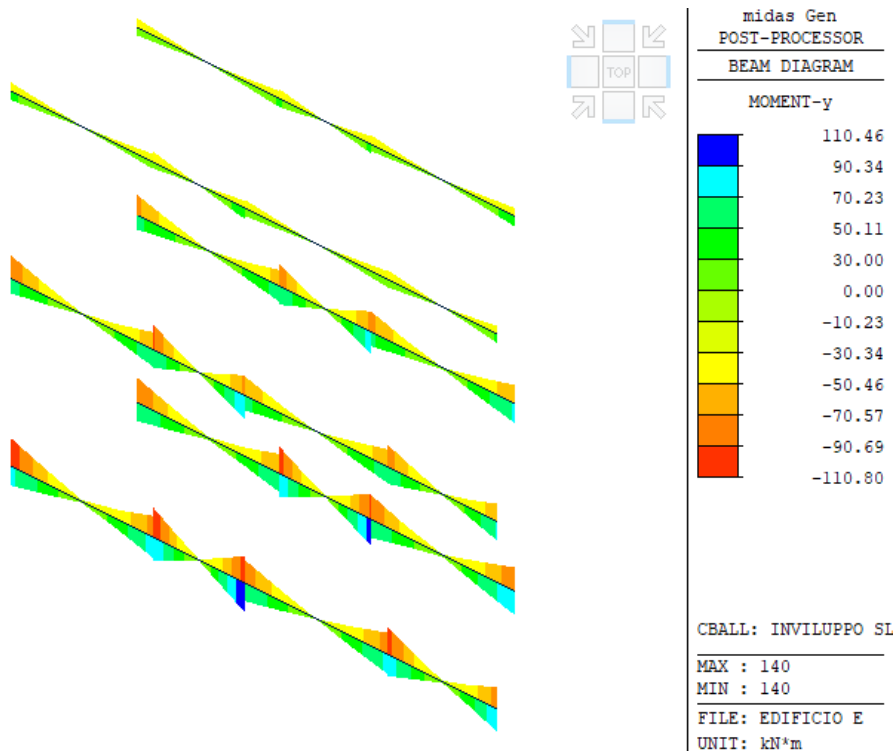


Figura 57: Momento My Travi 25x23

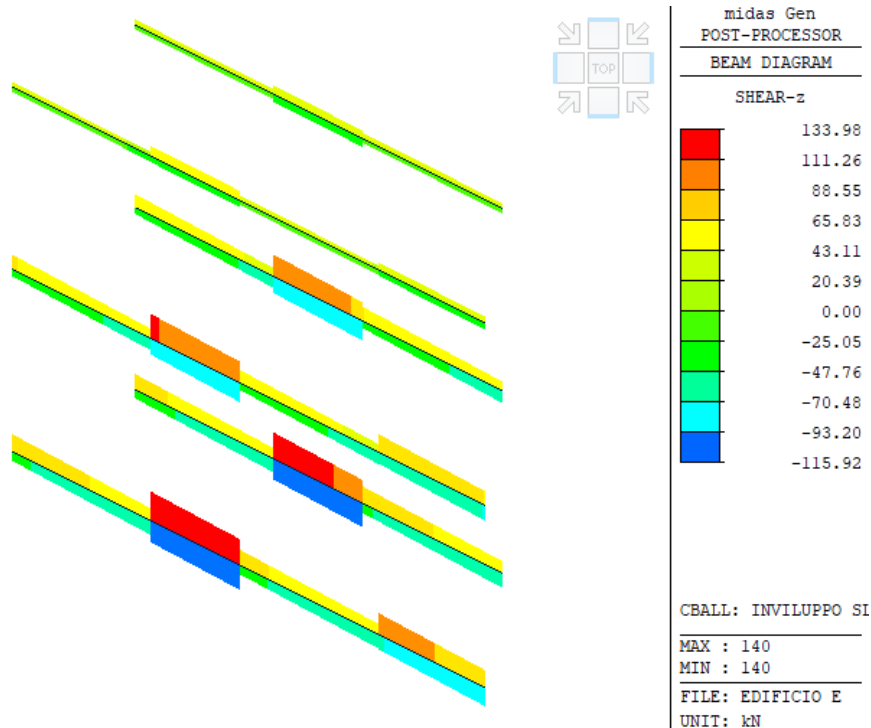


Figura 58: Taglio Fz Travi 25x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 69 di 149

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
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

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

$\sigma_c$   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 5-59: Verifica a flessione positiva trave 25x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
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

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

$\sigma_c$   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 5-60: Verifica a flessione negativa trave 25x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 70 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
250	230	25	205

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	300	362.22	45	90	12.60
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	250	205	1.00	0.5	11.16	45	90	128.70

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
128.70	12.60	<b>12.60</b>	<b>133.98</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.9 Verifica travi 40x23 cm

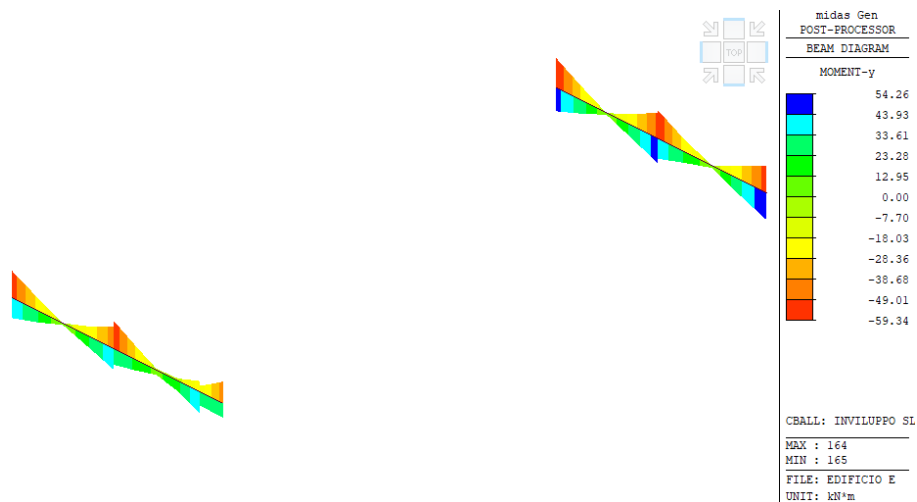


Figura 61: Momento My Travi 40x23

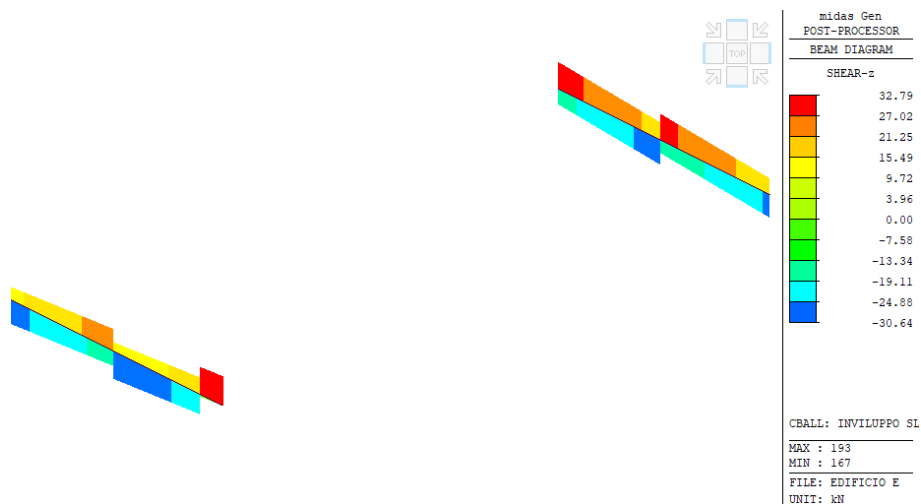


Figura 62: Taglio Fz Travi 40x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 72 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,26	20,5
2	2,7	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 54,26 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> 416,6 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,74 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> 2,083 ‰ 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> 18,84 kNm  
σ<sub>c</sub> -16,74 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 416,6 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 29,07 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,203 x/d 0,1075  
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 5-63: Verifica a flessione positiva trave 40x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,26	20,5
2	2,7	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -59,34 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> 416,6 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 16,74 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> 2,083 ‰ 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> -22,17 kNm  
σ<sub>c</sub> -16,74 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 416,6 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 27,56 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,31 x/d 0,1127  
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 5-64: Verifica a flessione negativa trave 40x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 73 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
400	230	25	205

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	5	2	56.55	250	362.22	45	90	15.12
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	400	205	1.00	0.5	11.16	45	90	128.70

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
128.70	15.12	<b>15.12</b>	<b>32.79</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.10 Verifica travi 30x46 cm

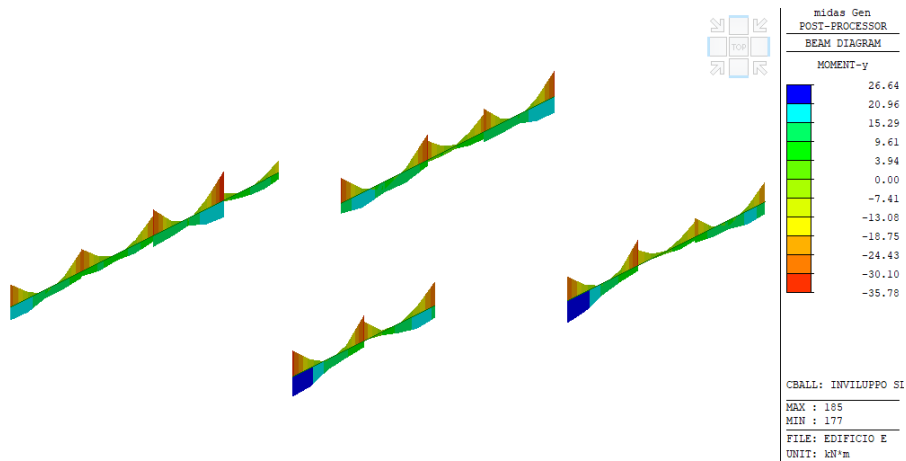


Figura 65: Momento My Travi 30x46

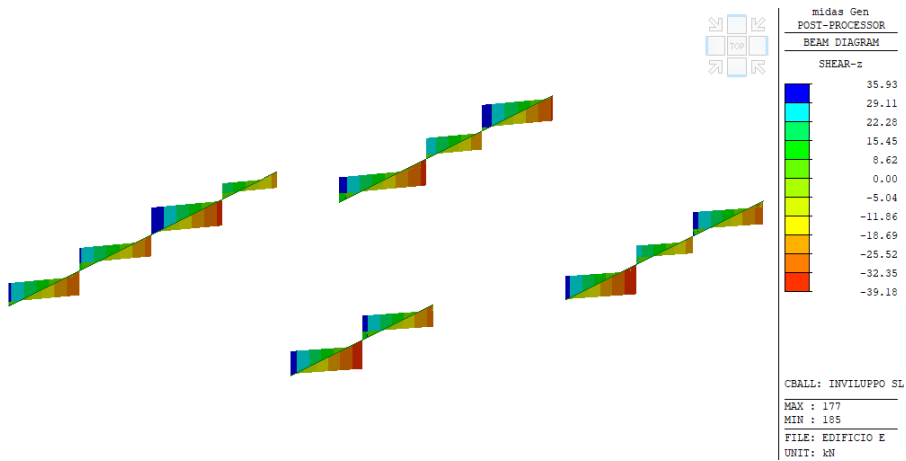


Figura 66: Taglio Fz Travi 30x46

### Verifica a flessione positiva in appoggio





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 75 di 149

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

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

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	41
4	0	51

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,13	2,5	2,5
2	1,13	15	2,5
3	1,13	27,5	2,5
4	1,13	2,5	48,5
5	1,13	15	44,5
6	1,13	27,5	38,5

**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  $\tau_{co}$   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 5-67: Verifica a flessione positiva trave 30x46 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	41
4	0	51

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,13	2,5	2,5
2	1,13	15	2,5
3	1,13	27,5	2,5
4	1,13	2,5	48,5
5	1,13	15	44,5
6	1,13	27,5	38,5

**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  $\tau_{co}$   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 5-68: Verifica a flessione negativa trave 30x46 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 76 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	460	25	435

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	300	362.22	45	90	26.73
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	435	1.00	0.5	11.16	45	90	273.10

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
273.10	26.73	<b>26.73</b>	<b>39.18</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 5.7.11 Verifica travi 30x71 cm

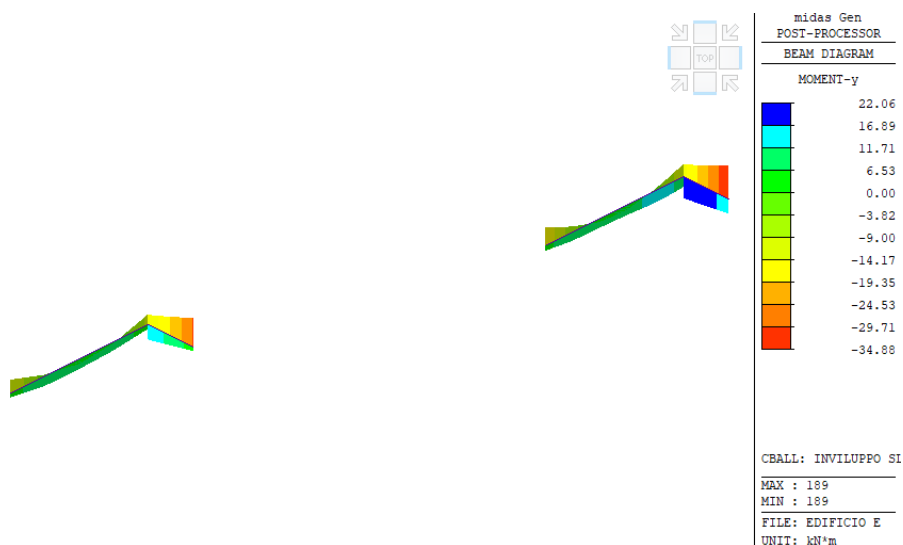


Figura 69: Momento My Travi 30x71

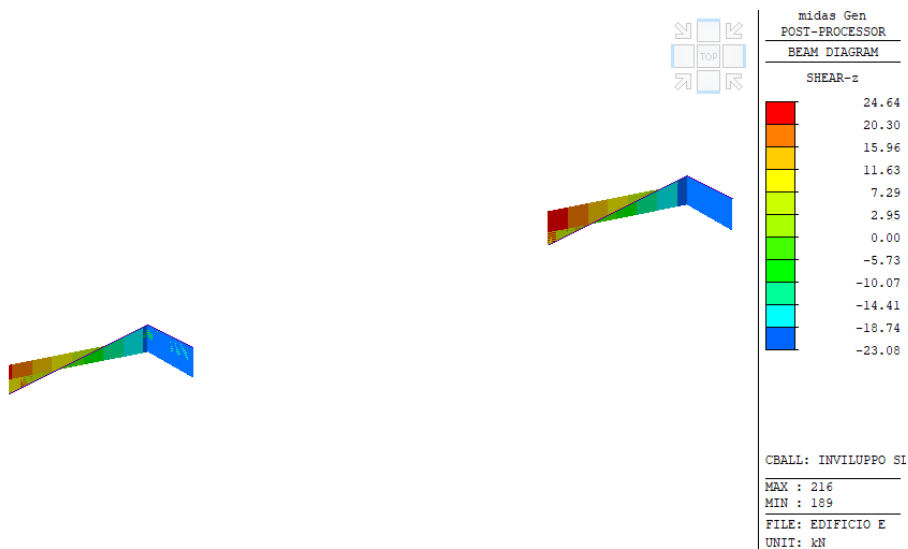


Figura 70: Taglio Fz Travi 30x71

### 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	23
4	10	23
5	10	65
6	0	71

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	2,5	2,5
2	0,79	7,5	2,5
3	0,5	27,5	2,5
4	0,5	2,5	20,5
5	0,5	7,5	20,5
6	0,5	27,5	20,5

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

**N**  **kN**  
**M**  **kNm**  
**N**  **kN**  
**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  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ‰  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   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 5-71: Verifica a flessione positiva trave 30x71 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	23
4	10	23
5	10	65
6	0	71

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	2,5	2,5
2	0,79	7,5	2,5
3	0,5	27,5	2,5
4	0,5	2,5	20,5
5	0,5	7,5	20,5
6	0,5	27,5	20,5

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

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

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

**Tipo rottura**  
Lato acciaio - 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 5-72: Verifica a flessione negativa trave 30x71 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 79 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	230	25	205

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	362.22	45	90	26.87
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	205	1.00	0.5	11.16	45	90	127.70

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
127.70	26.87	<b>26.87</b>	<b>24.64</b>
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>			



### 5.7.12 Verifica travi pianerottolo 120x23 cm

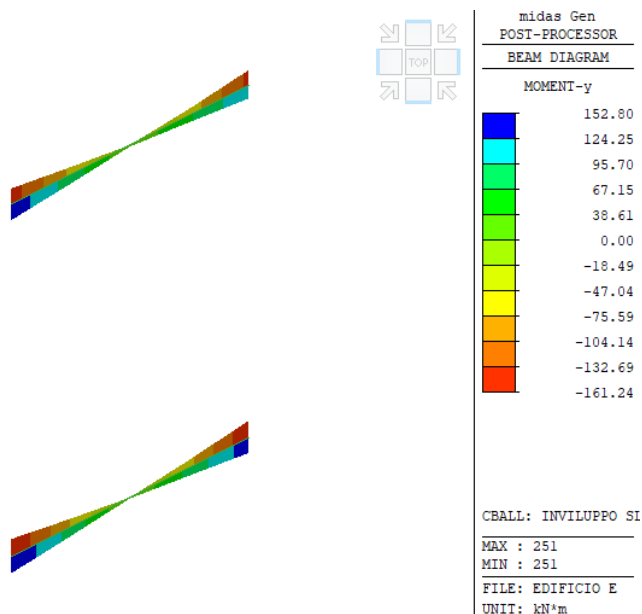


Figura 73: Momento My Travi 120x23

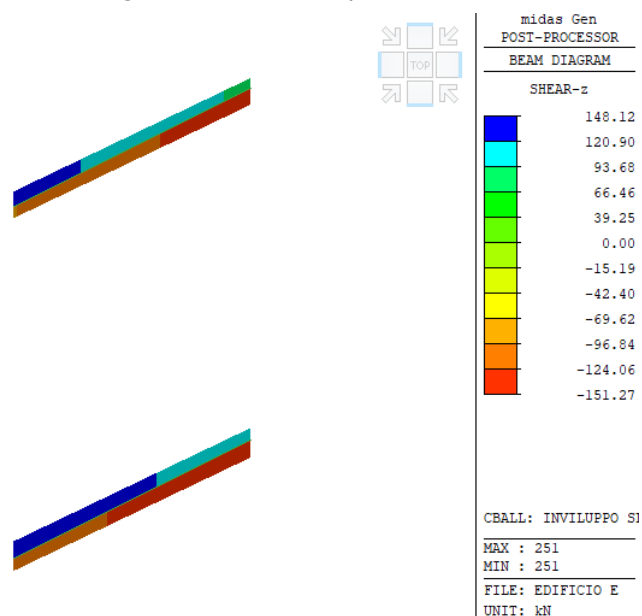


Figura 74: Taglio Fz Travi 120x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 81 di 149

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.85	20,5
2	5,03	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 5-75: Verifica a flessione positiva trave 120x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.85	20,5
2	5,03	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 5-76: Verifica a flessione negativa trave 120x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 82 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1200	230	25	205

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	362.22	45	90	26.87
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	1200	205	1.00	0.5	11.16	45	90	617.77

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
617.77	26.87	<b>26.87</b>	<b>151.27</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.** Valori del livello di sicurezza maggiori si hanno per gli elementi posti in copertura nei quali le azioni sismiche sono effettivamente più basse. 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 SINTESI DEI RISULTATI EDIFICIO TIPO F

Essendo tale analisi propedeutica alla valutazione del miglioramento sismico del fabbricato, nei paragrafi seguenti si sintetizzano i risultati delle analisi condotte e successivamente delle verifiche condotte sul fabbricato in esame, per azioni simiche ossia:

- **Verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).**

### 6.1 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 di spessore pari a 4 cm 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.

Il modello di calcolo, una volta implementate le bielle equivalenti, è quello illustrato in Figura 1.

