

COPERTINA

SCHEMA DI RELAZIONE IN BASE AL PUNTO 10.2 DEL DM 2008

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE	2
ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO.....	4
DIAGRAMMI RIEPILOGATIVI DEI RISULTATI DI ANALISI.....	12
GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	20
CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI CON ALTRO CODICE SOLUTORE:.....	20
VERIFICA DELLA DISTANZA TRA LE COSTRUZIONI.....	24

Dscrizione generale della struttura

OGGETTO Progetto di una struttura in c.a..

COMUNE: Arpino (FR)

ZONA SISMICA: Zona 1

ALTITUDINE: 300 m s.l.m. (Zona neve 2)

TIPOLOGIA STRUTTURALE: Struttura intelaiata in cemento armato.

TIPOLOGIA FONDAZIONI: Fondazioni dirette a graticcio di travi rovesce in cemento armato.

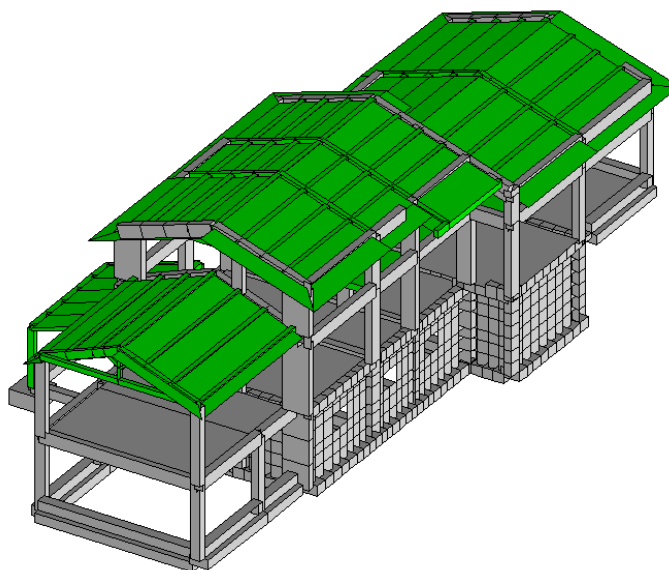
NORMATIVA: D.M.14/01/2008

L'edificio è formato da due corpi di fabbrica: la struttura in cemento armato ed un porticato laterale in legno. Le due strutture hanno fondazioni in cemento armato collegate mentre in elevazione sono separate da un giunto tecnico non minore di $H/100$ (vedere la verifica a pag. 16).

La struttura in c.a. ha due livelli fuori terra, mentre una parte ha un piano seminterrato

I solai dell'impalcato a piano terra è in laterocemento, quelli di copertura sono in legno irrigiditi con doppio tavolato.

Le tamponature realizzate con un doppio strato di poroton, separati da isolante, vengono collegate alla struttura, mediante l'inserimento di un traliccio annegato nel letto di malta a distanza di 50 cm, ancorate ai pilastri con delle staffe.



Vista solida del modello strutturale di calcolo

ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al punto §10.1 del DM 14/01/08, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Localizzazione della struttura	
Località	ARPINO (FR)
Comune	ARPINO (FR)
Provincia	Frosinone
Regione	LAZIO
Longitudine	13.610
Latitudine	41.647

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
II	50.0	1.0	50.0

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (serie 2009-08-147)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	Ing. Gino Di Ruzza
Codice Licenza:	*****

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
<p>2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.</p> <p>E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm</p>

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame **sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica**.

Tipo di analisi strutturale	
Statica lineare	SI
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 14-01-2008
Progetto acciaio	D.M. 14-01-2008
Progetto legno	D.M. 14-01-2008
Progetto muratura	D.M. 14-01-2008
Azione sismica	
Norma applicata per l' azione sismica	D.M. 14-01-2008

Combinazioni dei casi di carico	
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU terreno A1	NO
SLU terreno A2	NO
SLU terreno G	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza}$$

\mathbf{u} = vettore spostamenti nodali
 \mathbf{F} = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso. Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo **TRUSS** (biella-D2)

- Elemento tipo **BEAM** (trave-D2)
- Elemento tipo **MEMBRANE** (membrana-D3)
- Elemento tipo **PLATE** (piastra-guscio-D3)
- Elemento tipo **BOUNDARY** (molla)
- Elemento tipo **STIFFNESS** (matrice di rigidezza)
- Elemento tipo **BRICK** (elemento solido)
- Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

Modello strutturale realizzato con:	
nodi	826
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	623
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	484
elementi solaio	96
elementi solidi	0
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	-670.00
Xmax =	2040.00
Ymin =	-257.48
Ymax =	1190.00
Zmin =	-300.00
Zmax =	625.00
Strutture verticali:	
Elementi di tipo asta	SI
Pilastri	SI
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	SI
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO

Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	SI
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	NO
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	SI
Fondazioni di tipo trave	SI
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. 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. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

METODO DI CALCOLO: schematizzazione con elementi finiti (PRO_SAP & ALGOR SUPERSAP):

- travi, pilastri:elementi BEAM (6 g.d.l. per nodo)
- setti, gusci e piastre :elementi PLATE (5 g.d.l. per nodo)
- solai come rigidità di piano:elementi MEMBRANE (rigid. nel piano)

MATERIALI:

- Acciaio per cemento armato: B450C (ex Fe B 44K)
- Cemento per getti in opera: C25/30 (ex RcK 300)
- Legno massiccio: Castagno

Carichi permanenti:

- solai di piano in laterocemento (16+4)	500 daN/mq
- solai di piano in legno	160 daN/mq
- solai di copertura in legno	180 daN/mq
- tramezzi interni	300 daN/m
- tamponatura perimetrale (poroton)	1600 daN/m

Sovraccarichi accidentali:

- solai di piano	200 daN/mq
- solai di copertura	140 daN/mq

Altre azioni considerate nel calcolo:

- vento:	100 daN/mq
- sisma zona 1	

Dati per l'analisi sismica dinamica modale: D.M.14/01/2008

Struttura in cemento armato:

Fattore di struttura orizzontale SLU:

$$q = q_0 * K_R \quad \text{dove: } q_0 = 3,00 \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \quad (\text{Struttura a telaio})$$

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,30 \quad (\text{Struttura intelaiata ad più piani e più campate})$$

$$K_R = 0,8 \quad (\text{edificio non regolare in altezza})$$

$$\text{quindi: } q = 3,00 * 1,30 * 0,80 = \mathbf{3,12}$$

Struttura porticato in legno:

Fattore di struttura orizzontale SLU:

$$q = q_0 * K_R$$

$$\text{dove: } q_0 = 2,50 \quad (\text{Struttura iperstatica avente bassa capacità di dissipazione})$$

$$K_R = 1,0 \quad (\text{edificio regolare in altezza})$$

$$\text{quindi: } q = 2,50 * 1,00 = \mathbf{2,50}$$

STATO LIMITE ULTIMO: (struttura in c.a.)