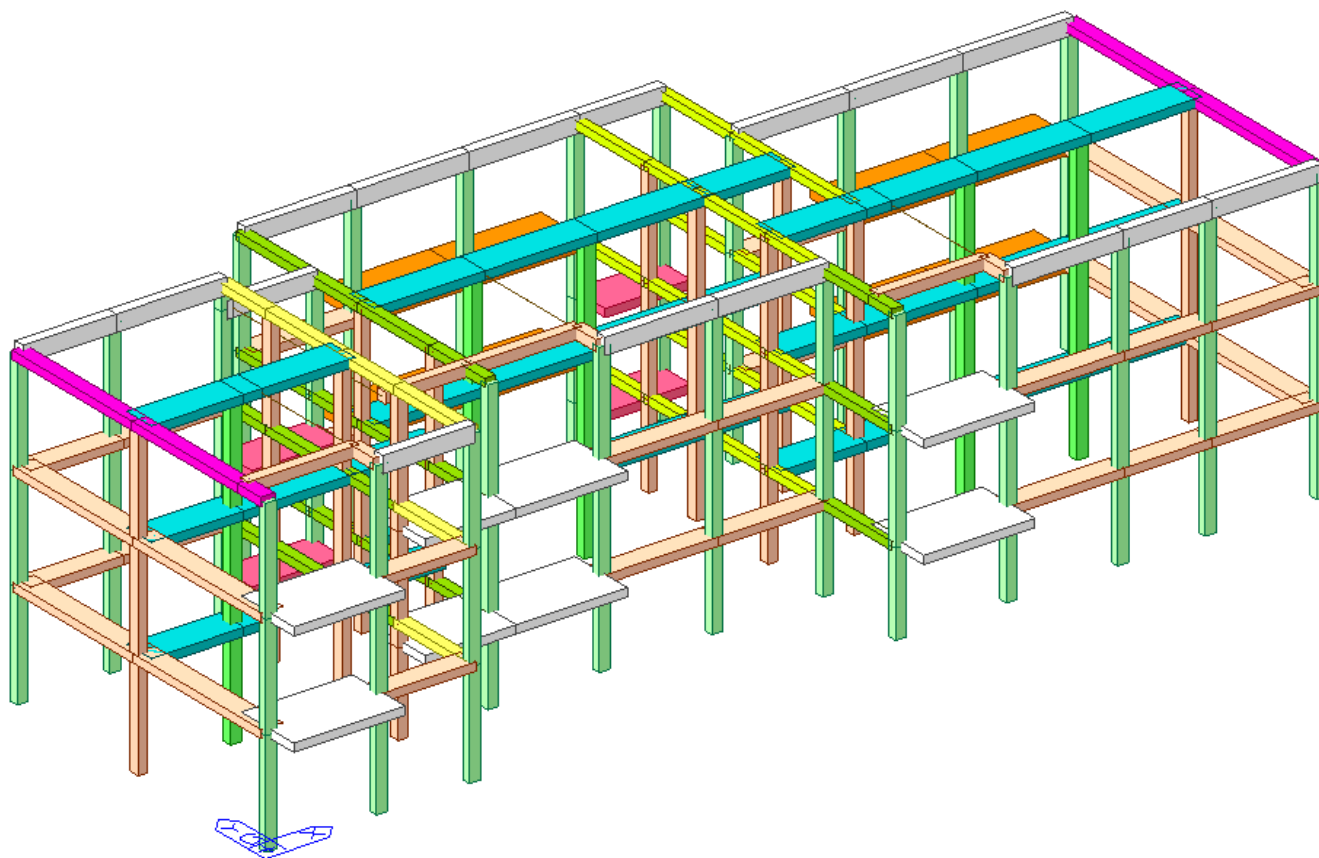


Figura 6-1: Modello globale 3D



### 6.1.1 Modellazione dei carichi

#### 6.1.1.1 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.

#### 6.1.1.2 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 2).

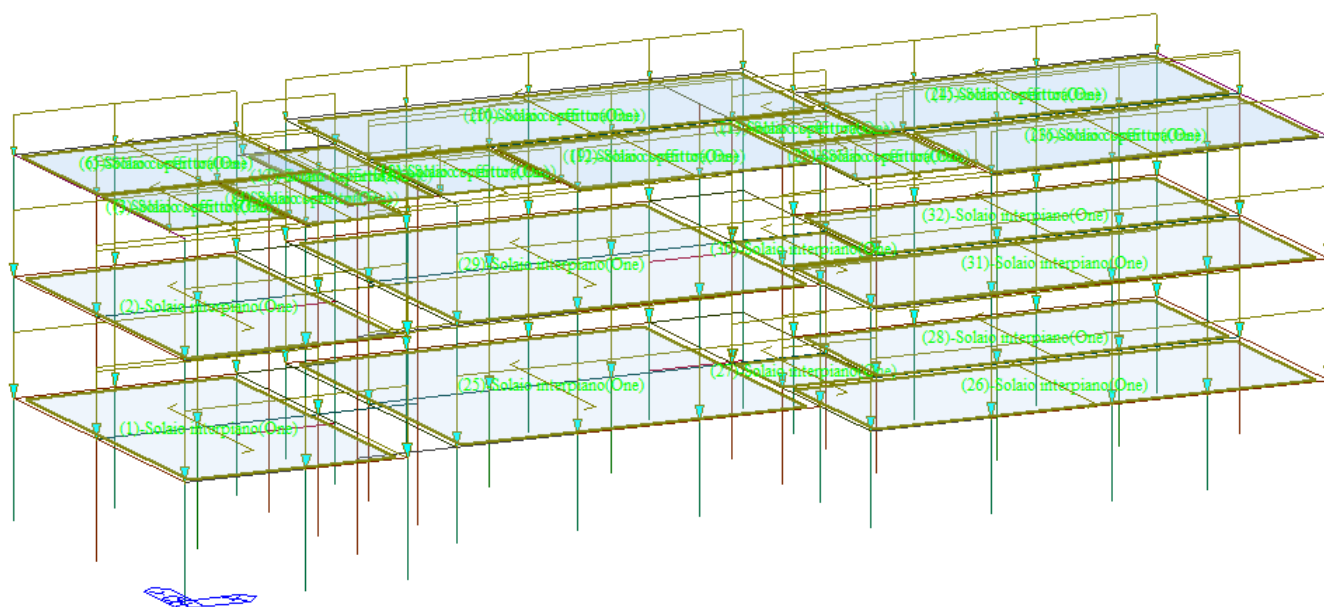


Figura 6-2 Carichi permanenti solai

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 3). Inoltre sono stati applicati i carichi derivanti dai balconi sulle travi di riva a cui afferiscono.

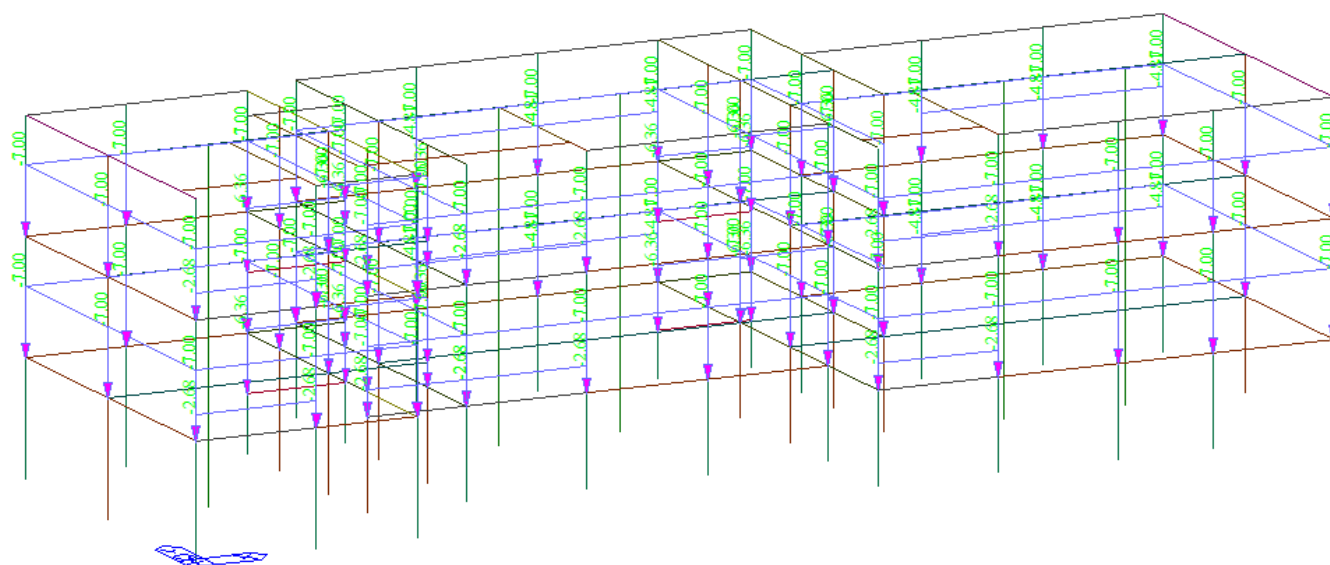


Figura 6-3 Carico tamponatura

#### 6.1.1.3 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.

## 6.2 Combinazioni di carico

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



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 86 di 149

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

### 6.3 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 Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

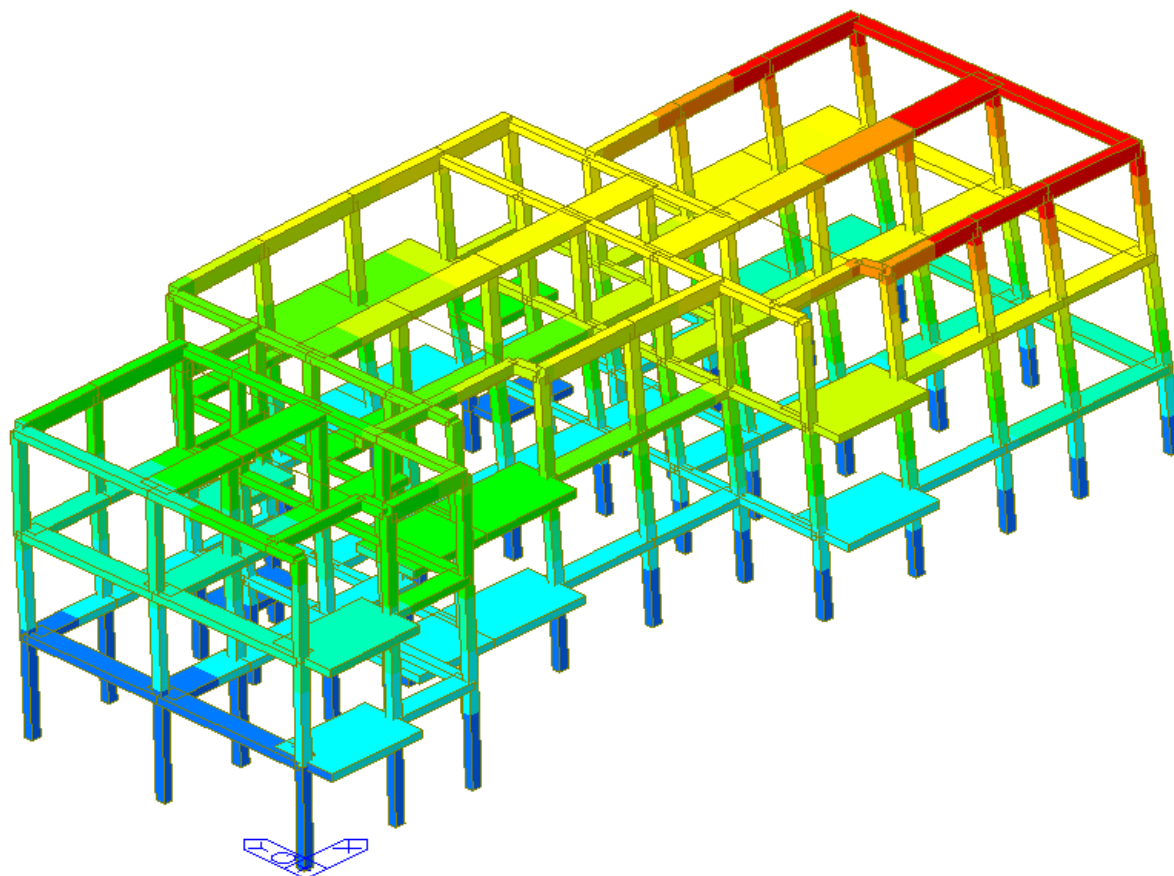
Pag 87 di 149

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
1	9.5883	1.5260	0.6553	0.0000e+00								
2	11.1710	1.7779	0.5625	0.0000e+00								
3	15.0079	2.3886	0.4187	0.0000e+00								
4	26.6165	4.2362	0.2361	2.0102e-205								
5	29.1880	4.6454	0.2153	6.2694e-194								
6	30.7371	4.8920	0.2044	4.4013e-187								
7	31.5556	5.0222	0.1991	6.0264e-183								
8	32.1189	5.1119	0.1956	1.8866e-181								
9	35.1375	5.5923	0.1788	1.2553e-172								
10	37.0391	5.8950	0.1696	1.6281e-165								
11	38.0092	6.0494	0.1653	1.0308e-162								
12	38.7588	6.1687	0.1621	3.4807e-160								
13	39.7674	6.3292	0.1580	1.3273e-158								
14	42.0153	6.6869	0.1495	1.0202e-153								
15	45.4833	7.2389	0.1381	4.0849e-143								
16	46.2101	7.3546	0.1360	8.7096e-144								
17	49.2260	7.8346	0.1276	1.6220e-136								
18	50.0407	7.9642	0.1256	3.1444e-135								
19	51.9505	8.2682	0.1209	2.5759e-130								
20	51.9850	8.2737	0.1209	3.1235e-130								
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	0.0369	0.0369	68.0322	68.0322	0.0026	0.0026	0.0426	0.0426	0.0000	0.0000	2.5922	2.5922
2	0.6276	0.6645	10.6562	78.6884	0.0004	0.0030	0.0000	0.0426	0.0000	0.0000	19.5850	22.1772
3	81.6924	82.3569	0.0131	78.7015	0.0001	0.0031	0.0002	0.0427	0.0000	0.0000	0.1275	22.3047
4	0.0006	82.3575	3.1853	81.8869	0.0010	0.0040	0.0006	0.0434	0.0000	0.0000	4.5079	26.8126
5	0.0125	82.3700	0.7472	82.6340	0.0003	0.0043	0.0000	0.0434	0.0000	0.0000	0.9972	27.8098
6	0.0035	82.3735	4.7626	87.3966	0.0009	0.0052	0.0037	0.0471	0.0000	0.0000	3.1462	30.9561
7	0.0003	82.3738	0.0410	87.4376	0.0000	0.0052	0.0038	0.0510	0.0000	0.0000	0.8433	31.7994
8	0.0032	82.3770	4.2845	91.7221	0.0016	0.0068	0.0000	0.0510	0.0000	0.0000	13.8045	45.6038
9	0.0032	82.3803	0.0102	91.7323	0.0000	0.0068	0.0002	0.0512	0.0002	0.0002	0.0040	45.6078
10	0.2120	82.5923	0.0052	91.7376	0.0001	0.0069	0.0001	0.0513	0.0000	0.0002	0.3643	45.9721
11	0.2839	82.8762	0.3064	92.0440	0.0013	0.0083	0.0169	0.0681	0.0000	0.0002	0.1257	46.0978
12	1.2527	84.1288	0.0686	92.1126	0.0013	0.0096	0.0074	0.0755	0.0001	0.0004	0.6229	46.7207
13	5.0914	89.2202	0.0209	92.1336	0.0001	0.0097	0.0002	0.0757	0.0003	0.0007	0.2453	46.9660
14	0.7070	89.9273	0.1566	92.2902	0.0001	0.0097	0.0000	0.0757	0.0000	0.0007	1.6493	48.6152
15	2.0833	92.0106	0.0057	92.2959	0.0004	0.0101	0.0012	0.0770	0.0000	0.0007	0.3425	48.9577
16	0.8584	92.8690	0.1281	92.4240	0.0004	0.0105	0.0000	0.0770	0.0000	0.0007	0.5337	49.4914
17	1.6741	94.5431	0.3328	92.7568	0.0011	0.0116	0.0006	0.0776	0.0000	0.0007	0.0608	49.5522
18	0.0919	94.6350	0.0511	92.8079	0.0003	0.0119	0.0000	0.0776	0.0000	0.0007	0.5577	50.1100
19	0.1097	94.7447	5.0902	97.8981	0.0009	0.0127	0.0187	0.0963	0.0000	0.0007	0.2330	50.3430
20	0.1046	94.8493	1.3588	99.2569	0.0002	0.0129	0.0012	0.0975	0.0000	0.0008	0.1429	50.4859

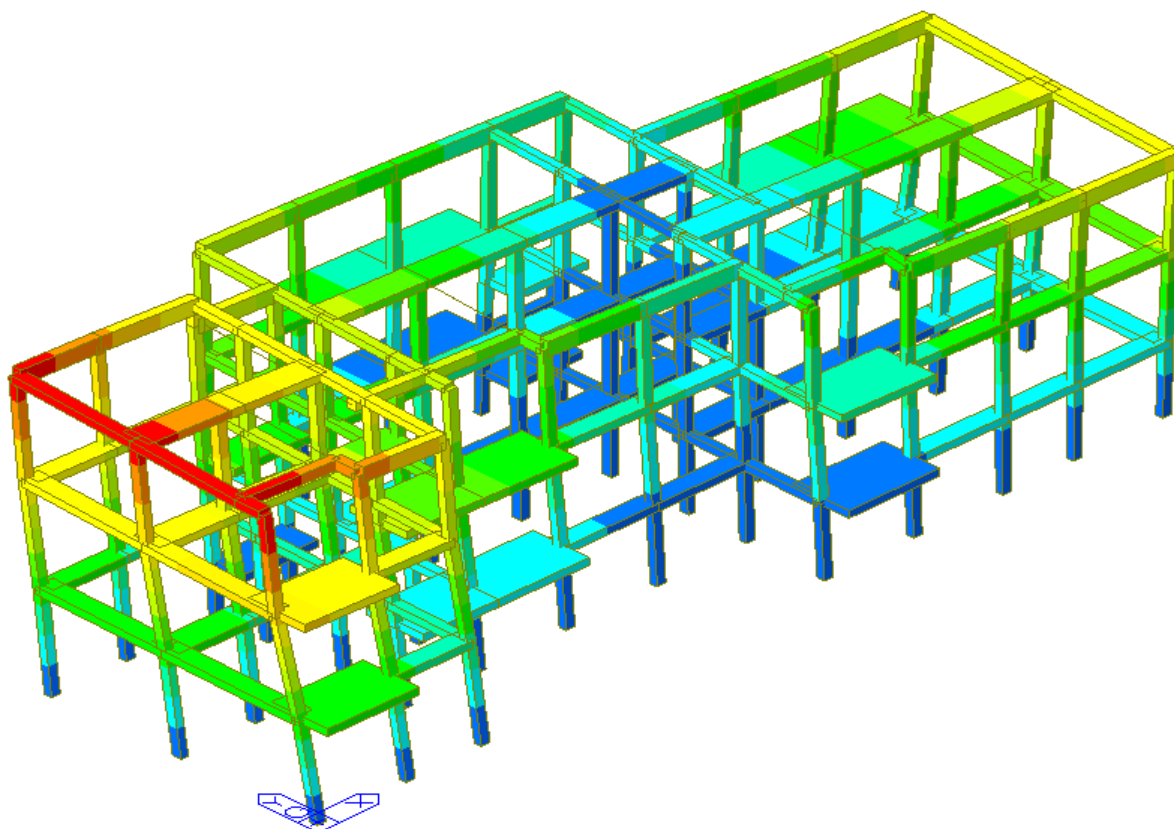
Figura 6-4: Risultati analisi modale

Si osserva come, in direzione x, la struttura presenta 1 modo principale (modo 3) puramente traslazionale di periodo pari a 0,4187 s. In direzione y, la struttura presenta 1 modo principale (modo 1) puramente traslazionale di periodo pari a 0,6553 s. È inoltre presente un modo torsionale (modo 2) con periodo pari a 0,5625 s.

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



*Figura 6-5: Modo 1 traslazionale in direzione y*



*Figura 6-6: Modo 2 torsionale*



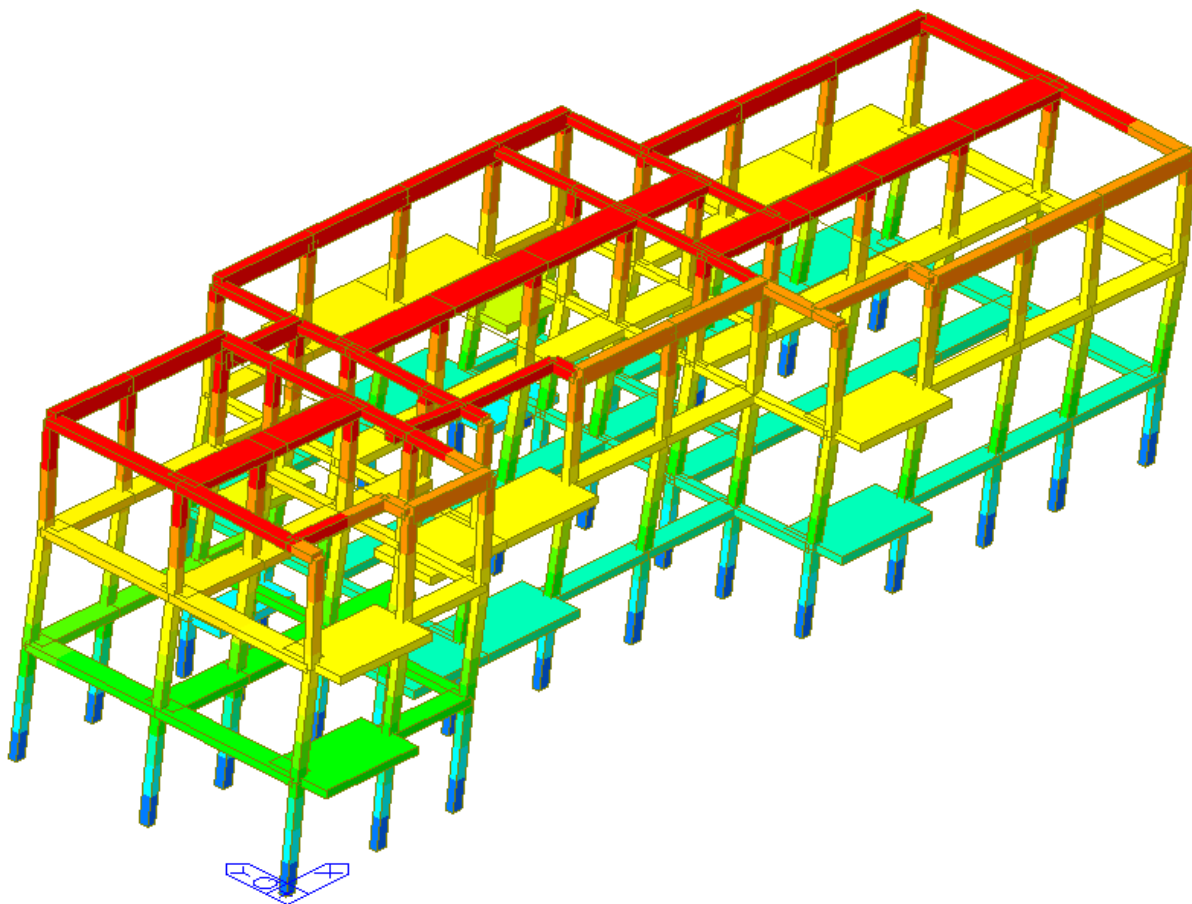


Figura 6-7: Modo 3 traslazionale in direzione x

#### 6.4 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)	1697.457591	21.505963	0.781869			
SLV Y(R)	32.940115	1413.618181	4.712891			