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			zona sismica: 1
			categoria suolo: A
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.205 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva-negativa
			periodo proprio T1: 0.263 sec.
			fattore di struttura q: 3.120
			fattore per spost. mu d: 3.655
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 40
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90 (ecc. +)	
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90. (ecc. -)	zona sismica: 1
			categoria suolo: A
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.205 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva-negativa
			periodo proprio T1: 0.263 sec.
			fattore di struttura q: 3.120
			fattore per spost. mu d: 3.655
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 40
			combinaz. modale: CQC

STATO LIMITE DI DANNO: (struttura in c.a.)

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
16	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
17	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	zona sismica: 1
			categoria suolo: A
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.249 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva-negativa
			periodo proprio T1: 0.265 sec.
			numero di modi considerati: 40
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
18	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
19	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	zona sismica: 1
			categoria suolo: A
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.249 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positivanegativa
			periodo proprio T1: 0.244 sec.
			numero di modi considerati: 40
			combinaz. modale: CQC

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Vertici della maglia elementare

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
29638	13.557	41.635	4,587
29639	13.624	41.635	1,764
29417	13.624	41.685	4,368
29416	13.557	41.685	6,082

Coordinate geografiche

Località:

Longitudine: Latitudine:

Parametri per le forme spettrali

Pver	Tr [anni]	ag [g]	Fo	T*c [sec]
81	30	0,067	2,400	0,270
63	50	0,088	2,360	0,280
10	475	0,229	2,320	0,330
5	975	0,294	2,370	0,350

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni] Coeff. uso Cu Periodo Vr [anni]

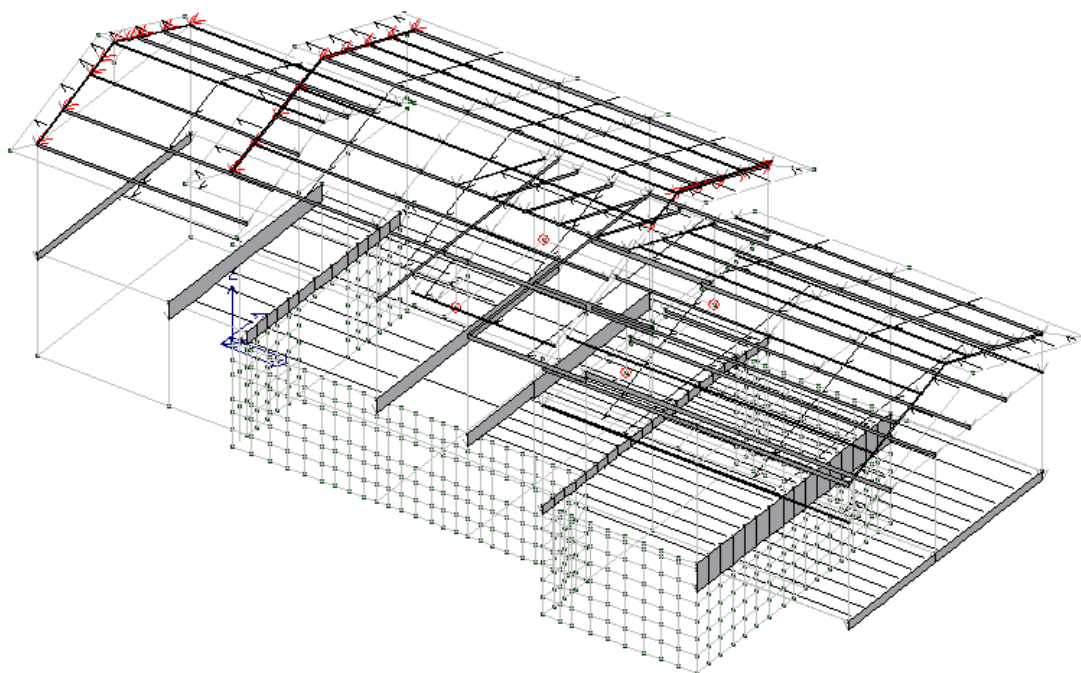
Nota: per il calcolo dei parametri sismici
 1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
 Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

p.e. 10% in 50 anni

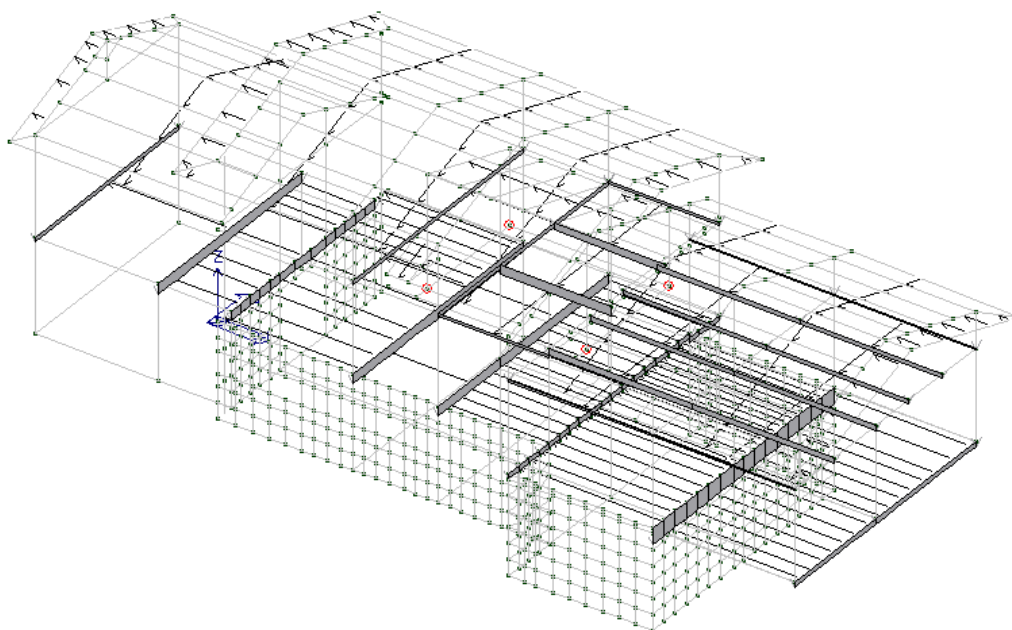
Parametri per le forme spettrali in località Arpino