Figura 8: Reazioni vincolari e relativo tagliante sismico in direzione X e Y

Ai modi traslazionali principali in X (periodo 0,4187 sec) ed in Y (periodo 0,6553 sec) corrispondono valori dell'accelerazione uguali al tratto di *plateau* dello spettro di risposta  $q=1,5$ .

$$S_d(X) = 0,247 \text{ g}$$

$$S_d(Y) = 0,247 \text{ g}$$

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



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 90 di 149

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

In cui:

- $S_a(T)$  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	-74.250	-1991.270	0.000	-2496.136	-4561.656
G2	0.000	-1914.934	-1594.885	0.000	0.000	-3509.819
Qres	0.000	0.000	-971.612	0.000	0.000	-971.612
Qbalc	0.000	-478.660	0.000	0.000	0.000	-478.660
SUMMATION OF TOTAL LOAD PRINTOUT						
	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
	0.000	-2467.844	-4557.767	0.000	-2496.136	-9521.747

In combinazione sismica si hanno i seguenti carichi

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

$$G_{1,E} = 4561.66 \text{ kN}$$

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

$$G_{2,E} = 3509.82 \text{ kN}$$

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

$$Q_{res,E} = 0.3 \cdot Q_{res} = 0.3 \cdot 971.61 = 291.48 \text{ kN}$$

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

$$Q_{balc,E} = 0.3 \cdot Q_{balc} = 0.3 \cdot 478.66 = 143.60 \text{ kN}$$

**TOT Comb. SLV** → 4561.66+3509.82+291.48+143.60 = **8506.56 kN**

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

$$F_x = \frac{0,247 \text{ g} \cdot 8506.56 \text{ kN}}{g} = 2101.12 \text{ kN}$$

$$F_y = \frac{0,247 \text{ g} \cdot 8506.56 \text{ kN}}{g} = 2101.12 \text{ kN}$$

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'80% per il modo in x e a circa il 70% per il modo in y, si ha:

$$F_x = 0.82 \cdot 2101.12 = 1722.92 \text{ kN}$$

$$F_y = 0.68 \cdot 2101.12 = 1428.76 \text{ kN}$$

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

$$F_{x,fem} = 1697.46 \text{ kN}$$

$$F_{y,fem} = 1413.62 \text{ kN}$$

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





## **6.5 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.



## **6.6 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.



### 6.6.1 Caratteristiche di sollecitazione allo SLU

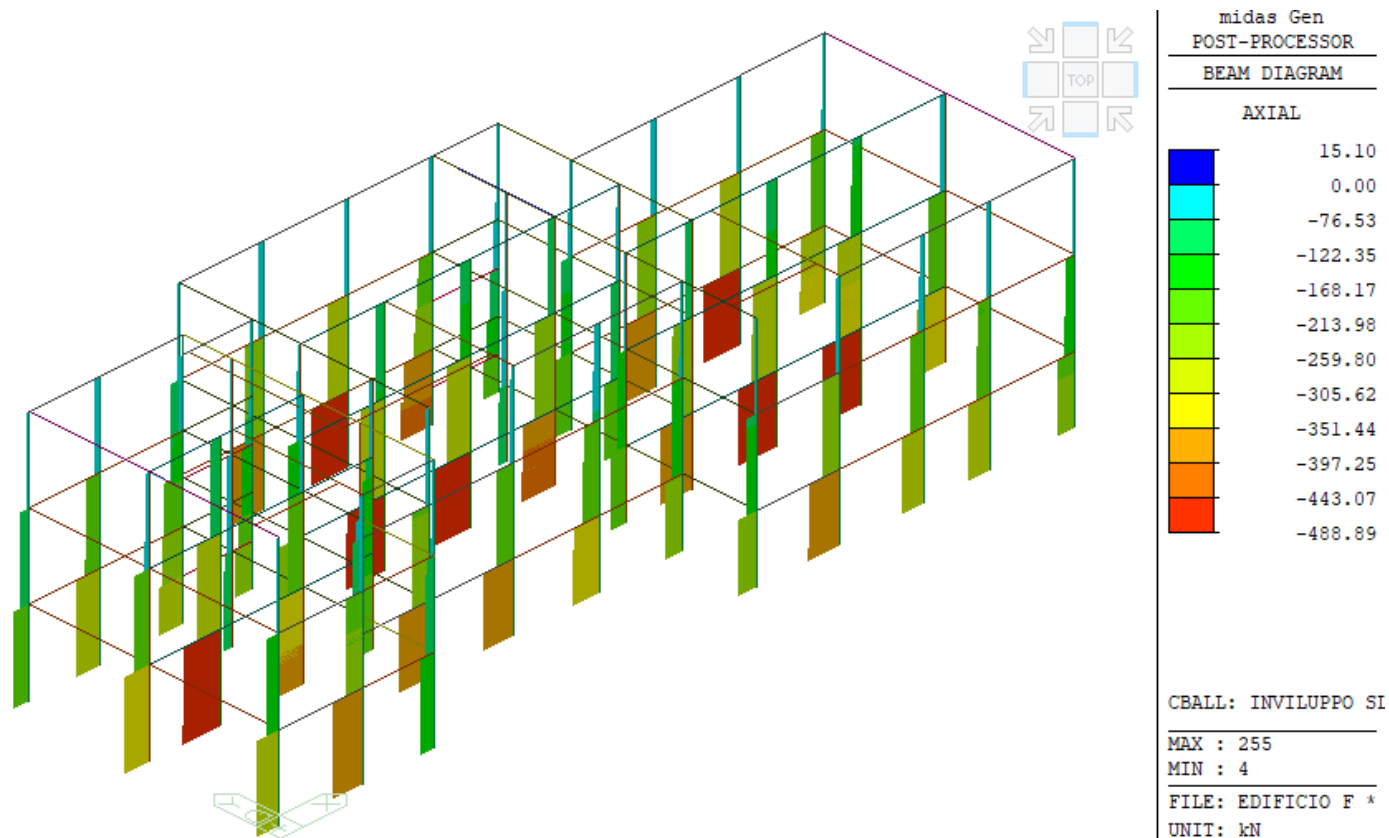


Figura 6-9: Diagramma di involucro dello Sforzo Normale N allo SLU

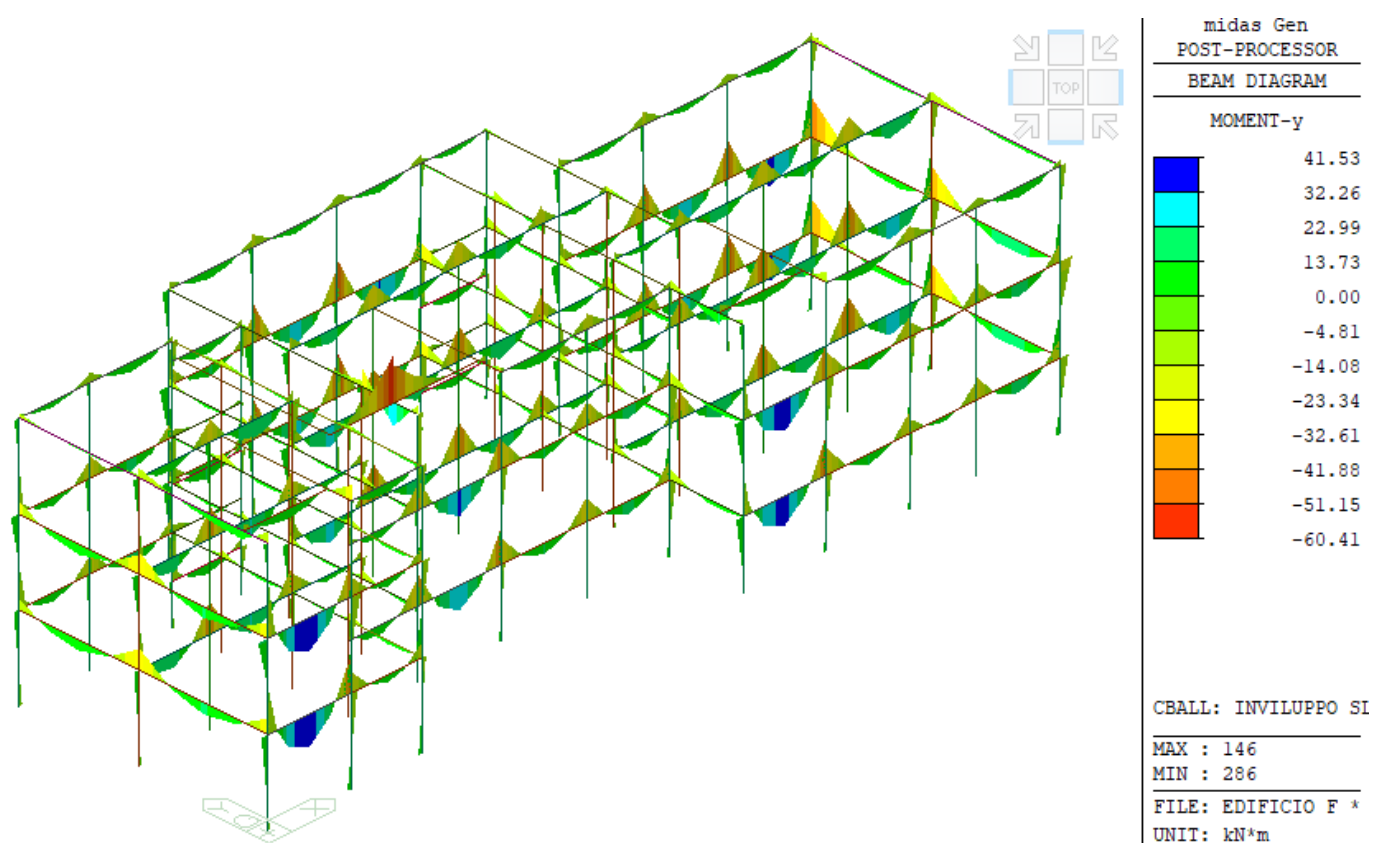
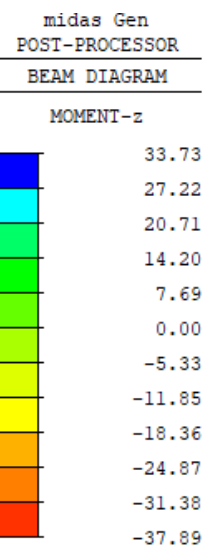
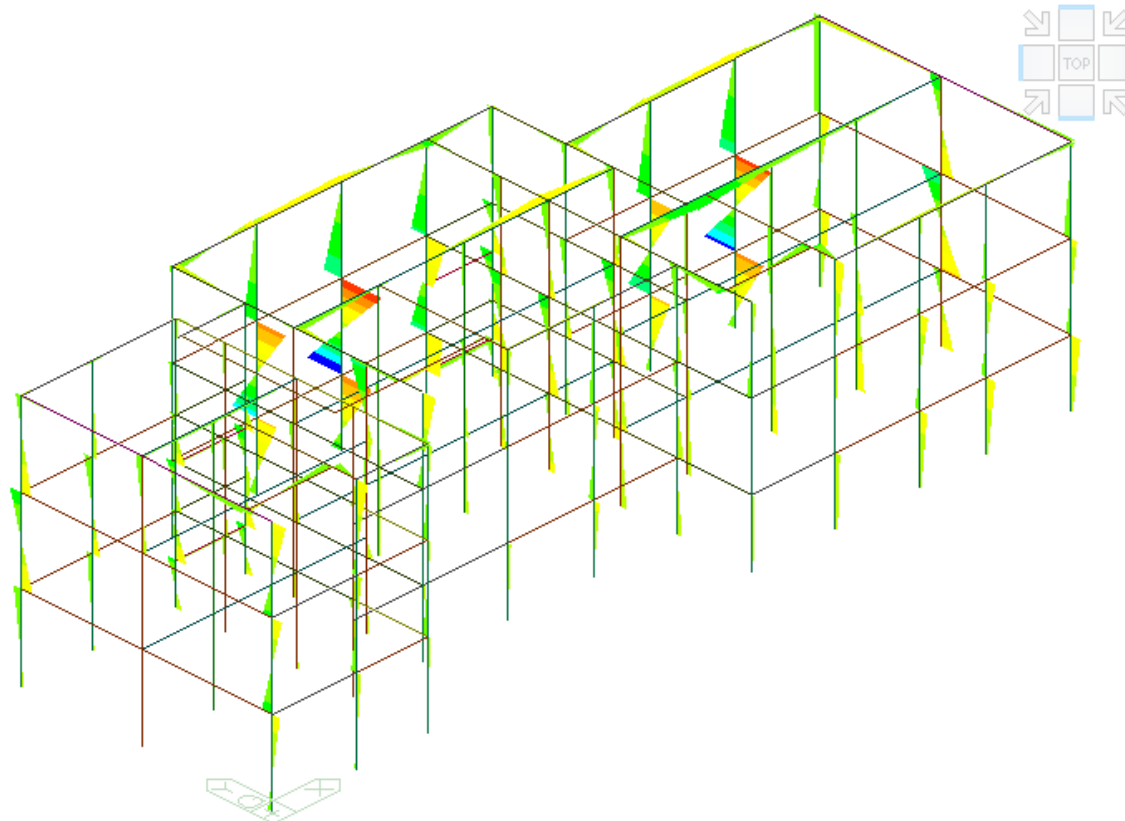
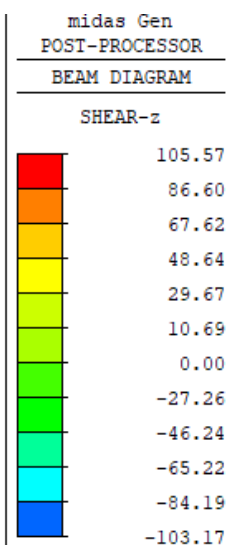
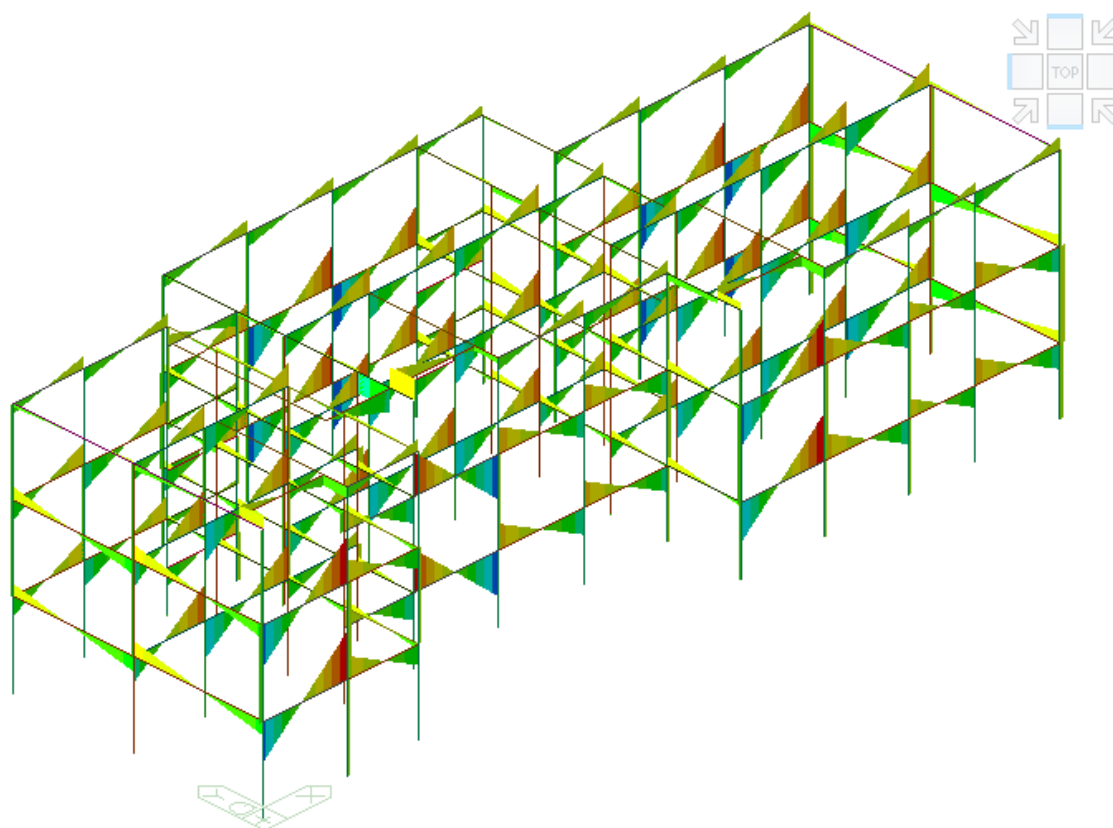


Figura 6-10: Diagrammi di involucro del Momento Flettente y allo SLU



CBALL: INVILUPPO SI  
MAX : 57  
MIN : 57  
FILE: EDIFICIO F \*  
UNIT: kN\*m

Figura 6-11: Diagrammi di involucro del Momento Flettente z allo SLU



CBALL: INVILUPPO SI  
MAX : 145  
MIN : 170  
FILE: EDIFICIO F \*  
UNIT: kN

Figura 6-12: Diagramma di involucro del Taglio z allo SLU

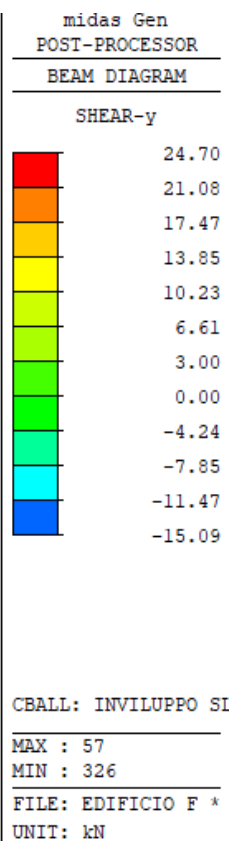
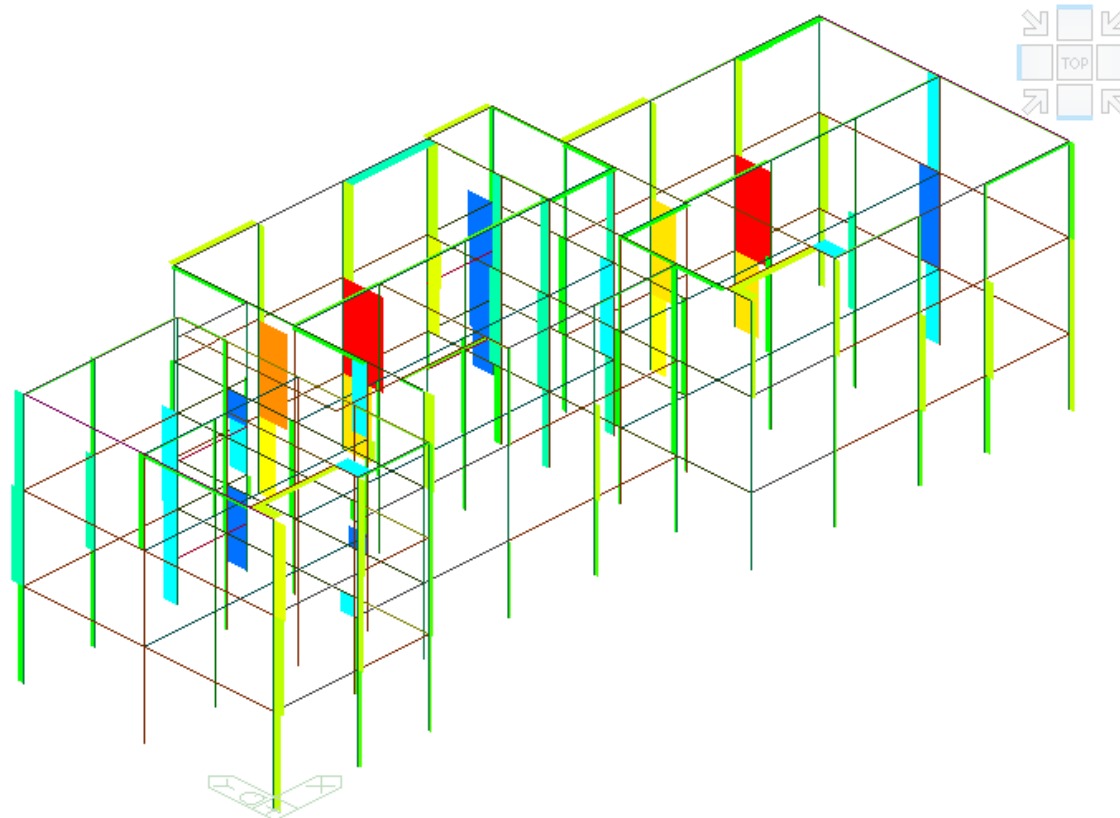


Figura 6-13: Diagramma di involucro del Taglio y allo SLU



## 6.6.2 Caratteristiche di sollecitazione allo SLV

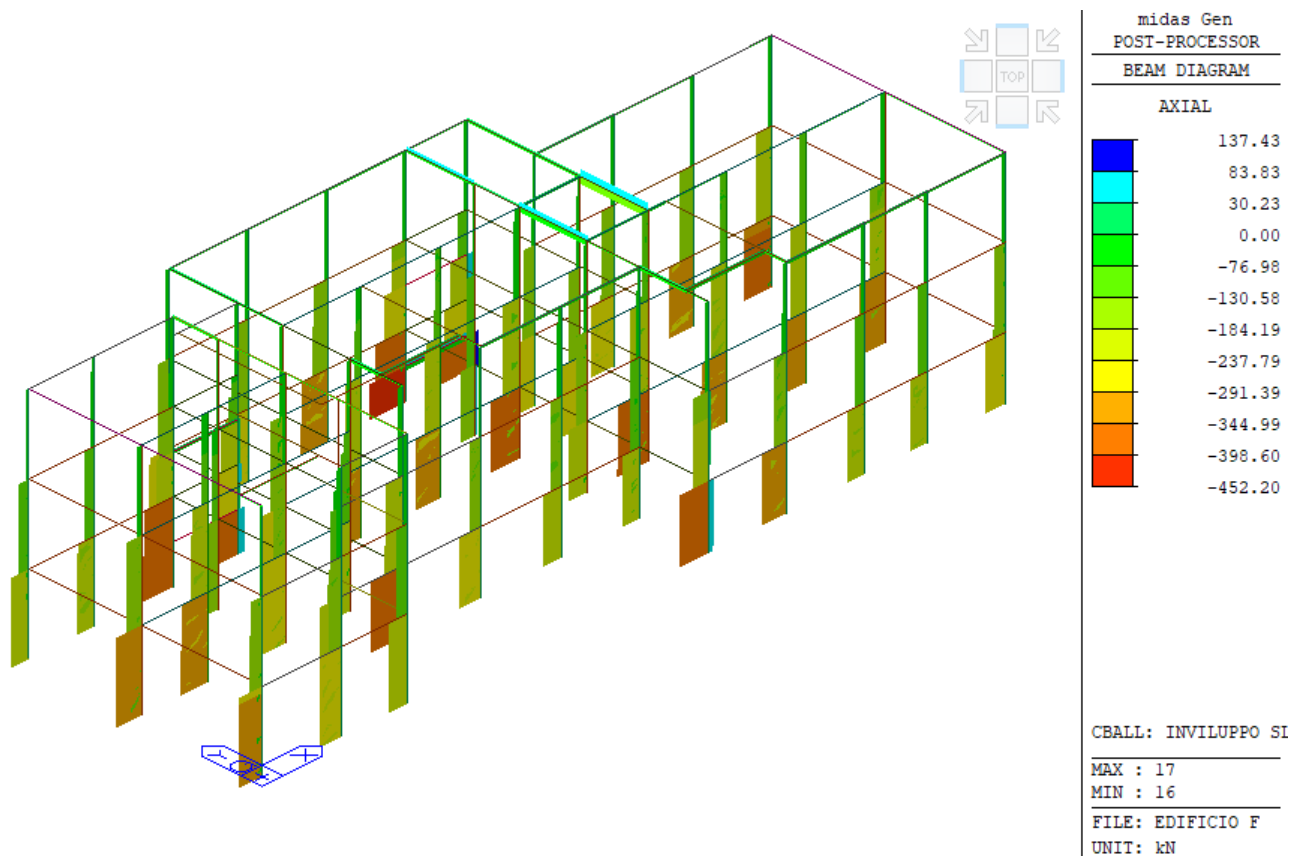


Figura 6-14: Diagramma di involucro dello Sforzo Normale N allo SLV

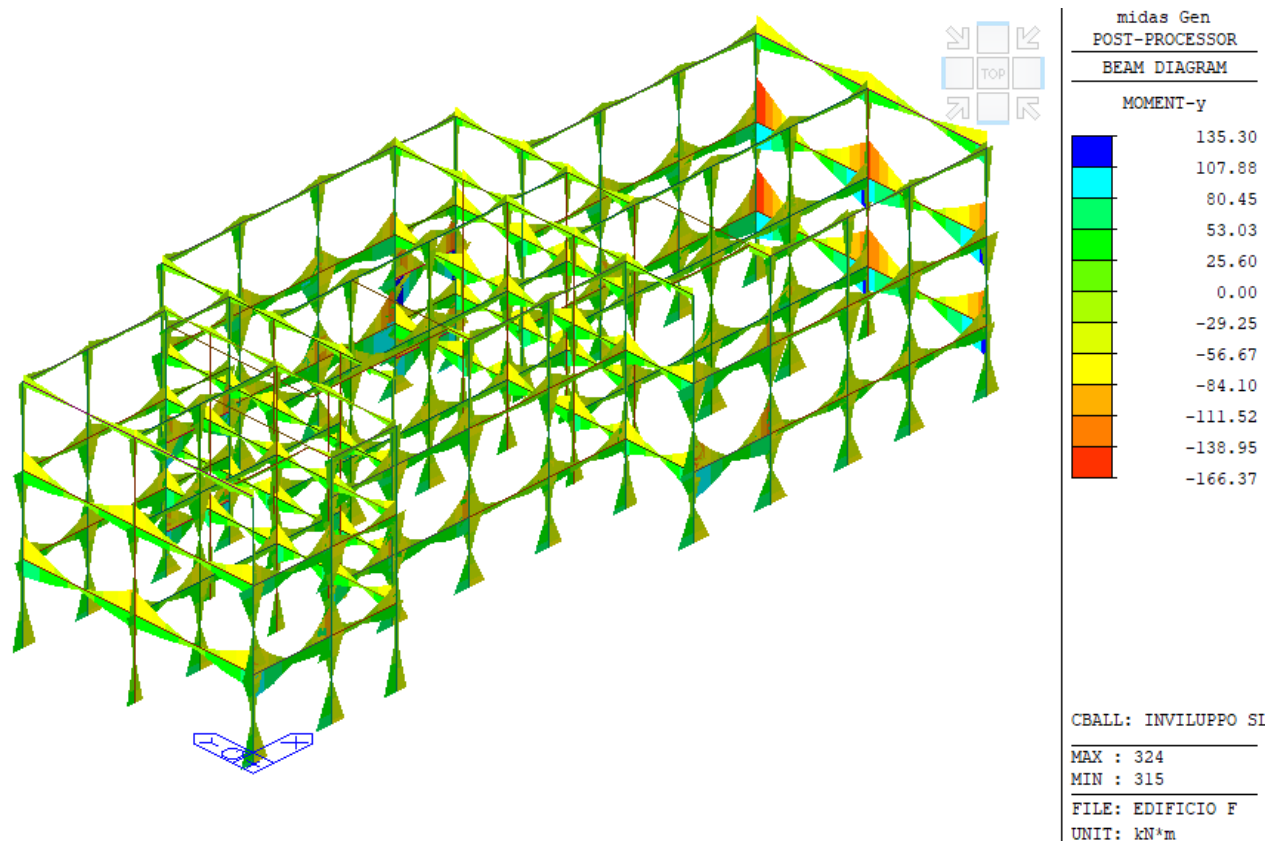


Figura 6-15: Diagrammi di involucro del Momento Flettente y allo SLV

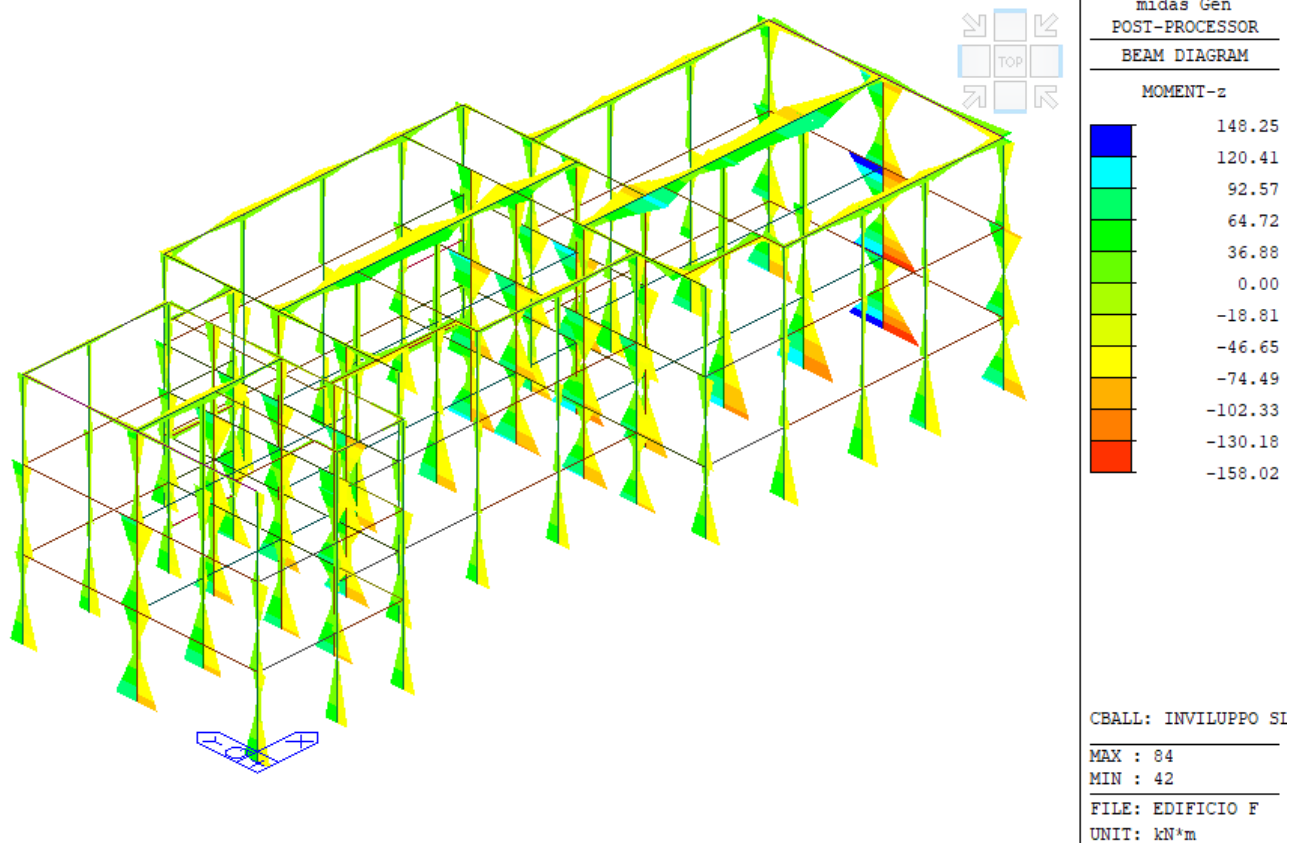


Figura 6-16: Diagrammi di involucro del Momento Flettente z allo SLV

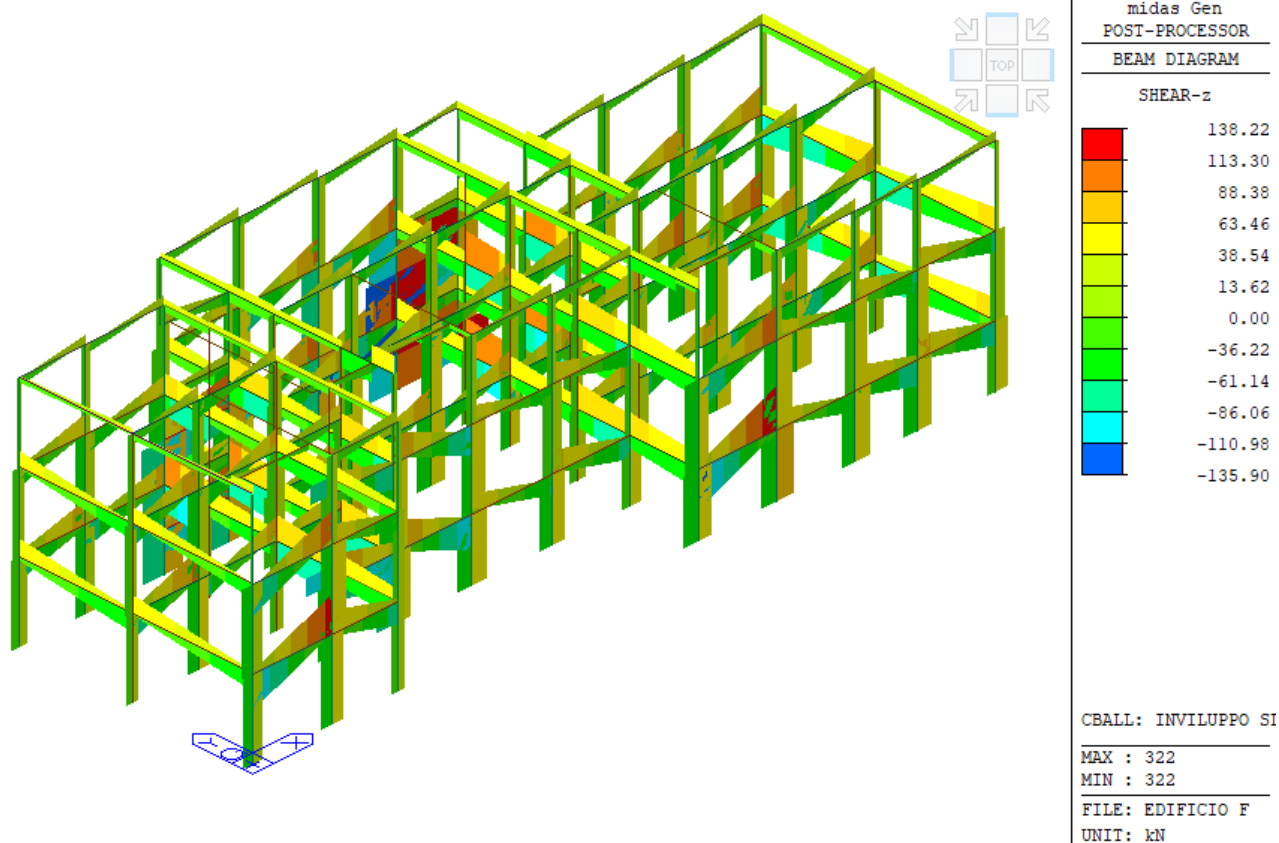


Figura 6-17: Diagramma di involucro del Taglio z allo SLV

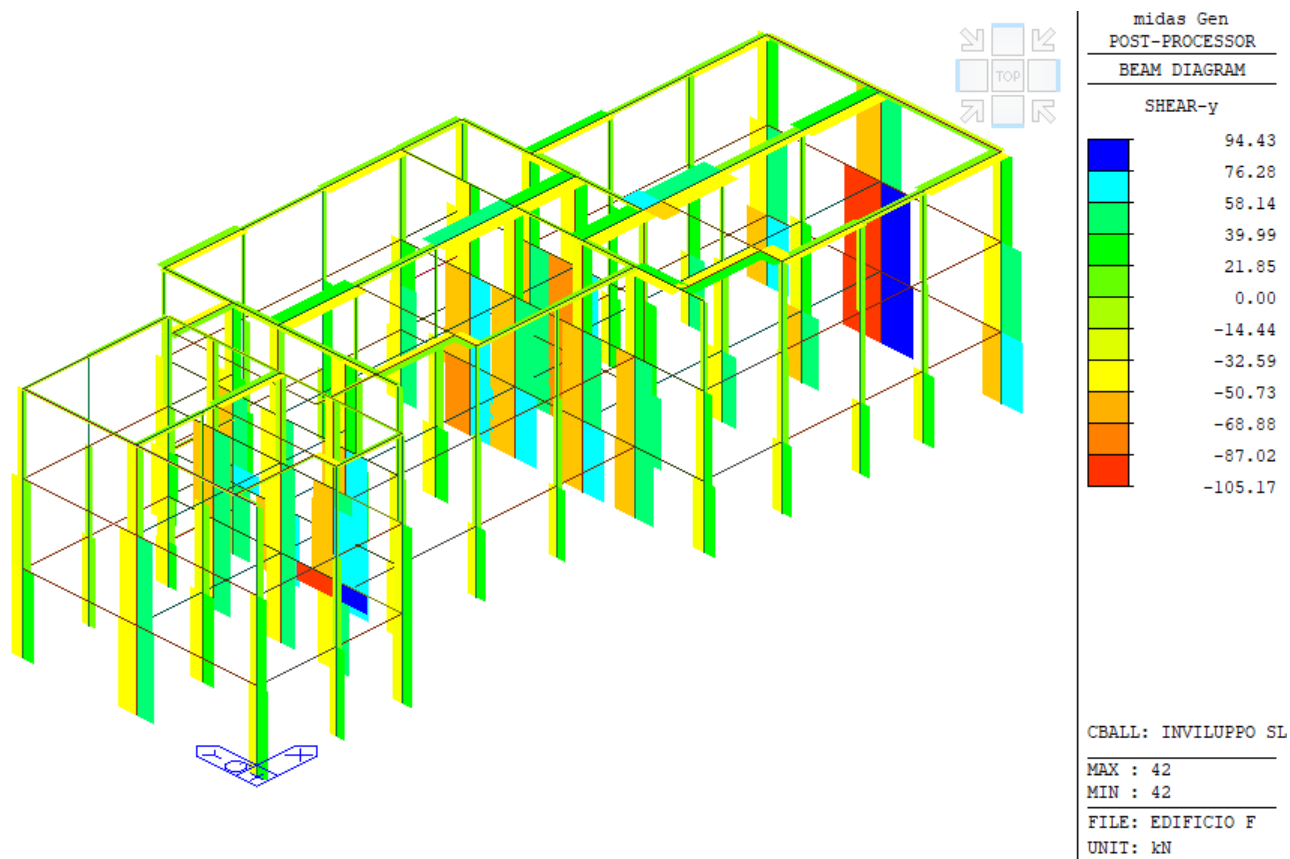


Figura 6-18: Diagramma di involucro del Taglio y allo SLV





### 6.6.3 Deformata strutturale allo SLV

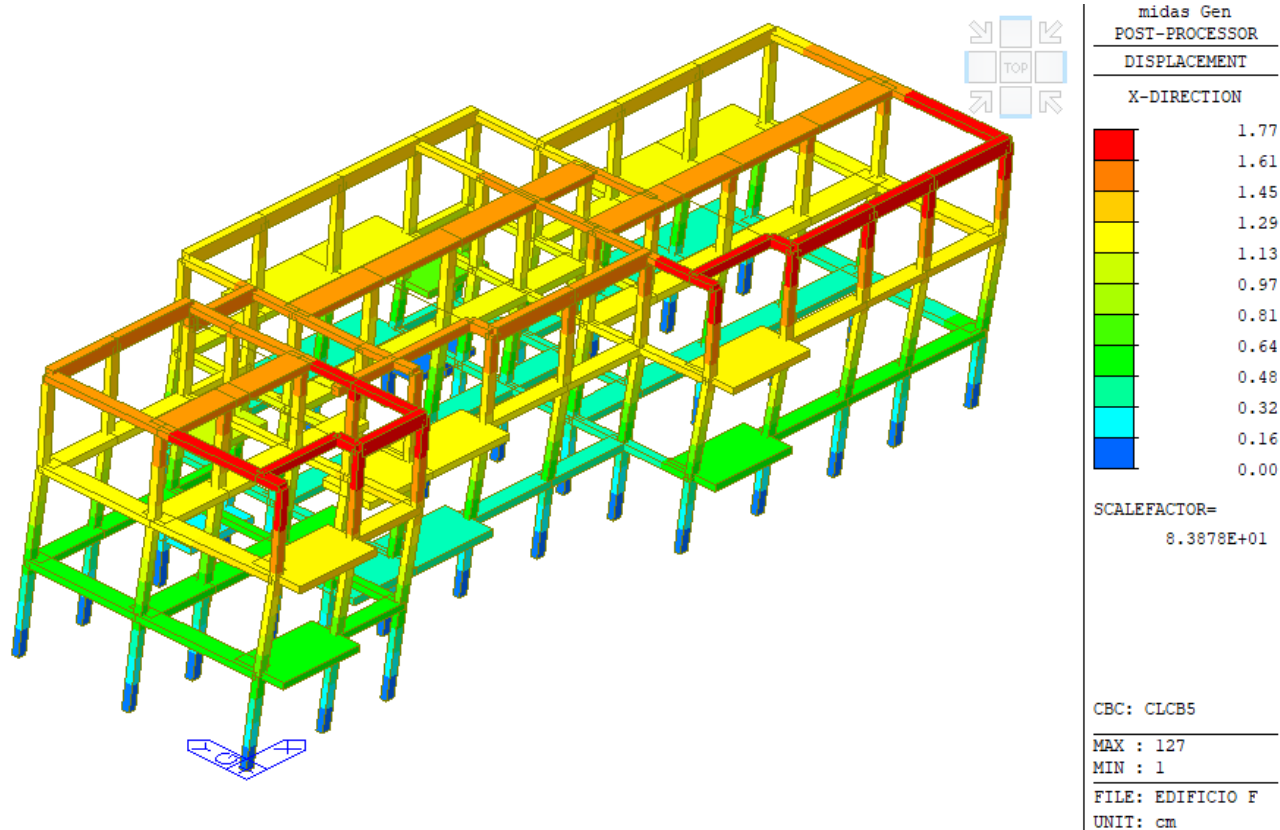


Figura 6-19: Deformata per sisma dominante in direzione X

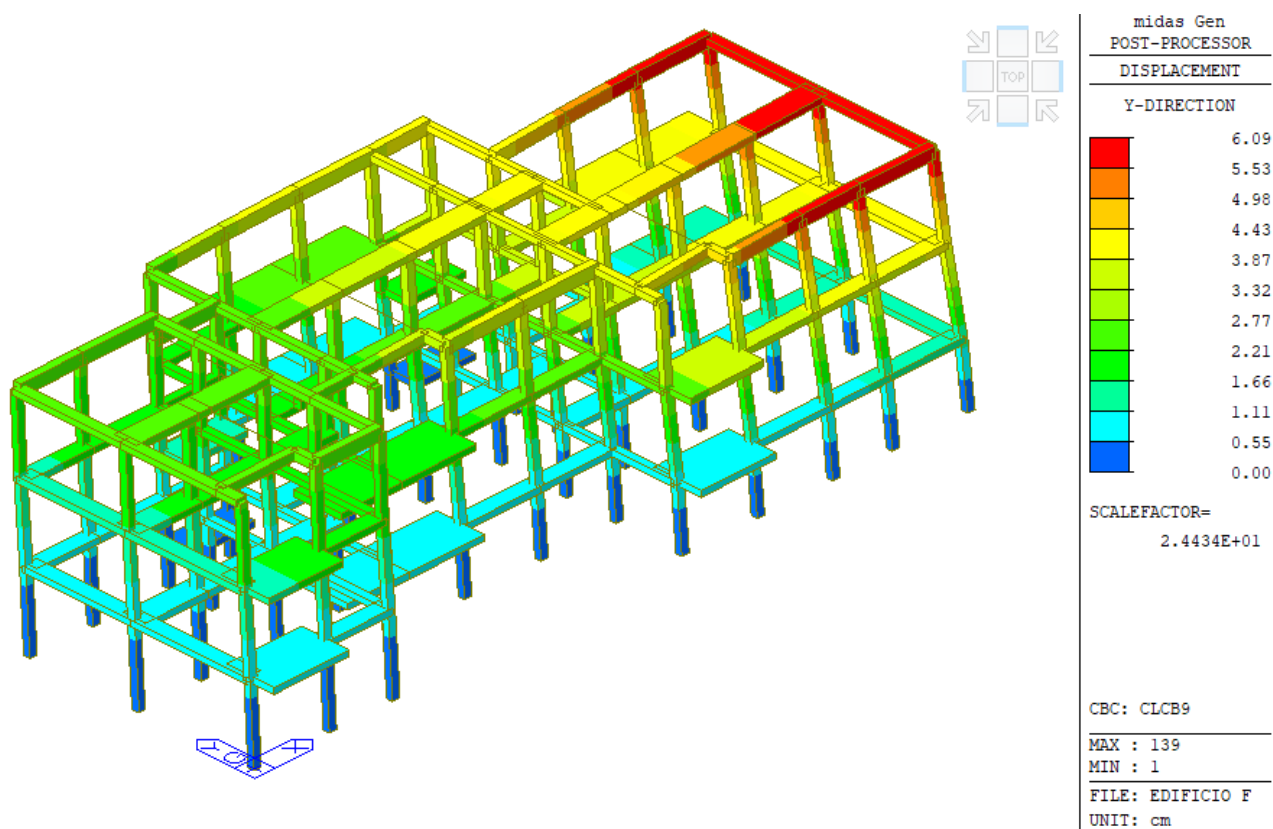


Figura 6-20: Deformata per sisma dominante in direzione Y



## **6.7 Verifiche elementi strutturali allo SLU**

Nel presente capitolo si riportano le verifiche allo SLU per soli carichi verticali. In particolare, per brevità di rappresentazione si riporta di seguito la verifica allo SLU dell'elemento strutturale a cui è associato il livello di sicurezza più basso. I criteri di verifica per gli elementi strutturali sono riportati di seguito.