DIAGRAMMI RIEPILOGATIVI DEI RISULTATI DI ANALISI

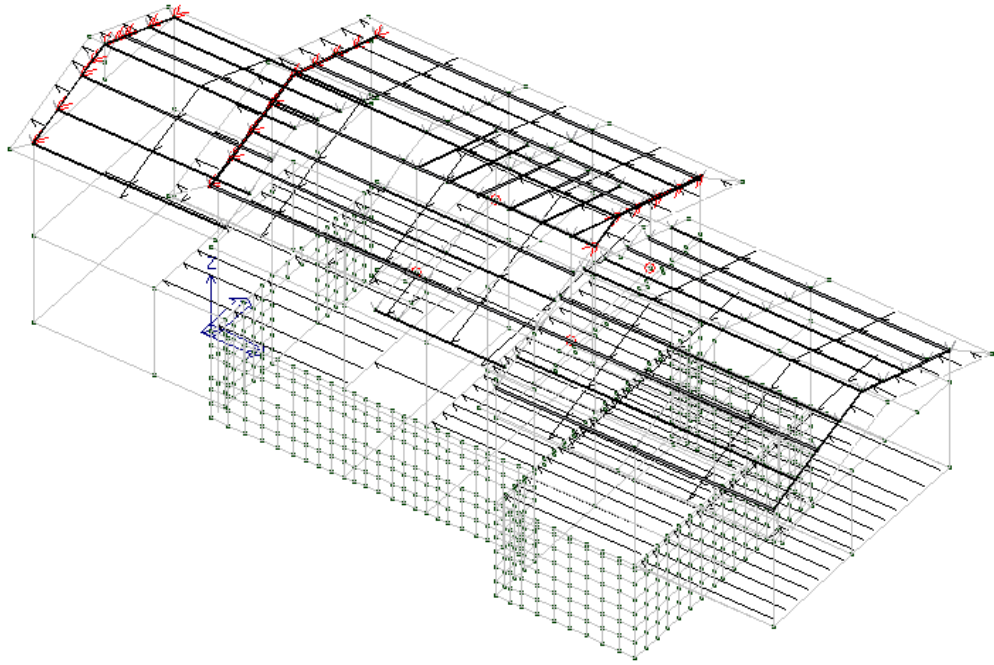
Carichi applicati:



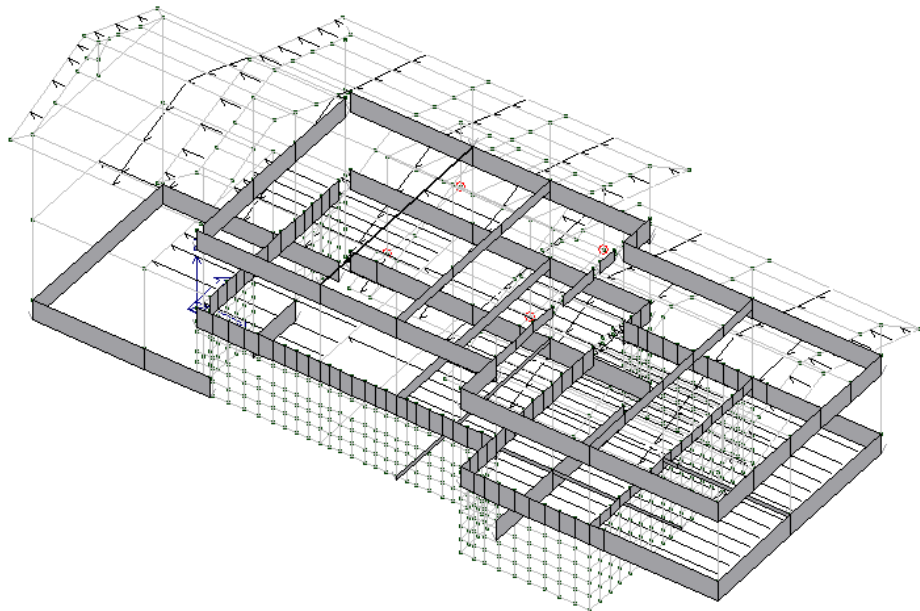
Carichi permanenti dei Solai di piano e di copertura