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 ad inclinazione variabile. 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 considerando un'inclinazione del puntone che conduce ad una rottura equilibrata e variabile tra  $21,8^\circ$  e  $45^\circ$ .

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 considerando un'inclinazione del puntone che conduce ad una rottura equilibrata e variabile tra  $21,8^\circ$  e  $45^\circ$ . Inoltre per carichi statici le armature longitudinali sagomate contribuiscono al meccanismo di resistenza a taglio, pertanto, si computa tale contributo.



### 6.7.1 Verifica travi 60x23 cm

Di seguito si riportano le sollecitazioni allo SLU delle travi 90x23 a cui è associato il livello di sicurezza minore.

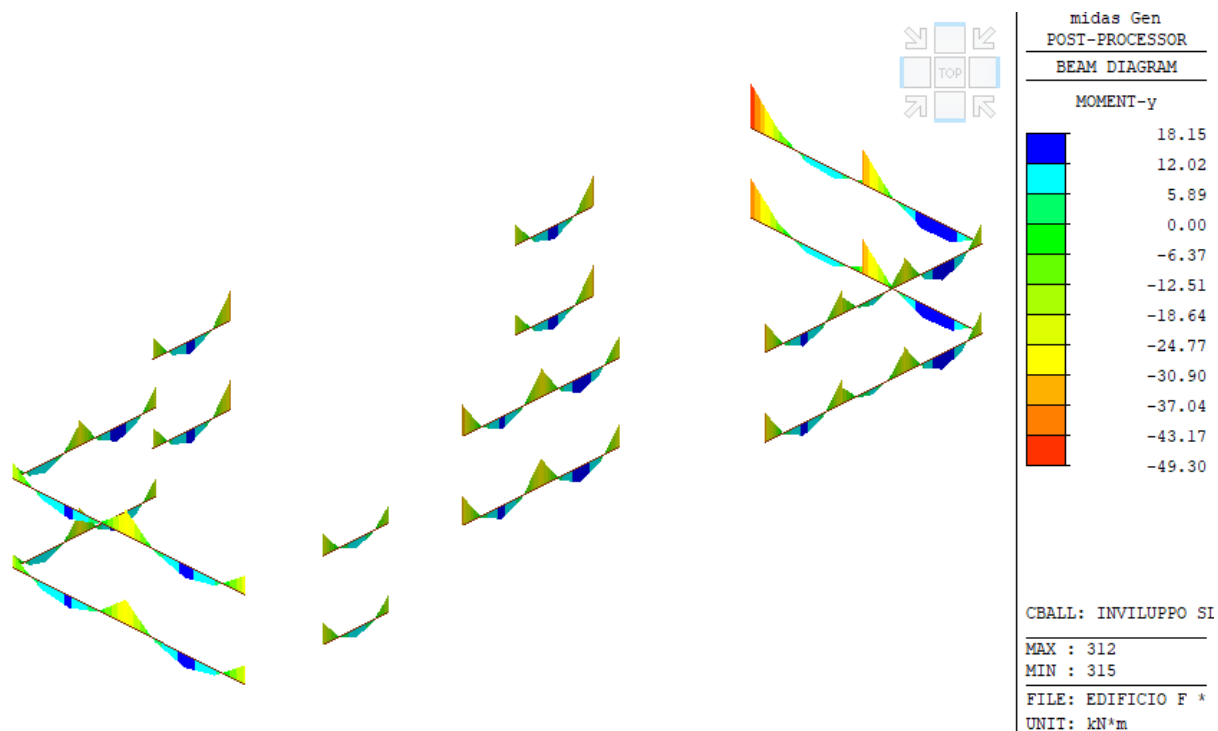


Figura 21: Sollecitazioni di momento flettente  $M_y$  per le travi 60x23 – SLU

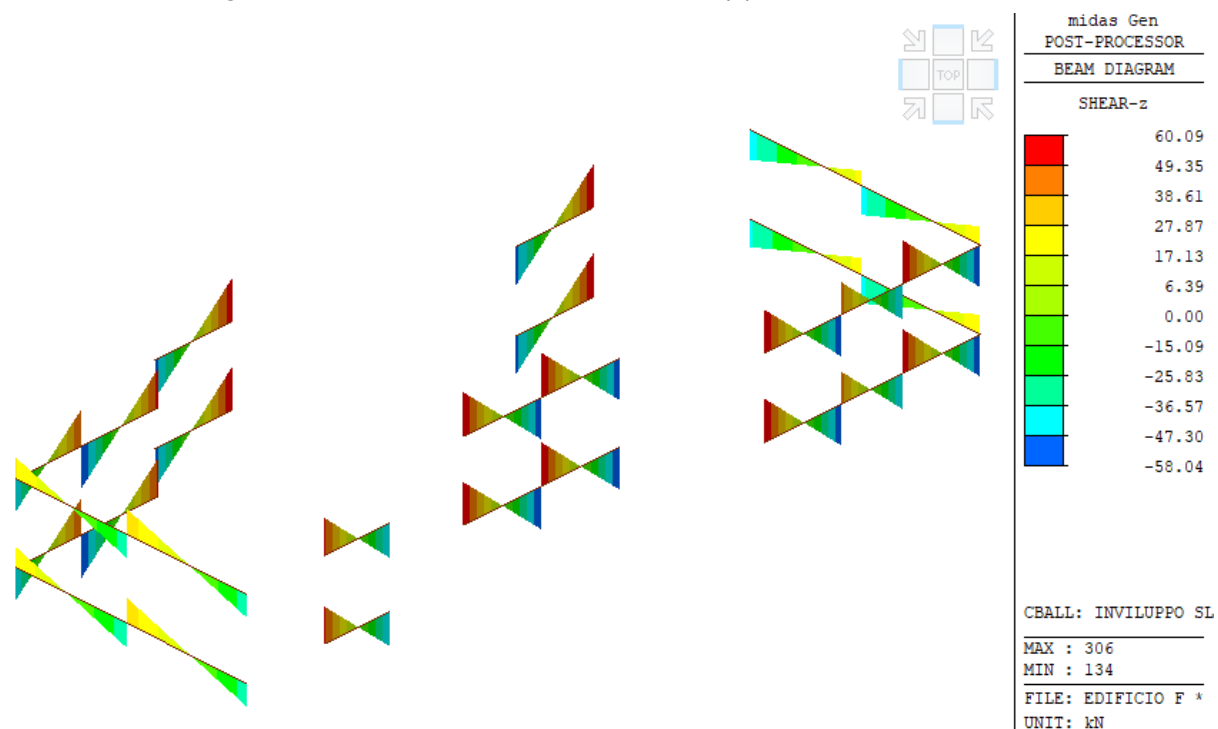


Figura 22: Sollecitazioni di taglio  $F_z$  per le travi 60x23 – SLU

Si riporta inoltre, per la trave maggiormente sollecitata in appoggio il calcolo delle sollecitazioni di calcolo.



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 102 di 149

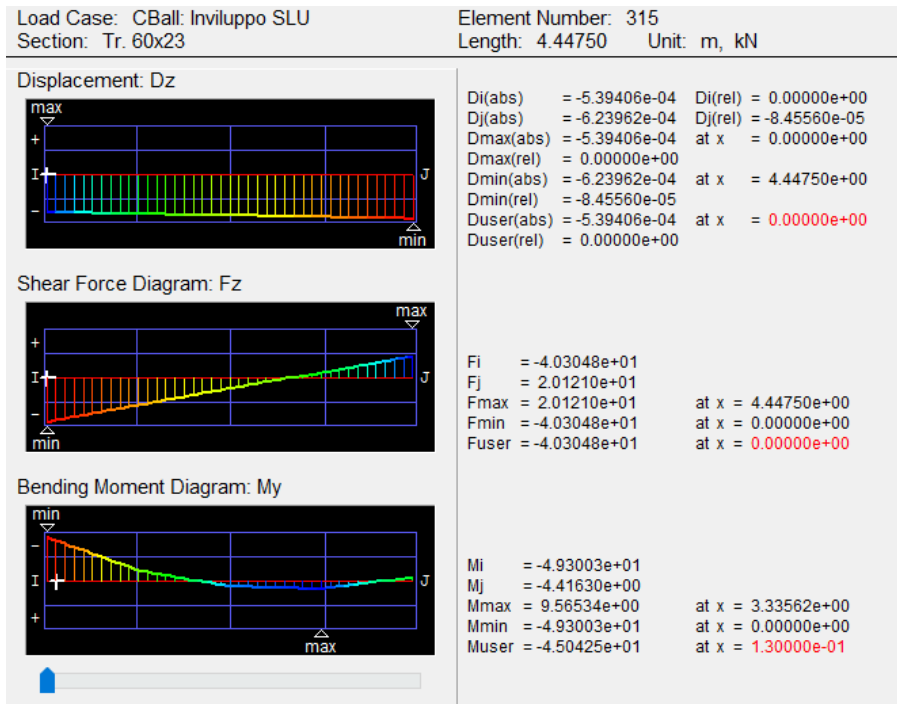


Figura 23: Valore del momento flettente in appoggio

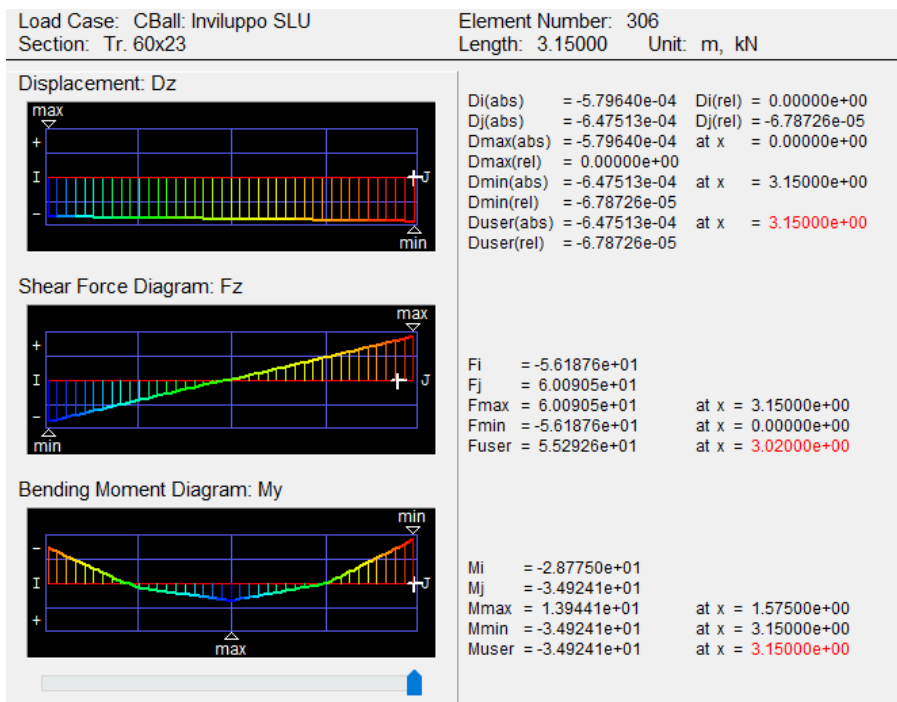


Figura 24: Valore del taglio in appoggio

**Verifica a flessione positiva in mezzeria**



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,16	20,5
2	1,57	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 18,15 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  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 422,4 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,33 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 [?]   
ε<sub>syd</sub> 2,112 ‰ 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> 49,99 kN m  
σ<sub>c</sub> -17,33 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 422,4 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 21,19 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,906 x/d 0,1417  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

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

Figura 6-25: Verifica a flessione positiva trave 60x23 – SLU

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,08	20,5
2	6,91	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -45,04 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  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 422,4 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,33 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 [?]   
ε<sub>syd</sub> 2,112 ‰ 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> -55,7 kN m  
σ<sub>c</sub> -17,33 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 422,4 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 20,24 ‰  
d 20,5 cm  
x 3,022 x/d 0,1474  
δ 0,7

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

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

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

Figura 6-26: Verifica a flessione negativa trave 60x23 – SLU

### Verifica a taglio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 104 di 149

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
600	230	25	205

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	367.34	21.80	90	47.91
Barre sagomate	$\phi_w$ [mm]	n° barre	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\sin \alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]	
	14	2	307.88	45	367.34	0.707	79.97	
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	600	205	1.00	0.5	11.56	21.8	90	220.54

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
220.54	127.88	<b>127.88</b>	<b>55.29</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			

Si può osservare che allo SLU per soli carichi verticali, la struttura risulta adeguata. 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, il quale risulta essere l'elemento con il più basso livello di sicurezza:

- $\zeta_{v,flessione} = 1.24$ ;
- $\zeta_{v,taglio} = 2.31$ .

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



### 6.7.2 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 20+4, con travetti di larghezza 8 cm posti ad interasse di 40 cm, ordito lungo il lato corto dell'edificio con luci pari a 4,05 m e 4,35 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.

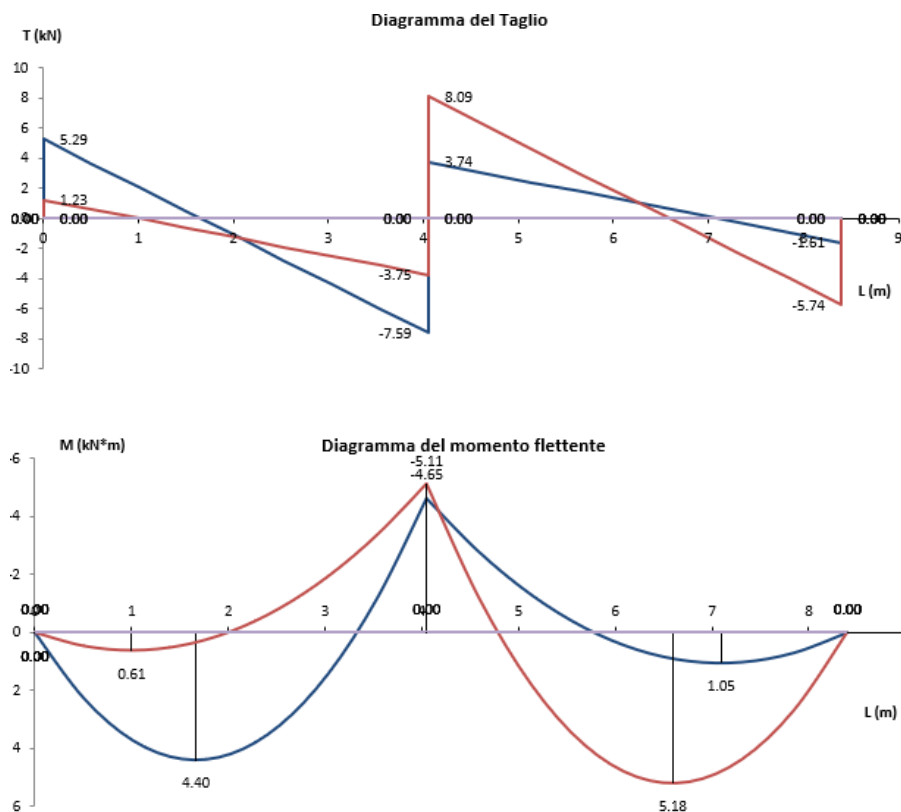


Figura 27: Sollecitazioni su solaio – SLU

Le massime sollecitazioni di flessione e taglio sono pari a  $M_{Ed} = 5.18 \text{ kNm}$  nella mezzeria e  $V_{Ed} = 6.65 \text{ kNm}$  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	8	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	0,57	22,5

**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 acciaio - 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>o</sub>  cm Col. modello  
M-curvatura  
☐ Precompresso

Figura 28: Verifica a flessione solaio – SLU

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
80	240	10	230

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]
1.93	0.00307	20.80	0.15	80	230	0.429	7.92

VERIFICA	
V <sub>Rd</sub> (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)
7.92	6.65

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:

- $\zeta_{v,flessione} = 1.04a$ ;
- $\zeta_{v,taglio} = 1.19$ .