Carichi variabili dei Solai di piano



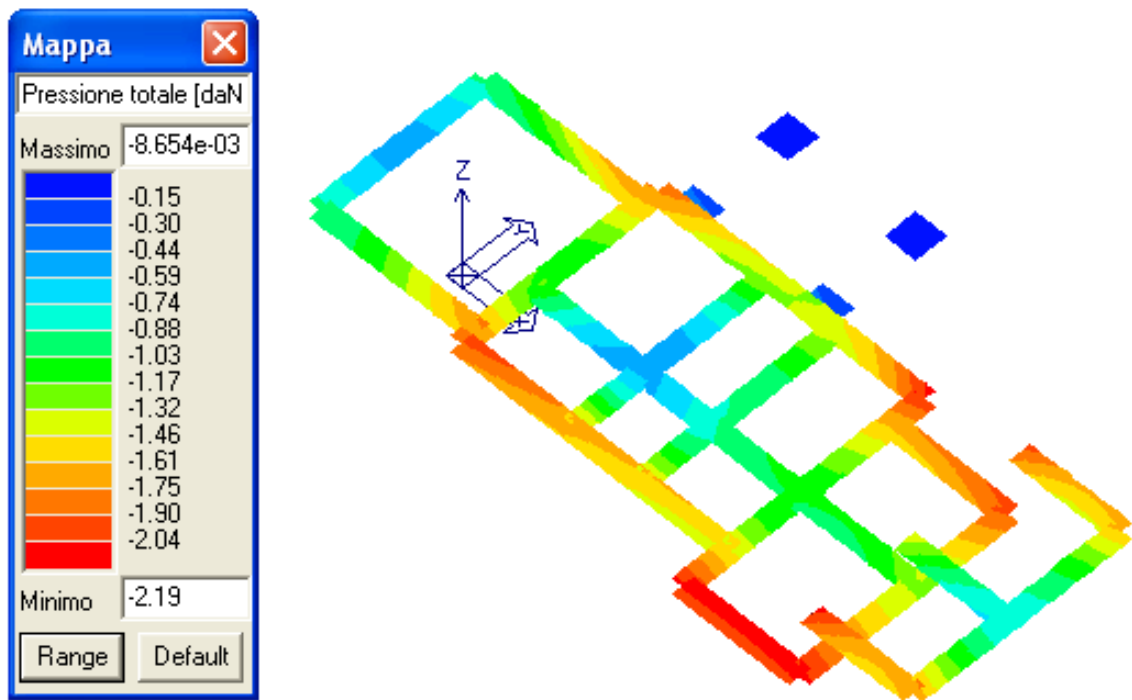
Carico variabile della Neve



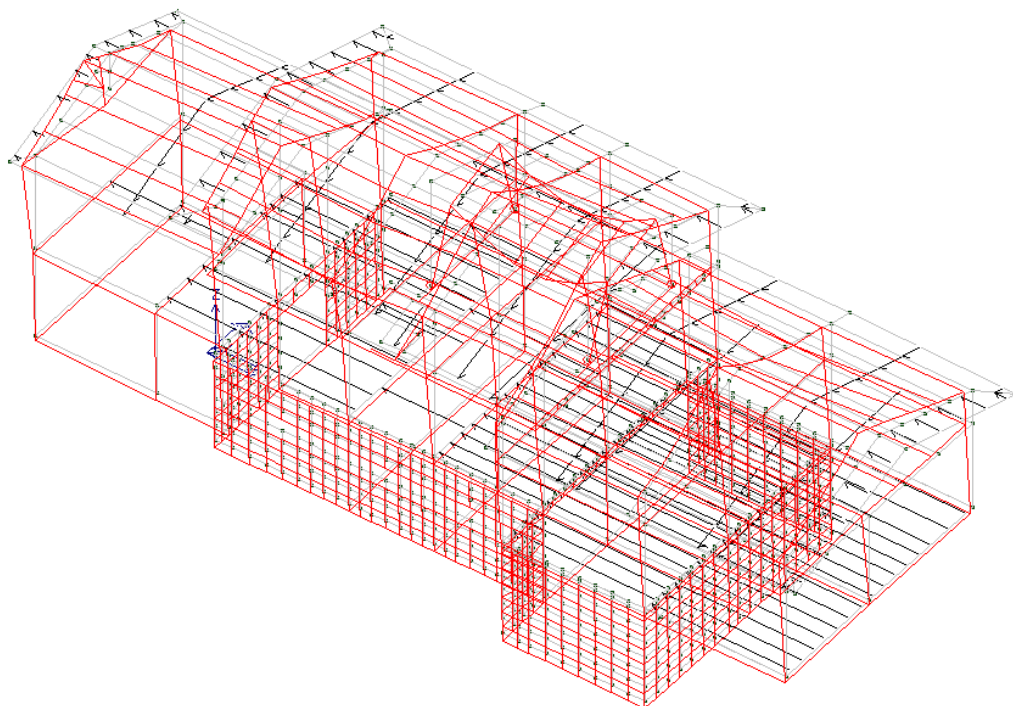
Carico permanente della Tamponatura

Reazioni vincolari:

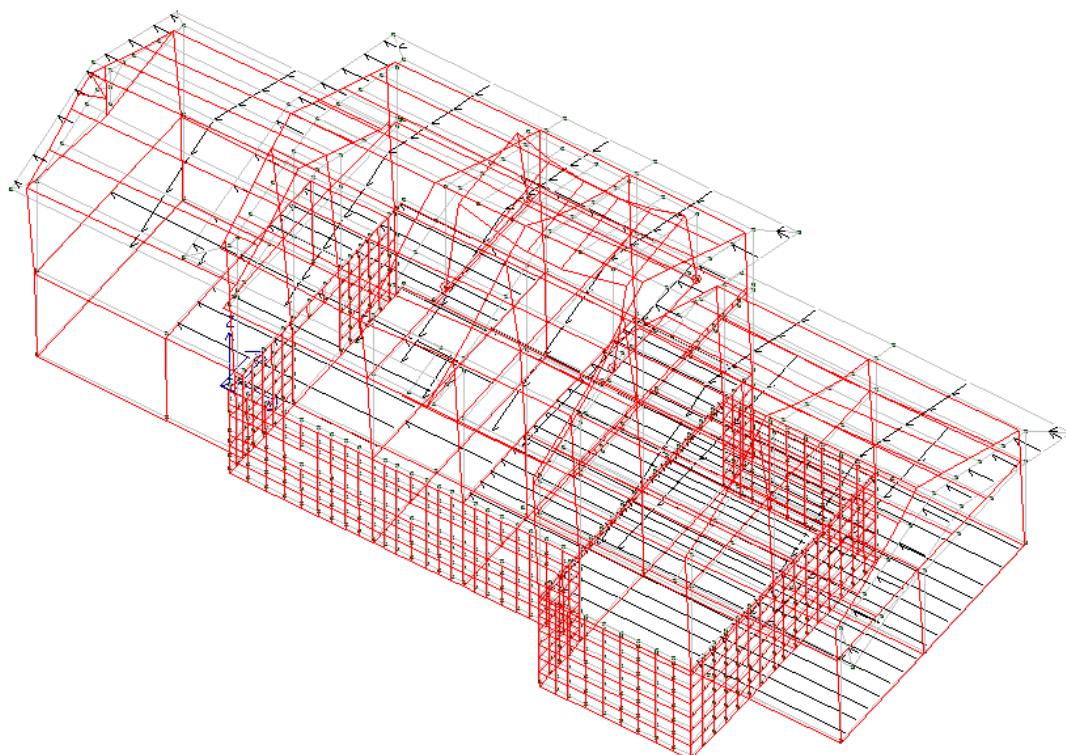
La struttura di fondazione dell'edificio è stata modellata con elementi 2D tipo "travi" alla Winkler (trave su suolo elastico) pertanto le reazioni vincolari sono corrispondenti alle pressioni massime in fondazione:



Deformate:



Configurazione della deformata in combinazione SLV
n.b. in rosso la configurazione deformata



Configurazione della deformata in combinazione SLE
n.b. in rosso la configurazione deformata

Diagrammi delle sollecitazioni:

Si riportano di seguito i valori di involucro delle caratteristiche di sollecitazione per i diversi elementi:

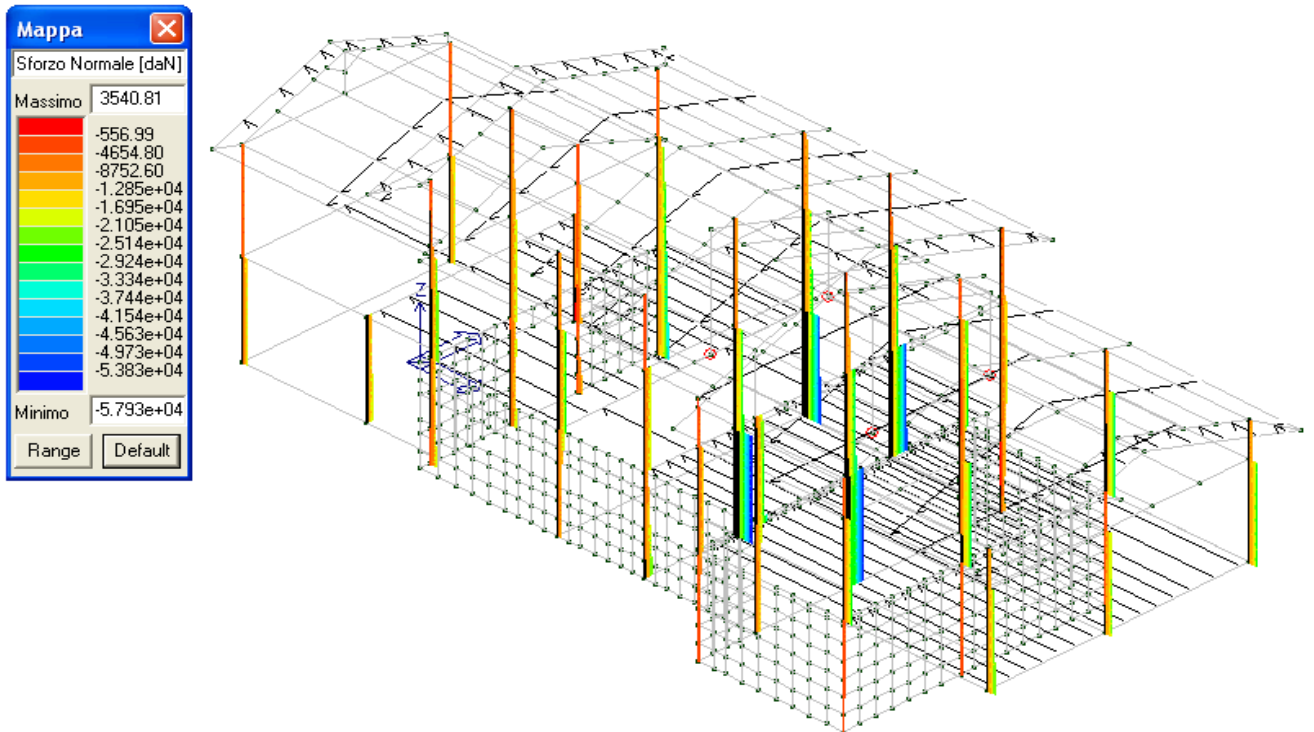


Diagramma di involucro dello sforzo normale sui pilastri in C.A.

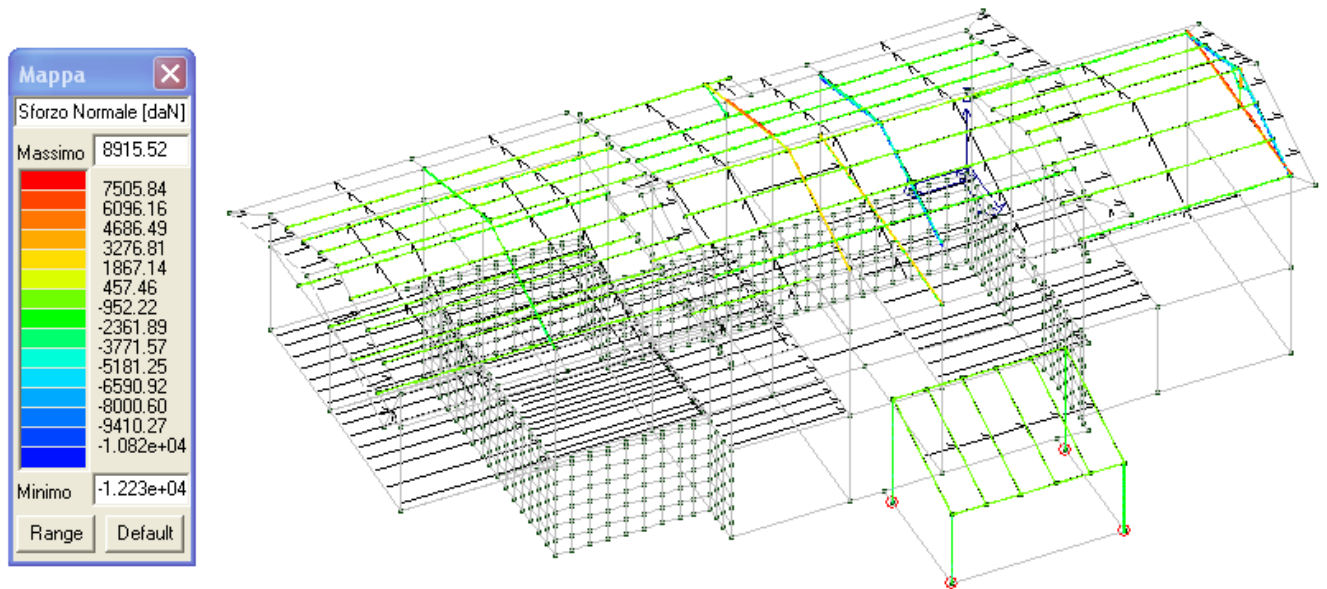


Diagramma di involucro dello sforzo normale degli elementi in legno

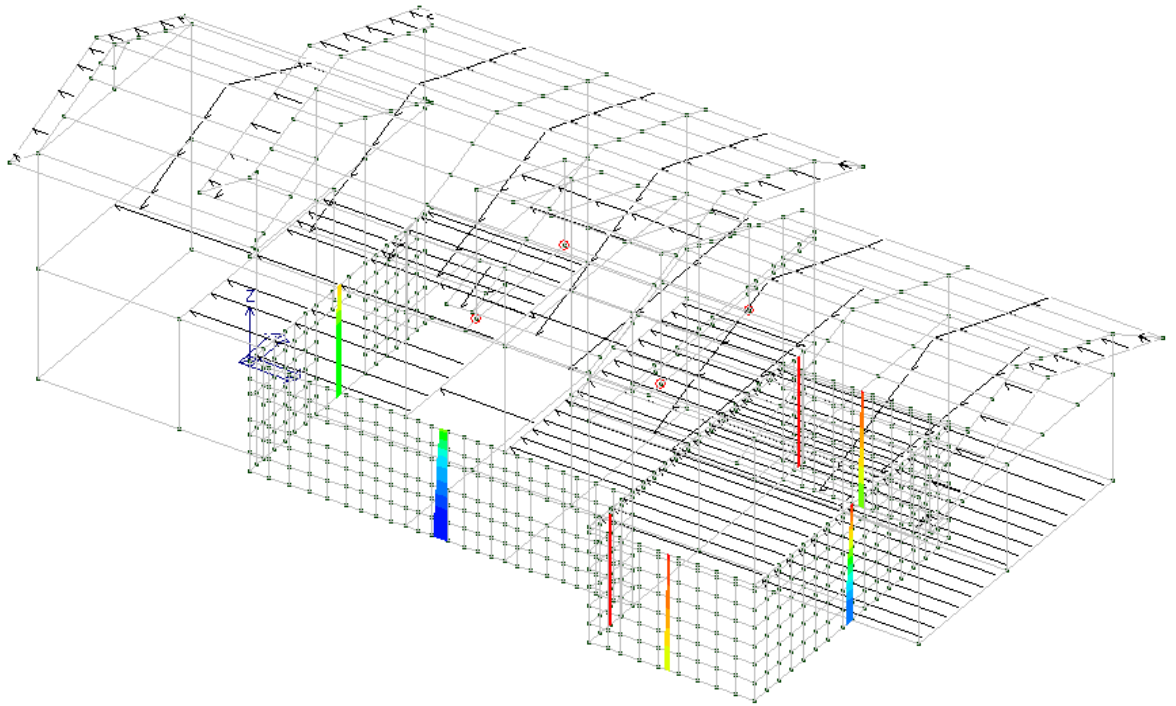
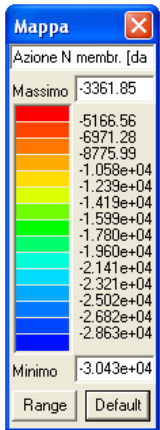


Diagramma dello sforzo normale sui setti in C.A.