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





## **6.8 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.



### 6.8.1 Verifica pilastri 30x30 cm

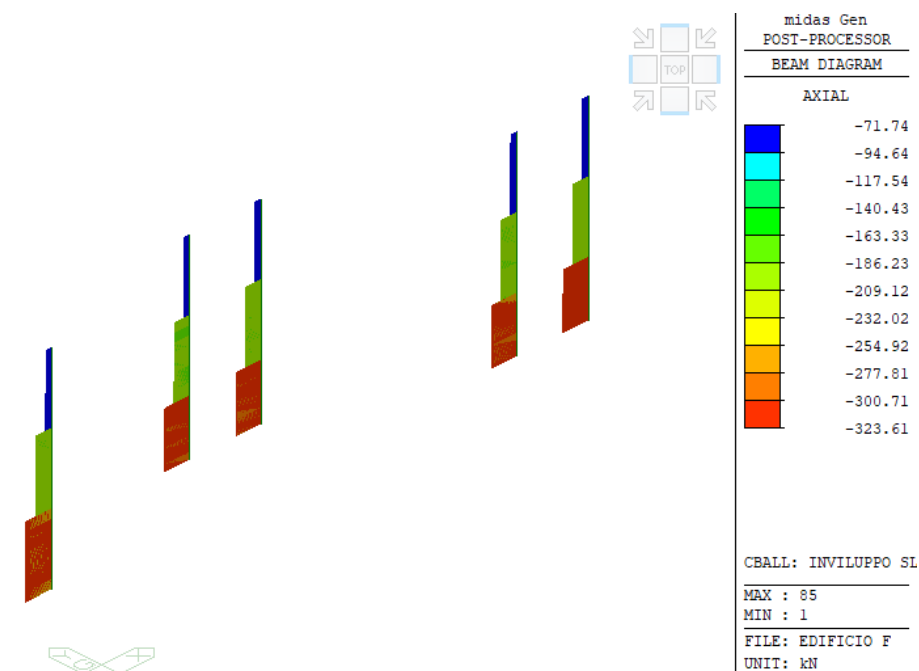


Figura 29: Sforzo normale Pilastri 30x30

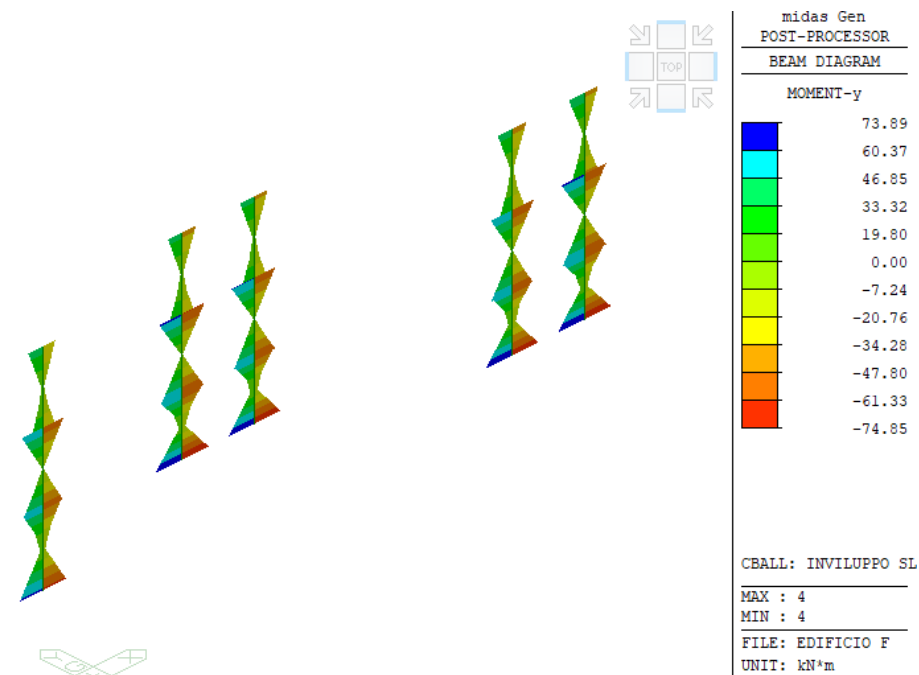


Figura 30: Momento My Pilastri 30x30

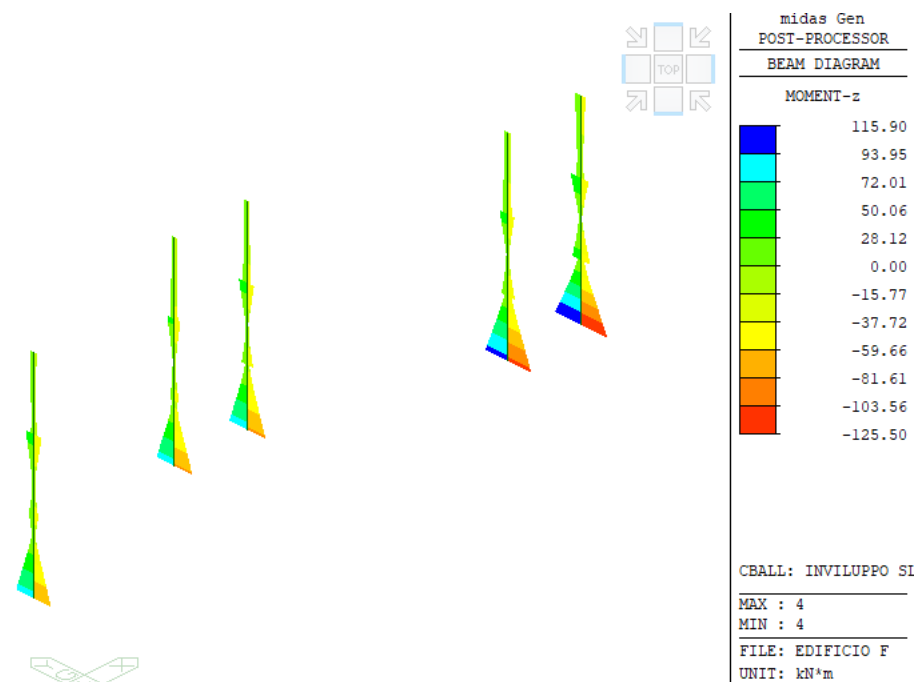


Figura 31: Momento Mz Pilastrì 30x30

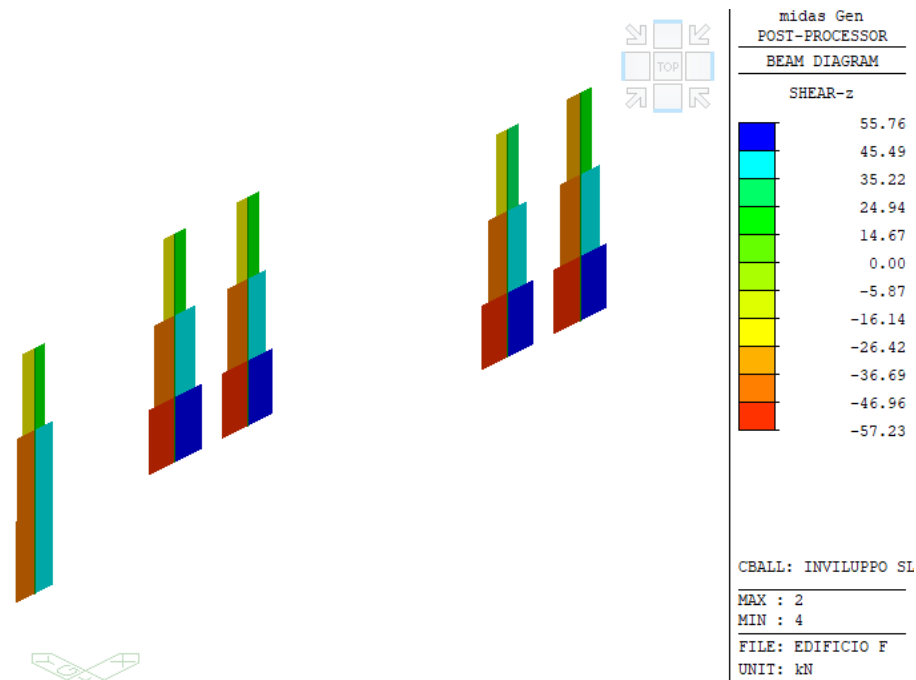


Figura 32: Taglio Fz Pilastrì 30x30

## Verifica a pressoflessione



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 110 di 149

**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	27,5	2,5
3	1,54	2,5	27,5
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** 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<sub>xRd</sub>**  kNm  
**M<sub>yRd</sub>**  kNm  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
**d**  cm  
**x**  **x/d**   
**y**  **y/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]**  
- NEd = 310,67 kN

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

**Valori** **Infiltrisci punti**

Figura 6-33: 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> [mm²]	s [mm]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]
	6	2	56.55	150	367.34	45	90	34.27
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	11.56	45	90	214.50



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 111 di 149

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
214.50	34.27	<b>34.27</b>	<b>57.23</b>

**VERIFICA NON SODDISFATTA**



## 6.8.2 Verifica pilastri 25x30 cm

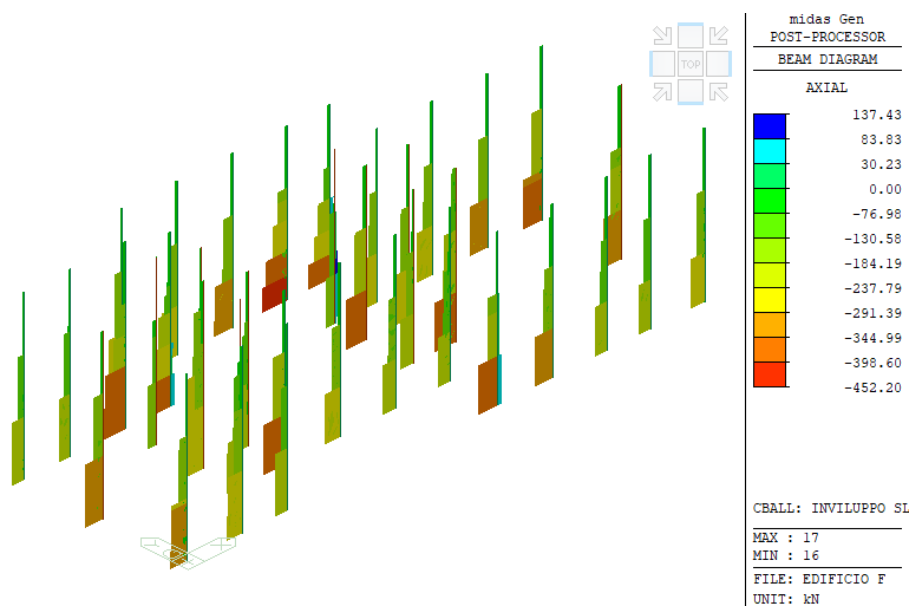


Figura 34: Sforzo normale Pilastri 25x30

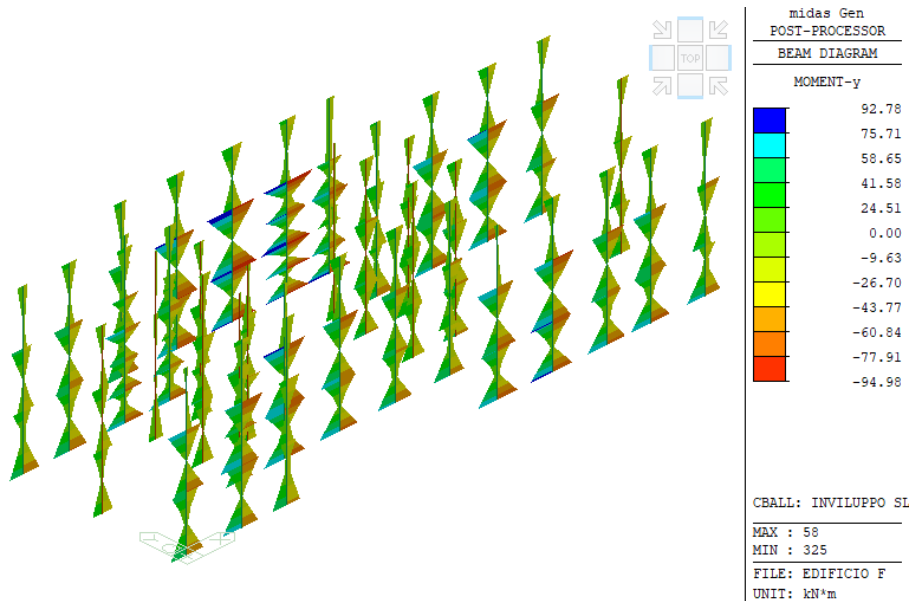


Figura 35: Momento My Pilastri 25x30

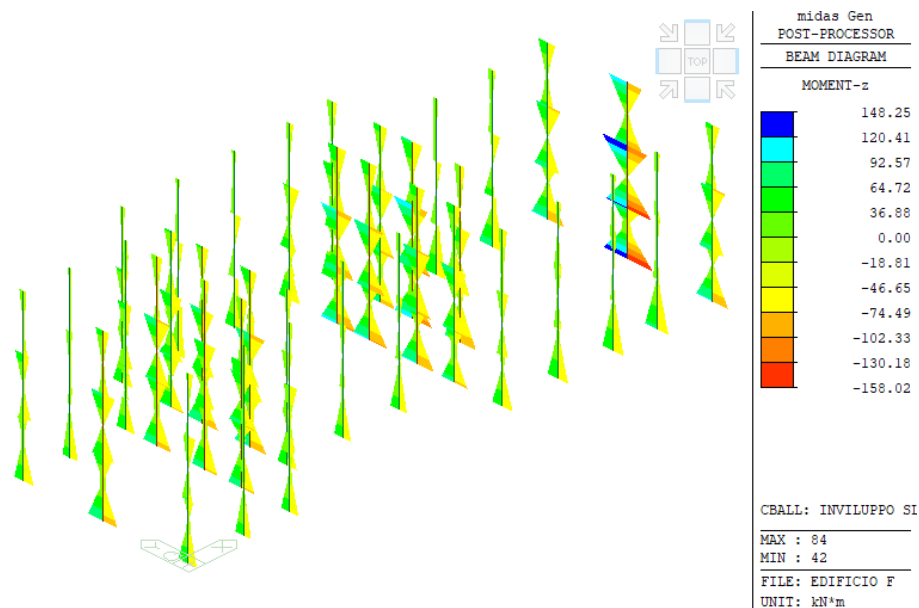


Figura 36: Momento  $M_z$  Pilastrì 25x30

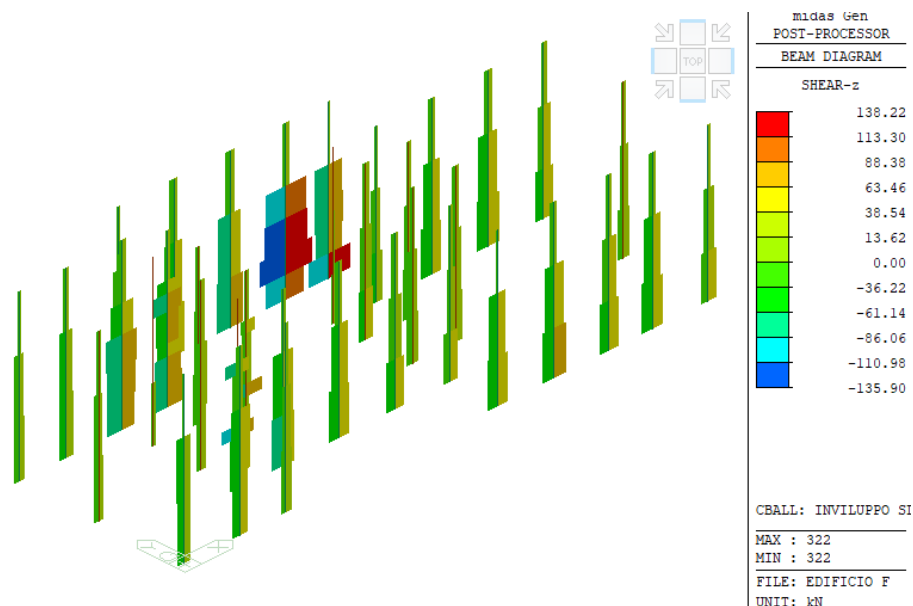


Figura 37: Taglio  $F_z$  Pilastrì 25x30

### Verifica a pressoflessione



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 114 di 149

**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	22,5	2,5
3	1,54	2,5	27,5
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**   
 $\delta$

**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

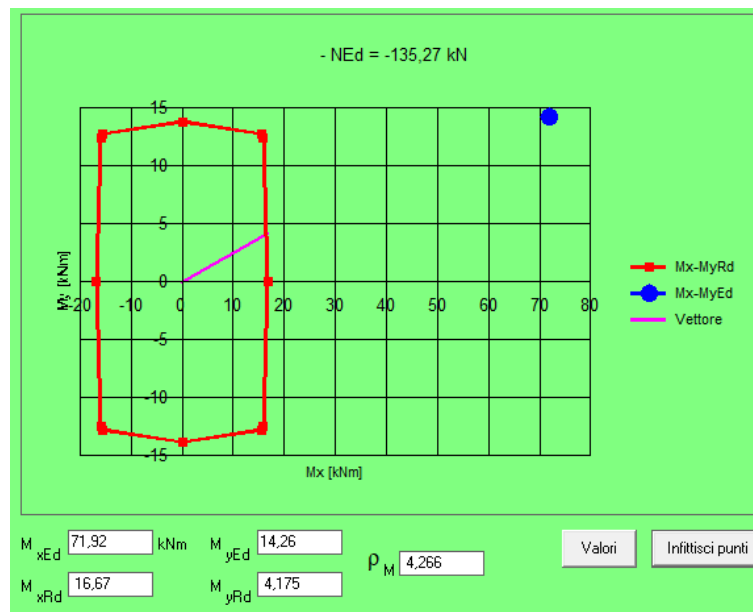


Figura 6-38: Verifica a pressoflessione pilastro 25x30 SLV

**Verifica a taglio**

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

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	A <sub>sw</sub> [mm²]	s [mm]	f <sub>ywd</sub> [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	V <sub>Rsd</sub> [kN]
	6	2	56.55	150	367.34	45	90	34.27
Calcestruzzo	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	f <sub>cd</sub> [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	V <sub>Rcd</sub> [kN]
	250	275	1.00	0.5	11.56	45	90	178.75





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 115 di 149

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
178.75	34.27	<b>34.27</b>	<b>138.22</b>

**VERIFICA NON SODDISFATTA**



### 6.8.3 Verifica travi 195x23 cm

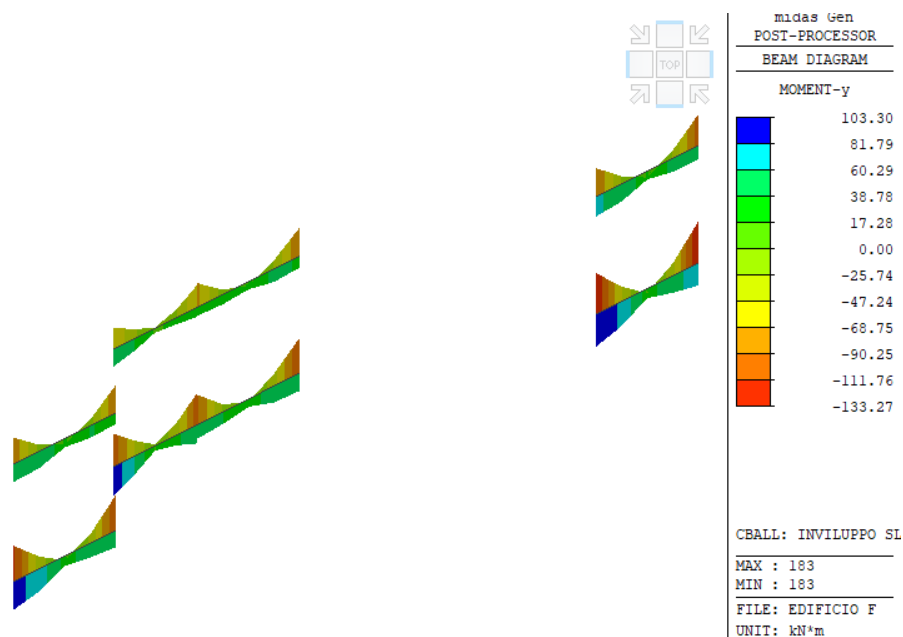


Figura 39: Momento My Travi 195x23

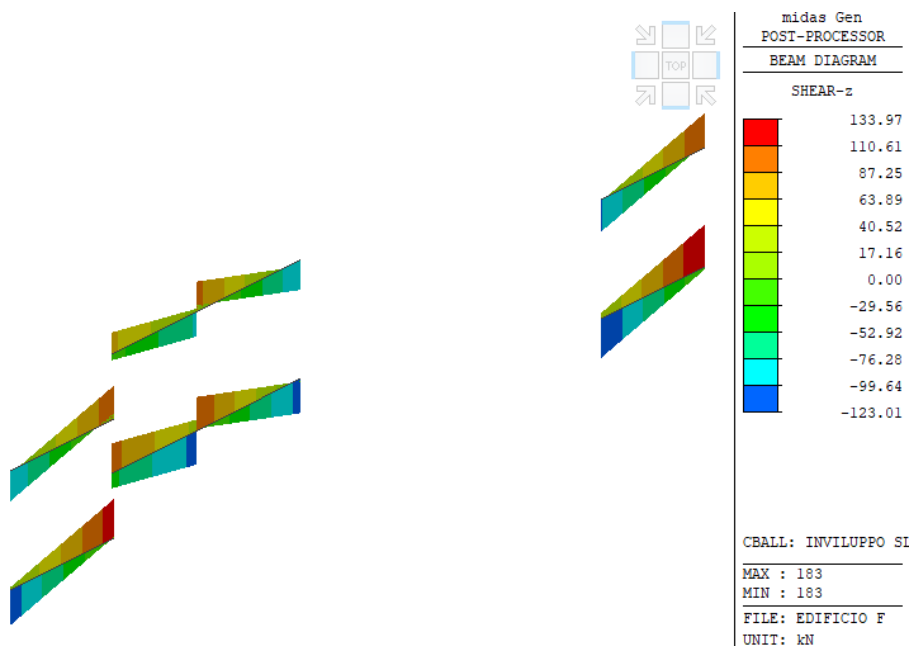


Figura 40: Taglio Fz Travi 195x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 117 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	195	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,54	20,5
2	10,62	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 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  33,46 ‰  
d 20,5 cm  
x 1,942 x/d 0,09471  
 $\delta$  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.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-41: Verifica a flessione positiva trave 195x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	195	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,54	20,5
2	10,62	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 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  31,43 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,054 x/d 0,1002  
 $\delta$  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.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-42: Verifica a flessione negativa trave 195x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 118 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1950	230	25	205

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	4	113.10	200	367.34	45	90	38.33
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	1950	205	1.00	0.5	11.56	45	90	1039.35

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
1039.35	38.33	<b>38.33</b>	<b>133.97</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



#### 6.8.4 Verifica travi 60x23 cm

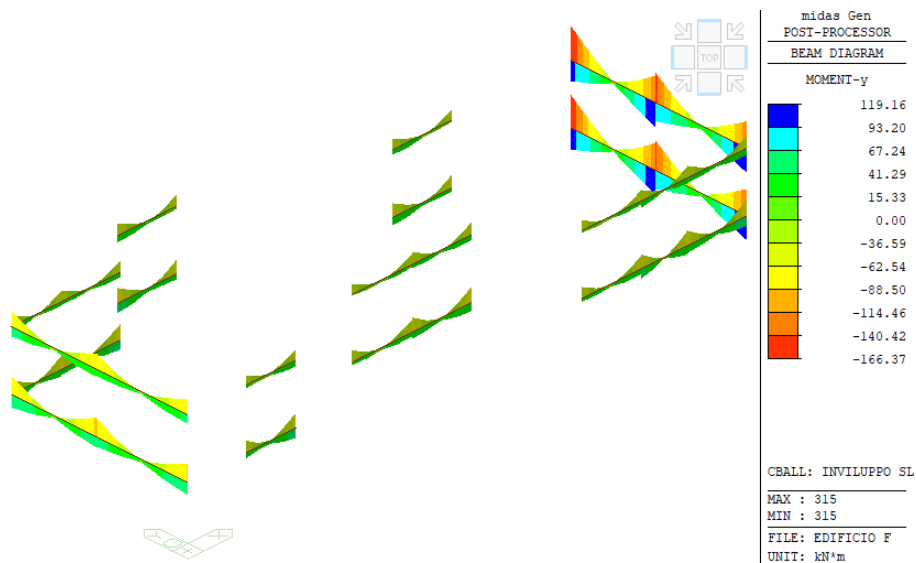


Figura 43: Momento My Travi 60x23

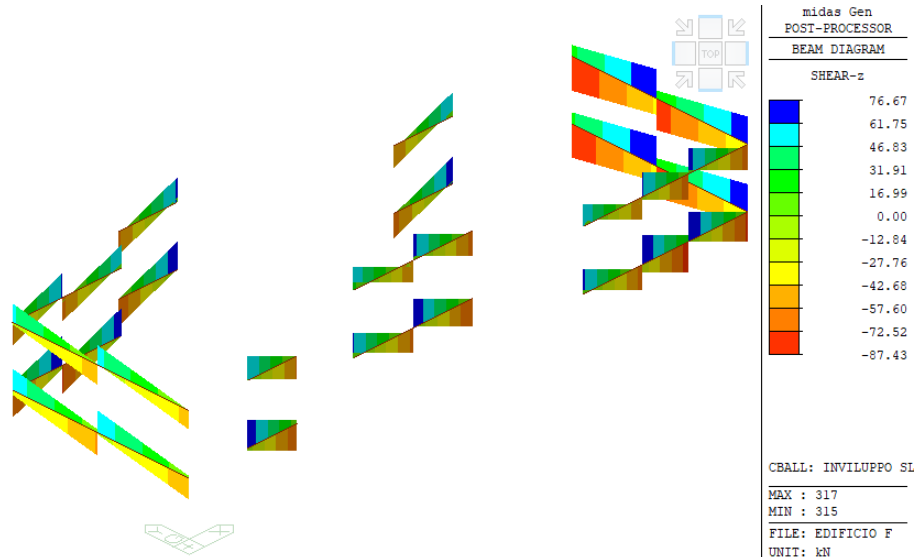


Figura 44: Taglio Fz Travi 60x23

#### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 120 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,08	20,5
2	4,65	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 6-45: Verifica a flessione positiva trave 60x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,08	20,5
2	4,65	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 6-46: Verifica a flessione negativa trave 60x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 121 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
600	230	25	205

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	367.34	45	90	19.16
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	600	205	1.00	0.5	11.56	45	90	319.80

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
319.80	19.16	<b>19.16</b>	<b>87.43</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.5 Verifica travi 90x23 cm

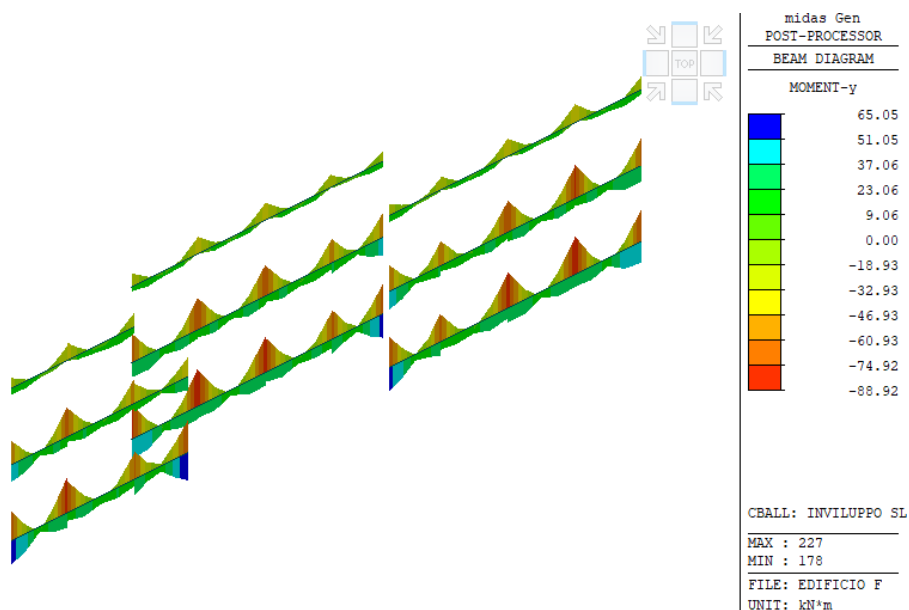


Figura 47: Momento My Travi 90x23

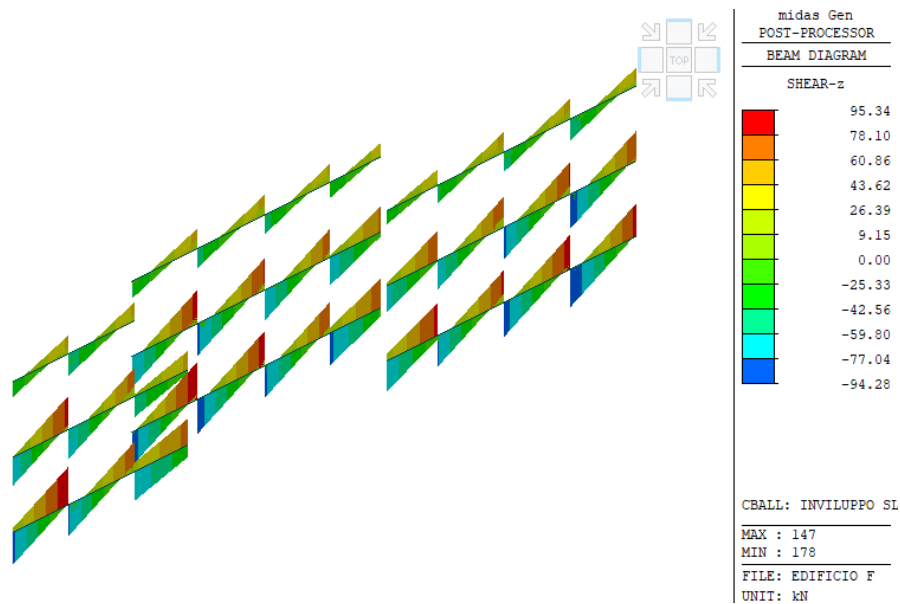


Figura 48: Taglio Fz Travi 90x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 123 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	90	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,52	20,5
2	6,22	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 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  30,31 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,122 x/d 0,1035  
 $\delta$  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.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-49: Verifica a flessione positiva trave 90x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	90	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,52	20,5
2	6,22	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 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  27,73 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,297 x/d 0,1121  
 $\delta$  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.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-50: Verifica a flessione negativa trave 90x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 124 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
900	230	25	205

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	2	56.55	200	367.34	45	90	19.16
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	900	205	1.00	0.5	11.56	45	90	479.70

<b>VERIFICA</b>			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
479.70	19.16	<b>19.16</b>	<b>95.34</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.6 Verifica travi 175x23 cm

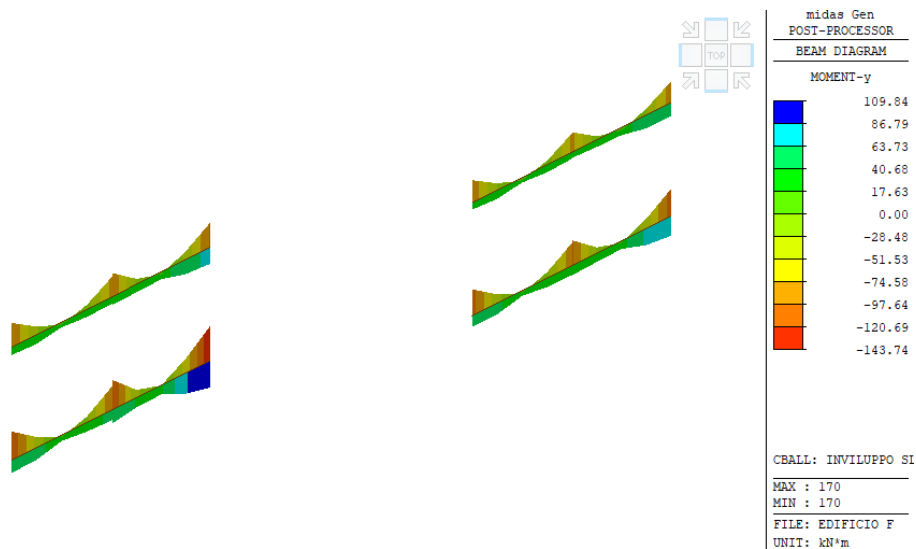


Figura 51: Momento My Travi 175x23

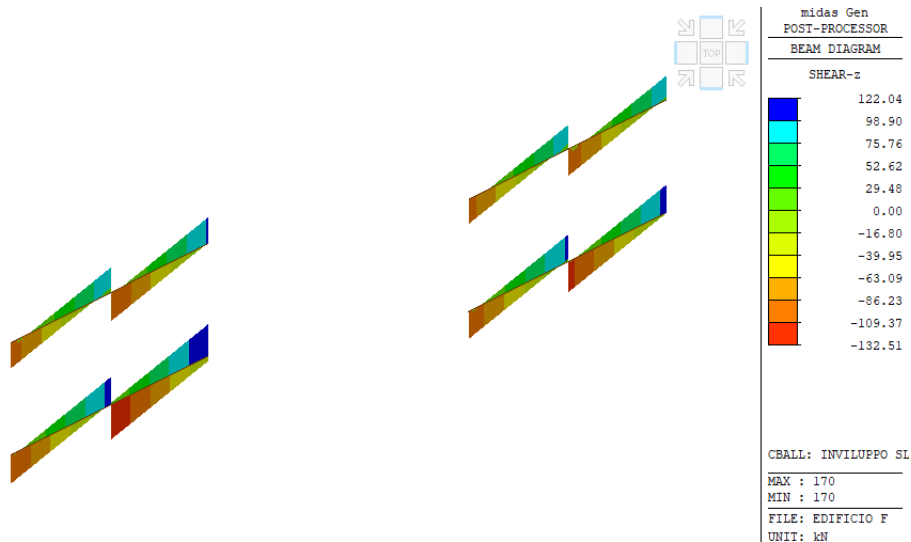


Figura 52: Taglio Fz Travi 175x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 126 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	175	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,88	20,5
2	8,270001	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 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  35,4 ‰  
d 20,5 cm  
x 1,844 x/d 0,08997  
 $\delta$  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.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-53: Verifica a flessione positiva trave 175x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	175	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,88	20,5
2	8,270001	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 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  33,83 ‰  
d 20,5 cm  
x 1,922 x/d 0,09377  
 $\delta$  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.   
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-54: Verifica a flessione negativa trave 175x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 127 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1750	230	25	205

Staffe	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	6	4	113.10	200	367.34	45	90	38.33
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	1750	205	1.00	0.5	11.56	45	90	932.75

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
932.75	38.33	<b>38.33</b>	<b>132.51</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.7 Verifica travi 30x23 cm

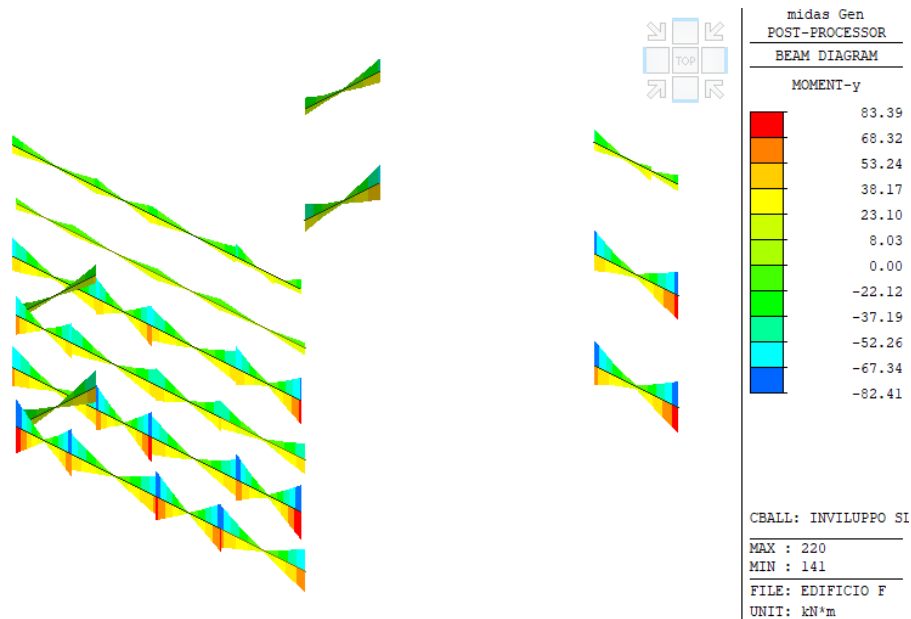


Figura 55: Momento My Travi 30x23

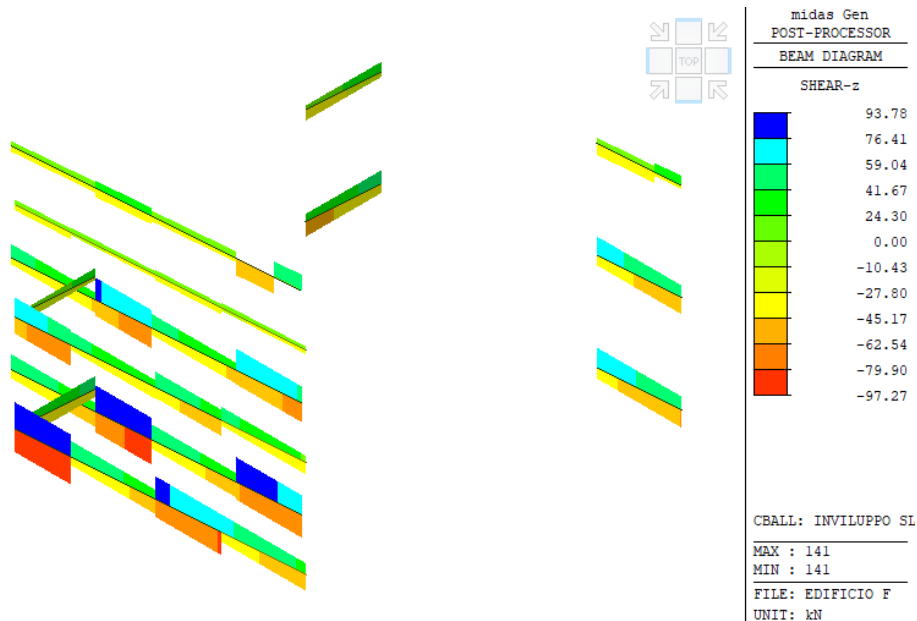


Figura 56: Taglio Fz Travi 30x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
2	2,36	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 83,39 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

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub> 19,47 kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  25,81 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,448 x/d 0,1194  
 $\delta$  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 6-57: Verifica a flessione positiva trave 30x23 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
2	2,36	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -82,41 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

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

M<sub>xRd</sub> -19,47 kN m

$\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  25,81 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,448 x/d 0,1194  
 $\delta$  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 6-58: Verifica a flessione negativa trave 30x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 130 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	230	25	205

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	300	367.34	45	90	12.78
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	205	1.00	0.5	11.56	45	90	159.90

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
159.90	12.78	<b>12.78</b>	<b>97.27</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			





### 6.8.8 Verifica travi 25x23 cm

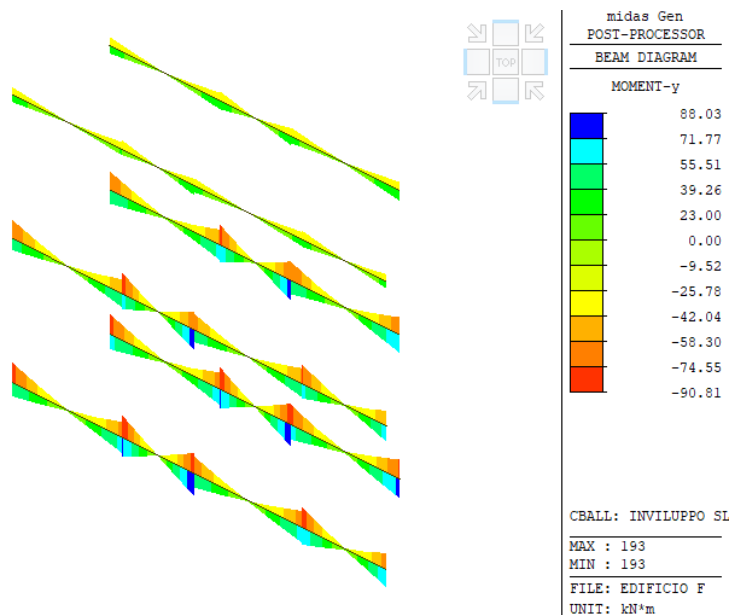


Figura 59: Momento My Travi 25x23

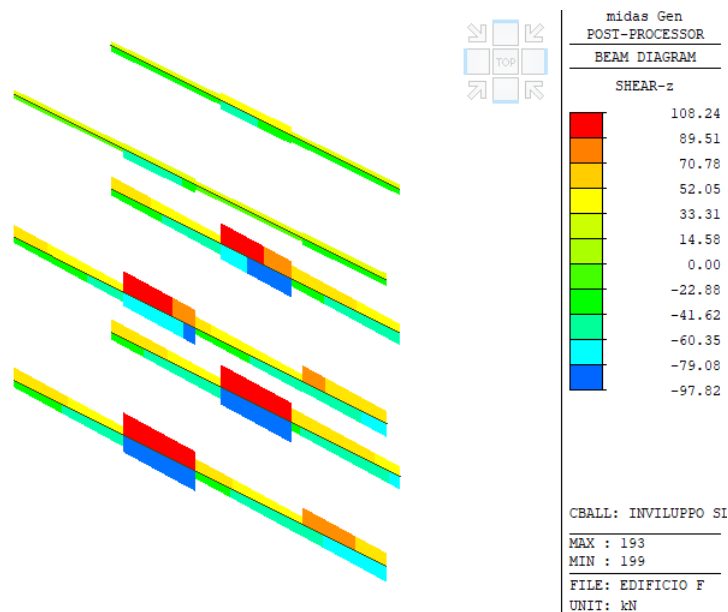


Figura 60: Taglio Fz Travi 25x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 132 di 149

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
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  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 422,4 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,33 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 ?  
ε<sub>syd</sub> 2,112 ‰ 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>  kN m  
σ<sub>c</sub> -17,33 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 422,4 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 23,87 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,621 x/d 0,1279  
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>  cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 6-61: Verifica a flessione positiva trave 25x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,36	20,5
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  
ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 422,4 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17,33 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 ?  
ε<sub>syd</sub> 2,112 ‰ 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>  kN m  
σ<sub>c</sub> -17,33 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 422,4 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 23,87 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,621 x/d 0,1279  
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>  cm Col. modello  
☐ Precompresso

Figura 6-62: Verifica a flessione negativa trave 25x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 133 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
250	230	25	205

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	300	367.34	45	90	12.78
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	250	205	1.00	0.5	11.56	45	90	133.25

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
133.25	12.78	<b>12.78</b>	<b>108.24</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.9 Verifica travi 40x23 cm

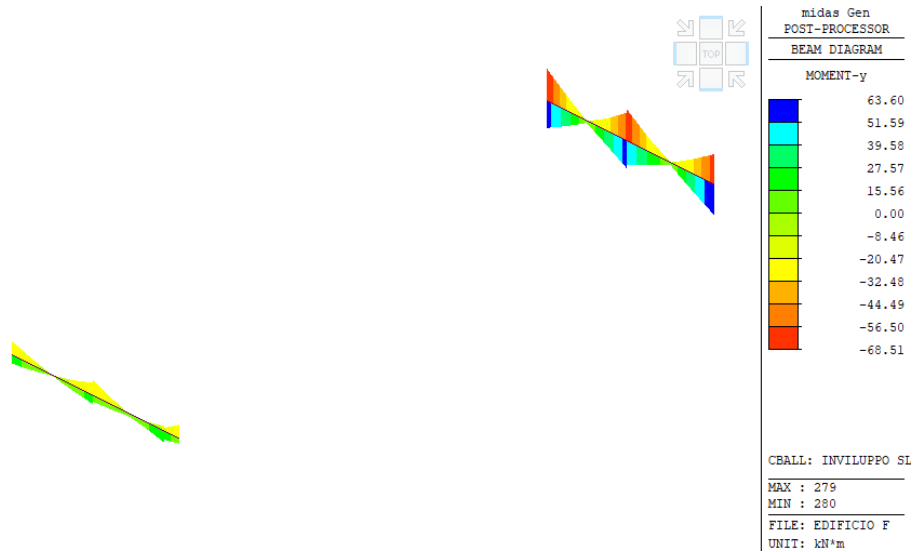


Figura 63: Momento My Travi 40x23

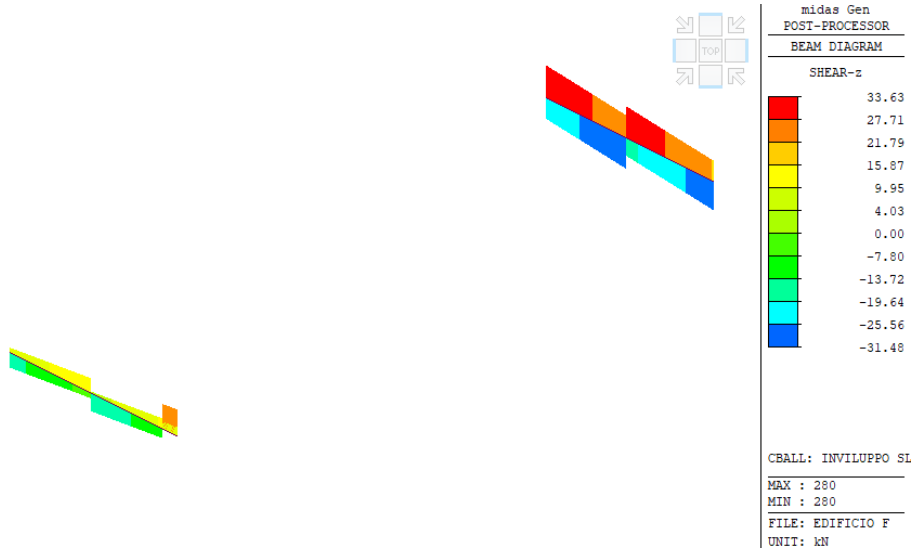


Figura 64: Taglio Fz Travi 40x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 135 di 149