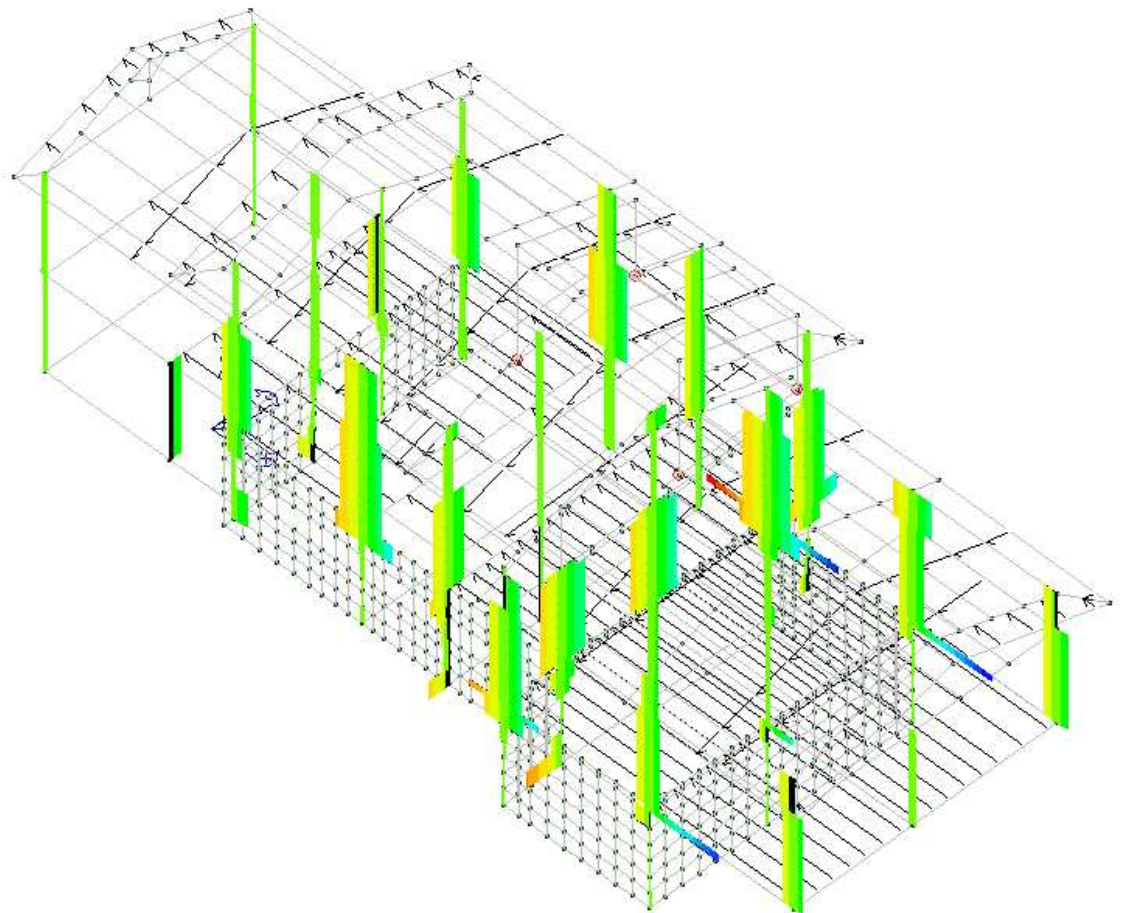
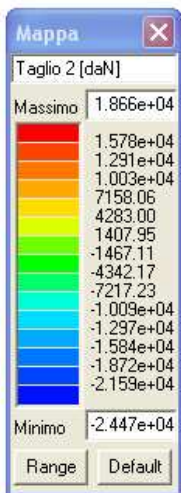


Diagramma di involuppo del Taglio in direzione 2 sui pilastri in C.A.

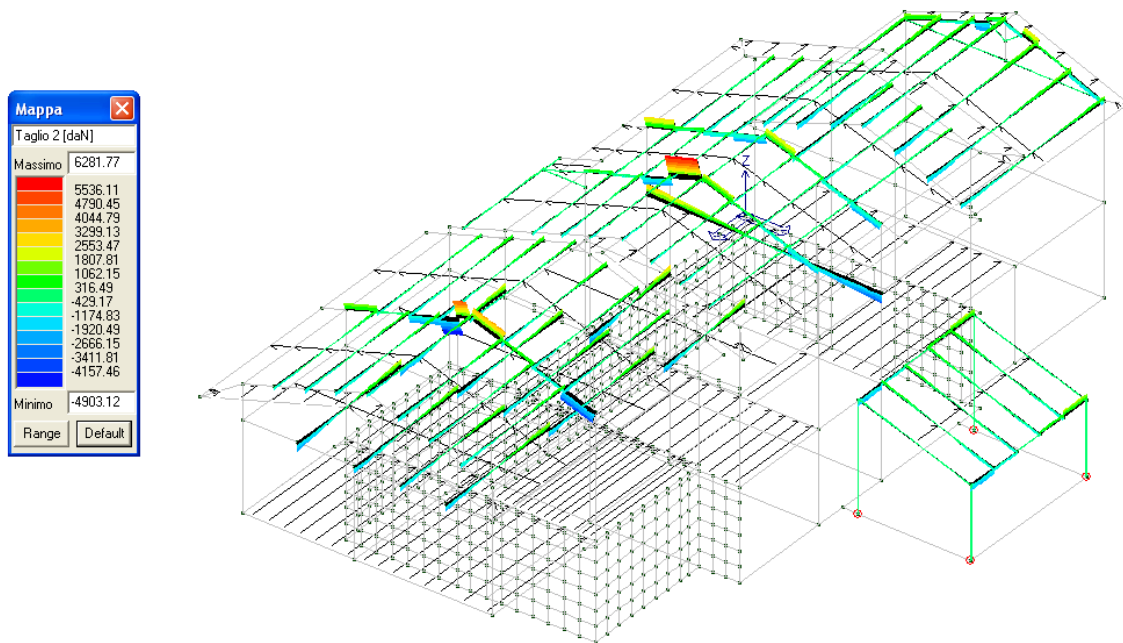


Diagramma di involuppo del Taglio in direzione 2 agli elementi in legno

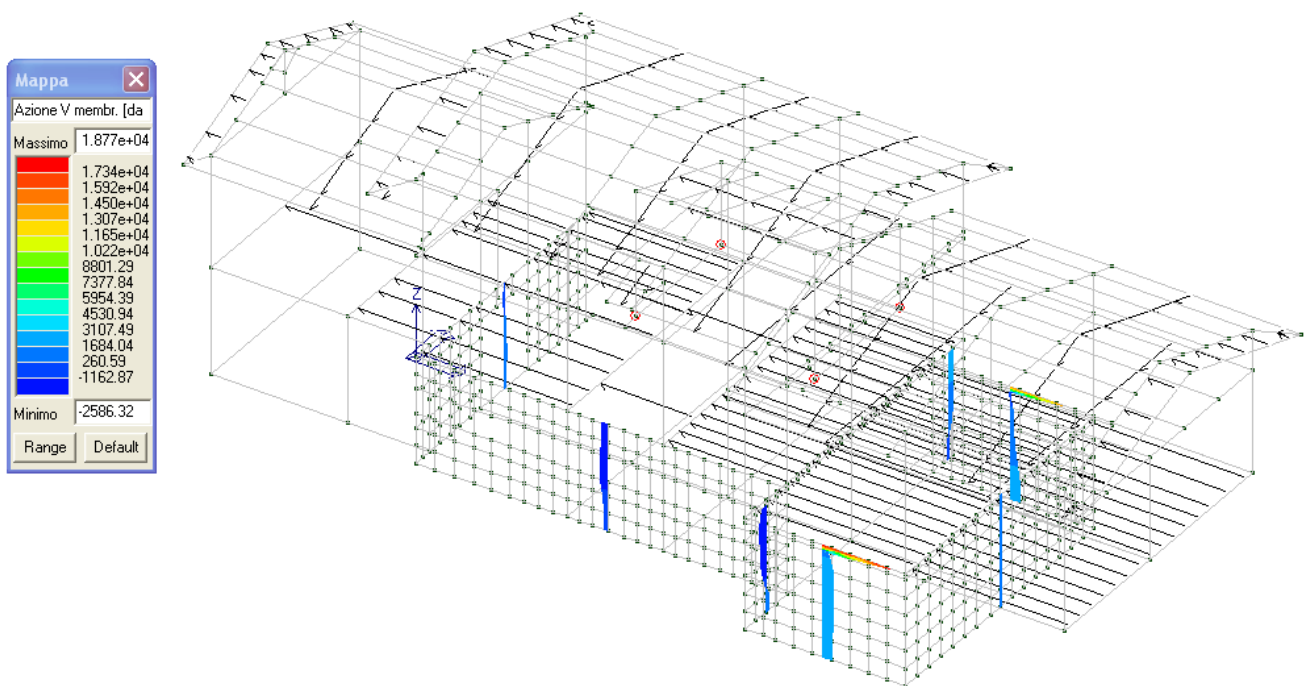


Diagramma del Taglio sui setti in C.A.

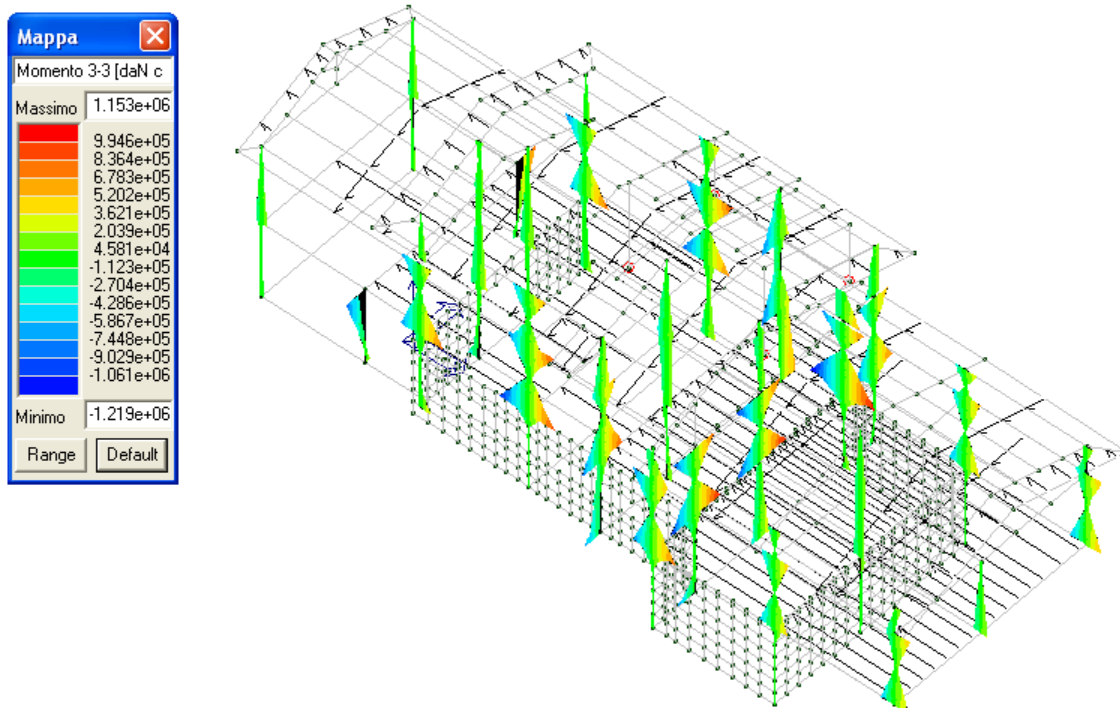


Diagramma di involucro del momento sui pilastri in C.A.