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,26	20,5
2	2,7	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**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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 6-65: Verifica a flessione positiva trave 40x23 SLV

**Verifica a flessione negativa in appoggio**

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

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,26	20,5
2	2,7	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**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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 6-66: Verifica a flessione negativa trave 40x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 136 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
400	230	25	205

<i>Staffe</i>	$\phi_w$ [mm]	n° bracci	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	s [mm]	$f_{ywd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rsd}$ [kN]
	5	2	56.55	250	367.34	45	90	15.33
<i>Calcestruzzo</i>	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	400	205	1.00	0.5	11.56	45	90	133.25

<b>VERIFICA</b>			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
133.25	15.33	<b>15.33</b>	<b>33.63</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.10 Verifica travi 30x46 cm

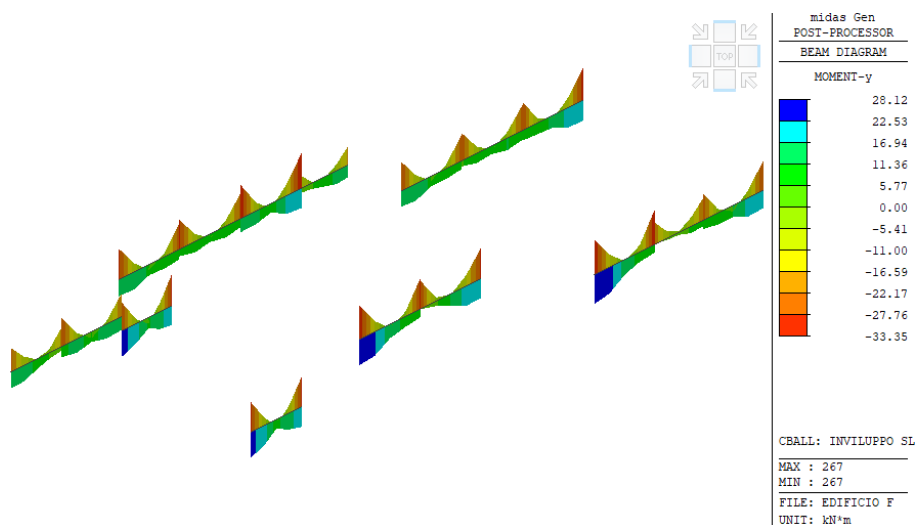


Figura 67: Momento My Travi 30x46

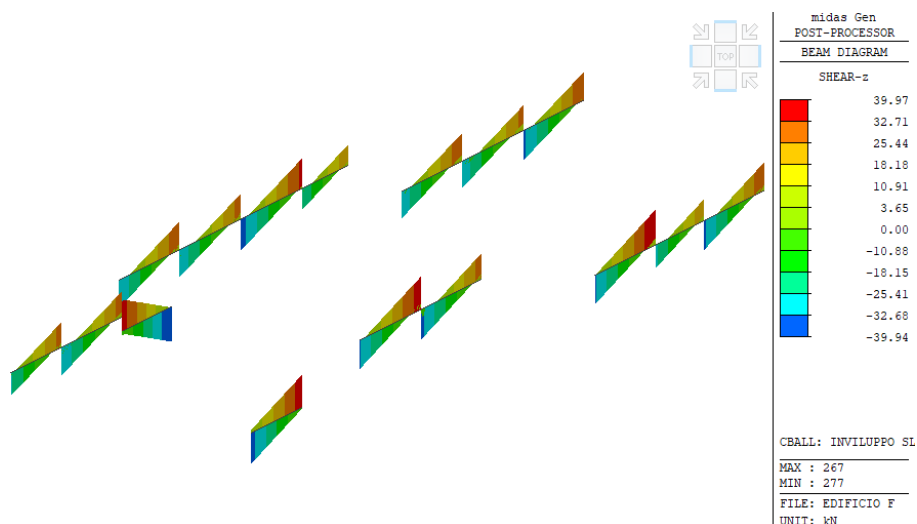


Figura 68: Taglio Fz Travi 30x46

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 138 di 149

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

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

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	41
4	0	51

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,13	2,5	2,5
2	1,13	15	2,5
3	1,13	27,5	2,5
4	1,13	2,5	48,5
5	1,13	15	44,5
6	1,13	27,5	38,5

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

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

**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  
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 M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-69: Verifica a flessione positiva trave 30x46 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	41
4	0	51

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,13	2,5	2,5
2	1,13	15	2,5
3	1,13	27,5	2,5
4	1,13	2,5	48,5
5	1,13	15	44,5
6	1,13	27,5	38,5

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

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

**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  
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 M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 6-70: Verifica a flessione negativa trave 30x46 SLV





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 139 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	460	25	435

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	300	367.34	45	90	27.11
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	435	1.00	0.5	11.56	45	90	282.75

**VERIFICA**

$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
282.75	27.11	<b>27.11</b>	<b>39.97</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.11 Verifica travi 30x71 cm

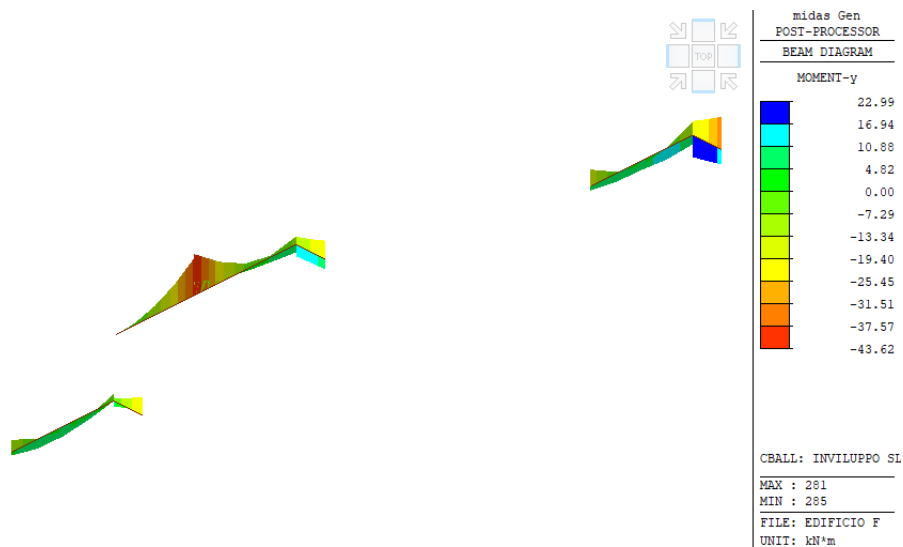


Figura 71: Momento My Travi 30x71

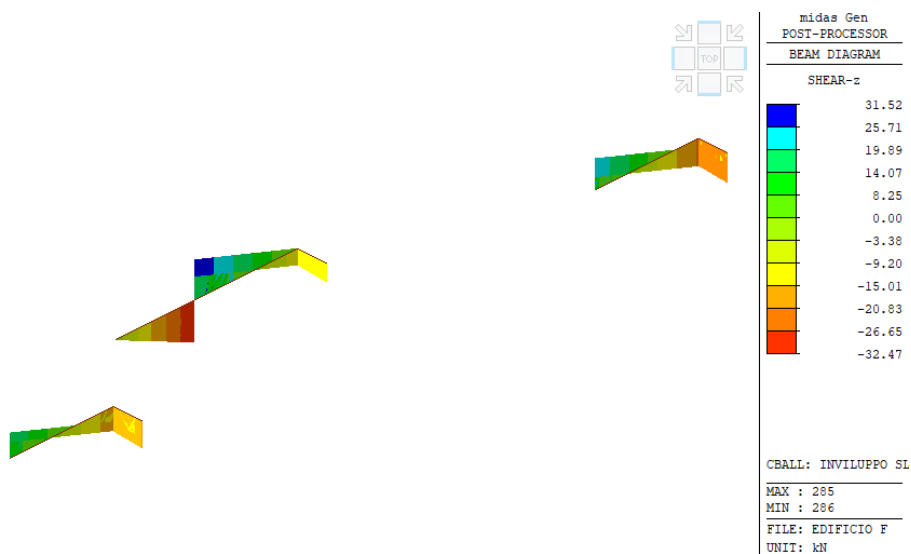


Figura 72: Taglio Fz Travi 30x71

### Verifica a flessione positiva in appoggio



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 141 di 149

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

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

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	23
4	10	23
5	10	65
6	0	71

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	2,5	2,5
2	0,79	7,5	2,5
3	0,5	27,5	2,5
4	0,5	2,5	20,5
5	0,5	7,5	20,5
6	0,5	27,5	20,5

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

**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 6-73: Verifica a flessione positiva trave 30x71 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	23
4	10	23
5	10	65
6	0	71

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0,79	2,5	2,5
2	0,79	7,5	2,5
3	0,5	27,5	2,5
4	0,5	2,5	20,5
5	0,5	7,5	20,5
6	0,5	27,5	20,5

**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 acciaio - 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**  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 6-74: Verifica a flessione negativa trave 30x71 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 142 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
300	230	25	205

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	367.34	45	90	27.25
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	300	205	1.00	0.5	11.56	45	90	133.25

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
133.25	27.25	<b>27.25</b>	<b>32.47</b>
<b>VERIFICA NON SODDISFATTA</b>			



### 6.8.12 Verifica travi pianerottolo 120x23 cm

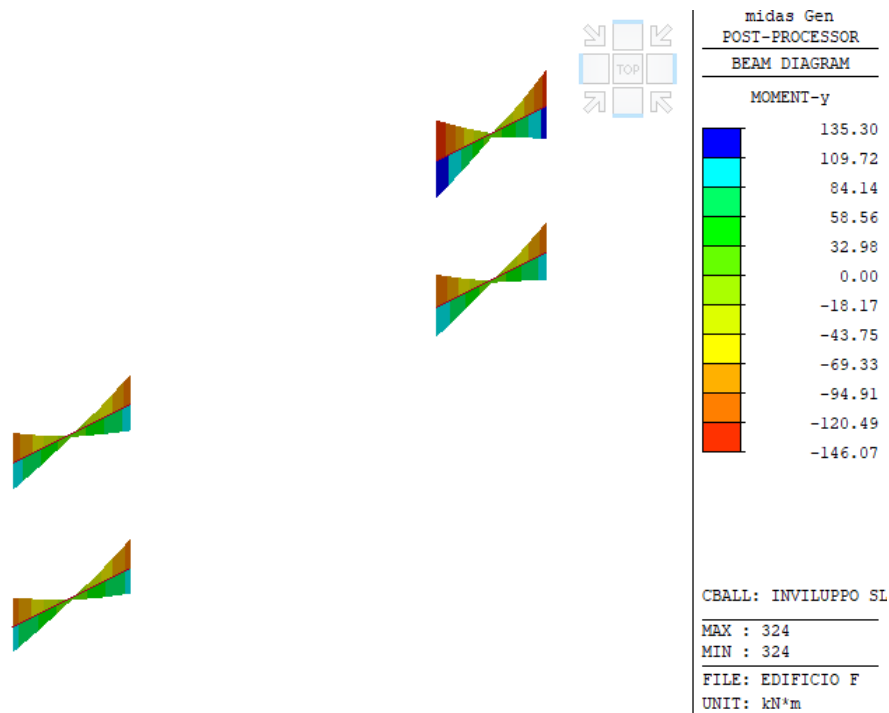


Figura 75: Momento My Travi 120x23

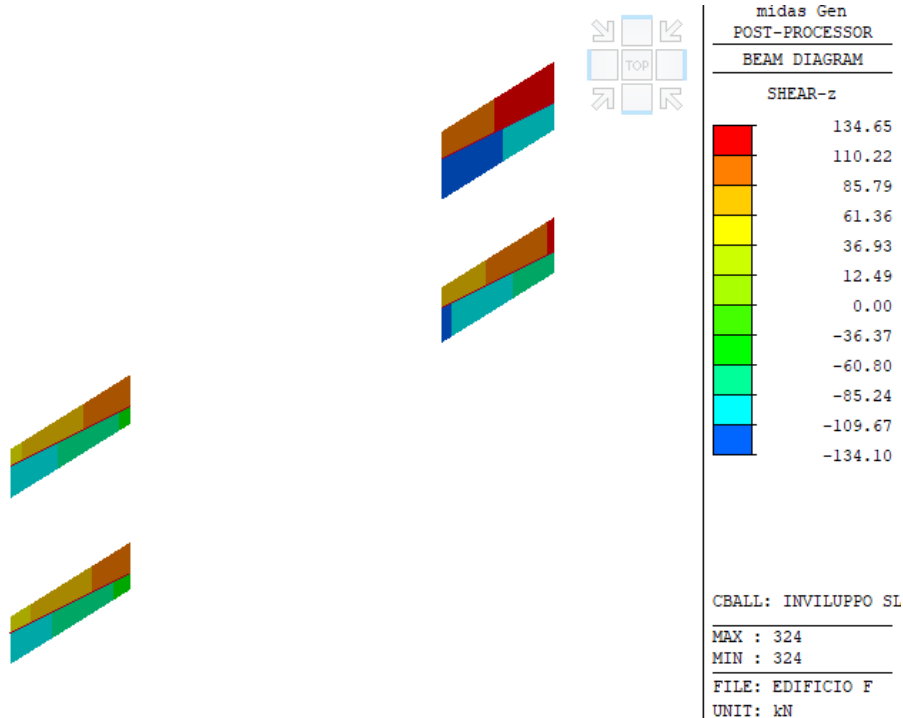


Figura 76: Taglio Fz Travi 120x23

### Verifica a flessione positiva in appoggio



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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,85	20,5
2	5,03	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 135,30 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

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>xRd</sub> 65,58 kNm  
 $\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  28,75 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,225 x/d 0,1085  
 $\delta$  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 6-77: Verifica a flessione positiva trave 120x23 SLV

### Verifica a flessione negativa in appoggio

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	120	23

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,85	20,5
2	5,03	2,5

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

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -146,07 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

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  422,4 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  17,33 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  2,112 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>xRd</sub> -43,89 kNm  
 $\sigma_c$  -17,33 N/mm²  
 $\sigma_s$  422,4 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  31,94 ‰  
d 20,5 cm  
x 2,024 x/d 0,09876  
 $\delta$  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 6-78: Verifica a flessione negativa trave 120x23 SLV



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 145 di 149

**Verifica a taglio**

b [mm]	h [mm]	c [mm]	d [mm]
1200	230	25	205

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	367.34	45	90	27.25
Calcestruzzo	$b_w$ [mm]	d [mm]	$\alpha_{cw}$	v	$f_{cd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$V_{Rcd}$ [kN]
	1200	205	1.00	0.5	11.56	45	90	639.60

VERIFICA			
$V_{Rcd}$ (kN)	$V_{Rsd}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{ed}$ (kN)
639.60	27.25	<b>27.25</b>	<b>134.65</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.** Valori del livello di sicurezza maggiori si hanno per gli elementi posti in copertura nei quali le azioni sismiche sono effettivamente più basse. 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.



## 7 CONCLUSIONI

La presente relazione illustra i risultati delle valutazioni di vulnerabilità sismica relativi alle strutture dei fabbricati ad uso residenziale siti in via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14 – Codigoro (FE).

Per entrambe le tipologie di strutture gli edifici, costruiti alla fine degli anni Settanta, sono fabbricati che si sviluppano 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 23 cm.

Un primo giudizio inerente alla vulnerabilità della struttura deriva dall'analisi dei dettagli costruttivi dell'epoca di progettazione. Infatti la presenza di travi di impalcato tutte in spessore di solaio e con armature, di piccolo diametro, inferiori sagomate verso gli appoggi ha evidenziato fin da subito importanti criticità per azioni sismiche. Analogo discorso va fatto per i pilastri che sono caratterizzati da un quantitativo di armatura basso dovuto 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 allo SLU e allo SLV, ricordando che tale fattore è individuato dal rapporto tra CAPACITÀ e DOMANDA e rappresentato dai parametri  $\zeta_{v,i}$  e  $\zeta_E$ .

Per quanto concerne il livello di sicurezza della struttura per carichi verticali dell'edificio di **tipologia E**, il livello minimo corrisponde alla verifica a flessione della trave 90x23 cm. In particolare il livello di sicurezza è associato al parametro  $\zeta_{v,flessione} = 1.02$ .

Per quanto concerne il livello di sicurezza della struttura per carichi verticali dell'edificio di **tipologia F**, il livello minimo corrisponde alla verifica a flessione della trave 60x23 cm. In particolare il livello di sicurezza è associato al parametro  $\zeta_{v,flessione} = 1.07$ .

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei coefficienti di sicurezza allo **SLV** di tutti gli elementi strutturali costituenti i fabbricati, per ogni meccanismo di rottura.





**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 147 di 149

Elemento	Verifica	Coefficiente di sicurezza ( $\zeta_E$ )
		SLV
Pilastro 30x30	Flessione	0.49
	Taglio	0.56
Pilastro 25x30	Flessione	0.11
	Taglio	0.23
Travi 195x23	M <sup>+</sup>	0.59
	M <sup>-</sup>	0.62
	Taglio	0.27
Travi 60x23	M <sup>+</sup>	0.21
	M <sup>-</sup>	0.22
	Taglio	0.21
Travi 90x23	M <sup>+</sup>	0.56
	M <sup>-</sup>	0.50
	Taglio	0.18
Travi 175x23	M <sup>+</sup>	0.39
	M <sup>-</sup>	0.41
	Taglio	0.26
Travi 30x23	M <sup>+</sup>	0.20
	M <sup>-</sup>	0.20
	Taglio	0.15
Travi 25x23	M <sup>+</sup>	0.17
	M <sup>-</sup>	0.17
	Taglio	0.09
Travi 40x23	M <sup>+</sup>	0.35
	M <sup>-</sup>	0.37
	Taglio	0.46
Travi 30x46	M <sup>+</sup>	2.47
	M <sup>-</sup>	1.67
	Taglio	0.68
Travi 30x71	M <sup>+</sup>	4.00
	M <sup>-</sup>	1.72
	Taglio	1.09
Travi 120x23	M <sup>+</sup>	0.42
	M <sup>-</sup>	0.27
	Taglio	0.18

Tabella 7-1: Riepilogo delle verifiche allo Stato di Fatto – Edificio tipo E



**VERIFICA DI VULNERABILITÀ**  
**Programma "sicuro, verde e sociale riqualificazione dell'edilizia**  
**residenziale pubblica"**  
**via Sacco e Vanzetti 4/6, 8/10 e 12/14- Codigoro (FE)**

ID File: D24

REV 01

Pag 148 di 149

Elemento	Verifica	Coefficiente di sicurezza ( $\zeta_E$ )
		SLV
Pilastro 30x30	Flessione	0.53
	Taglio	0.60
Pilastro 25x30	Flessione	0.23
	Taglio	0.25
Travi 195x23	M <sup>+</sup>	0.64
	M <sup>-</sup>	0.68
	Taglio	0.29
Travi 60x23	M <sup>+</sup>	0.22
	M <sup>-</sup>	0.23
	Taglio	0.22
Travi 90x23	M <sup>+</sup>	0.59
	M <sup>-</sup>	0.58
	Taglio	0.20
Travi 175x23	M <sup>+</sup>	0.48
	M <sup>-</sup>	0.49
	Taglio	0.29
Travi 30x23	M <sup>+</sup>	0.23
	M <sup>-</sup>	0.24
	Taglio	0.13
Travi 25x23	M <sup>+</sup>	0.21
	M <sup>-</sup>	0.21
	Taglio	0.11
Travi 40x23	M <sup>+</sup>	0.30
	M <sup>-</sup>	0.33
	Taglio	0.46
Travi 30x46	M <sup>+</sup>	2.37
	M <sup>-</sup>	1.82
	Taglio	0.68
Travi 30x71	M <sup>+</sup>	3.90
	M <sup>-</sup>	1.39
	Taglio	0.84
Travi 120x23	M <sup>+</sup>	0.48
	M <sup>-</sup>	0.30
	Taglio	0.20

Tabella 7-2: Riepilogo delle verifiche allo Stato di Fatto – Edificio tipo F

Osservando le tabelle precedenti si ha:

- Per gli edifici caratterizzati dalla **struttura di tipo E** si osserva che, ad eccezione di alcune travi della copertura, le quali presentano livelli di sicurezza più alti e in alcuni casi superiori all'unità, la struttura in elevazione presenta importanti criticità per azioni sismiche in particolare i pilastri, i quali sono caratterizzati da scarsa armatura longitudinale e trasversale, e le travi ortogonali ai telai piani di sezione 25x23 e 30x23 le quali assolvono da elementi orizzontali del telaio ortogonale. Tali risultati sono dovuti essenzialmente al fatto che la struttura non è stata progettata



per azioni sismiche ma bensì unicamente per carichi statici considerando uno schema per telai piani paralleli. Per azioni sismiche allo SLV, allo **Stato di Fatto, il coefficiente di sicurezza ai sensi delle NTC2018 corrisponde ad un valore del parametro  $\zeta_E = 0.09$** , derivante dalle verifiche dei meccanismi fragili delle travi 25x23.

- Per l'edificio caratterizzato dalla **struttura di tipo F** si osserva che, ad eccezione di alcune travi della copertura, le quali presentano livelli di sicurezza più alti e in alcuni casi superiori all'unità, la struttura in elevazione presenta importanti criticità per azioni sismiche in particolare i pilastri, i quali sono caratterizzati da scarsa armatura longitudinale e trasversale, e le travi ortogonali ai telai piani di sezione 25x23 e 30x23 le quali assolvono da elementi orizzontali del telaio ortogonale. Tali risultati sono dovuti essenzialmente al fatto che la struttura non è stata progettata per azioni sismiche ma bensì unicamente per carichi statici considerando uno schema per telai piani paralleli. Per azioni sismiche allo SLV, allo **Stato di Fatto, il coefficiente di sicurezza ai sensi delle NTC2018 corrisponde ad un valore del parametro  $\zeta_E = 0.11$** , derivante dalle verifiche dei meccanismi fragili delle travi 25x23.