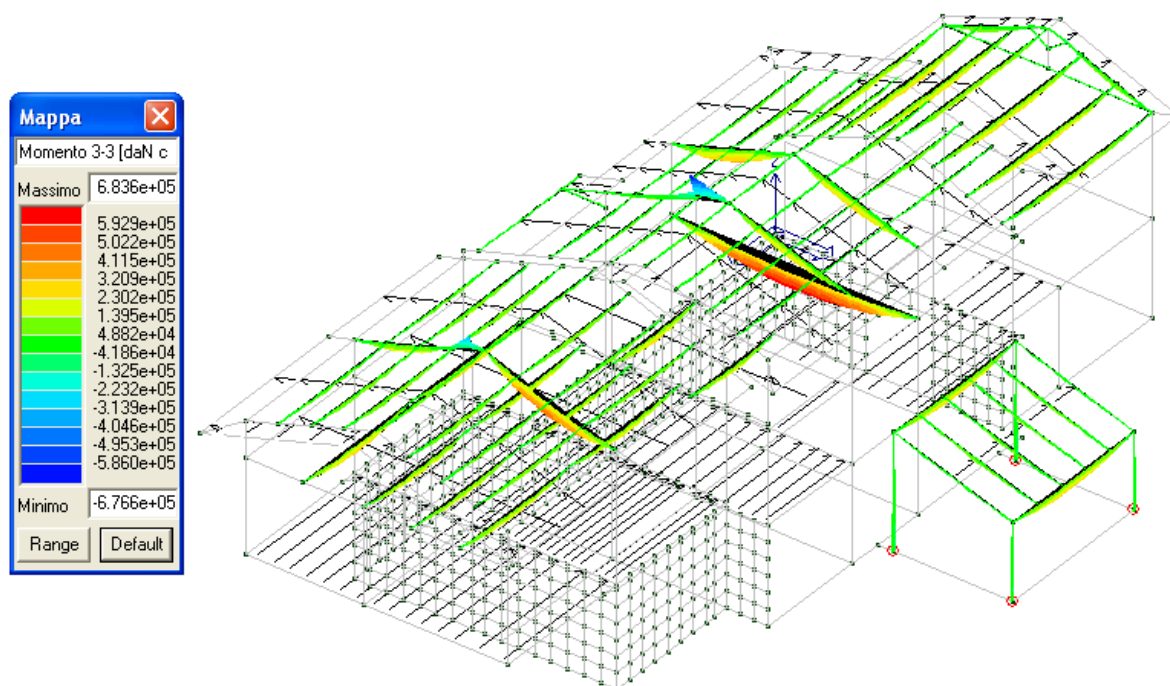


Diagramma di involucro del momento negli elementi in legno

GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

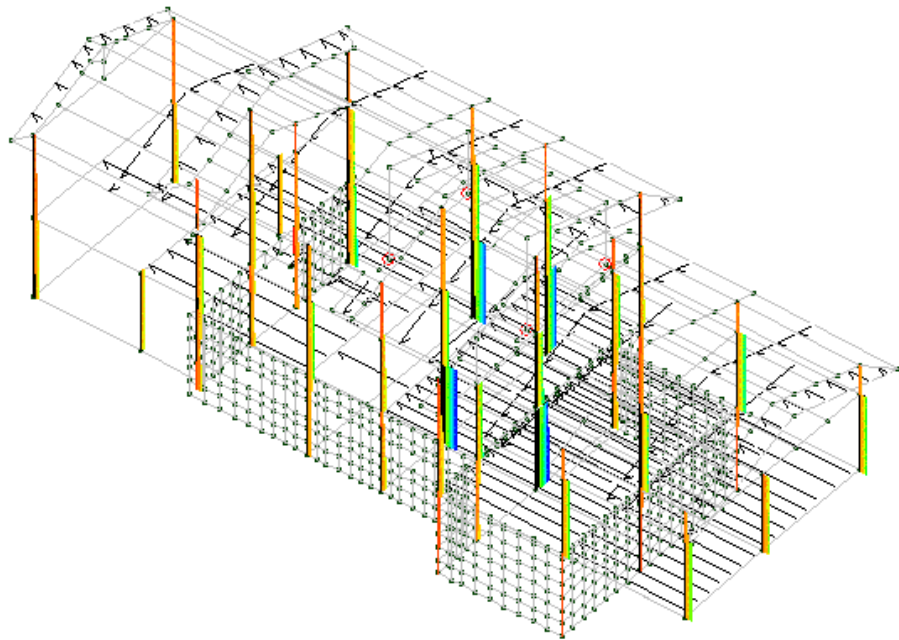
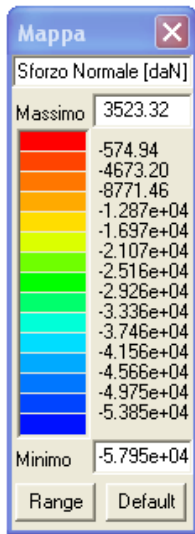
CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI CON ALTRO CODICE SOLUTORE:

I risultati sopra riportati sono quelli relativi alla relazione di calcolo allegata, eseguita con il solutore **Supersap** della società Algor (USA).

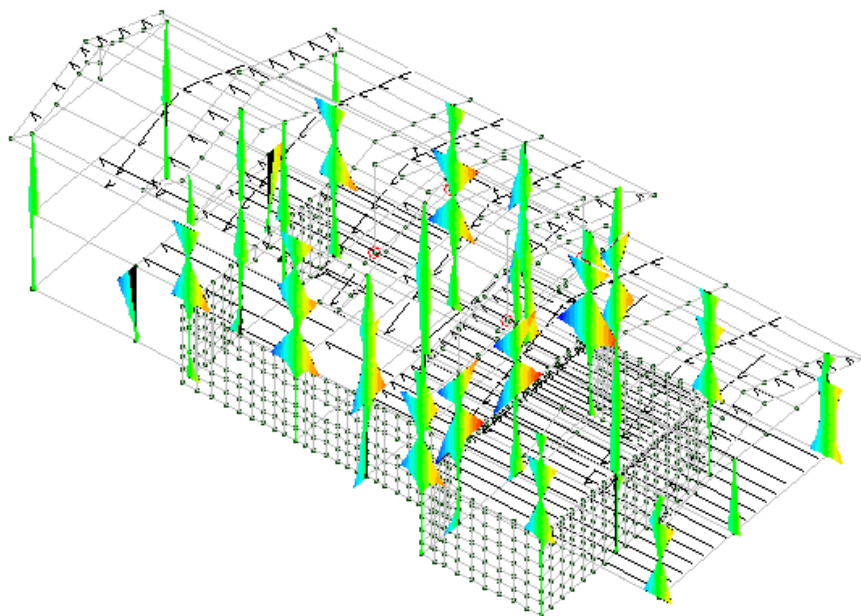
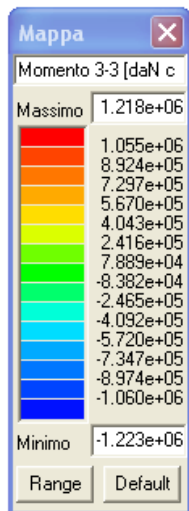
L'analisi di calcolo è stata eseguita anche con il solutore **Esap** (solutore della 2SI-Ferrara), ottenendo risultati analoghi. Il solutore Esap ha una diversa formulazione degli elementi finiti, in particolare gli elementi piastra-setto (D3).

Come si evince dai diagrammi riportati nelle sottostanti figure, i valori ottenuti con il solutore Esap sono sostanzialmente uguali a quelli ottenuti con il solutore Supersap; pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi **validi ed accettabili**.

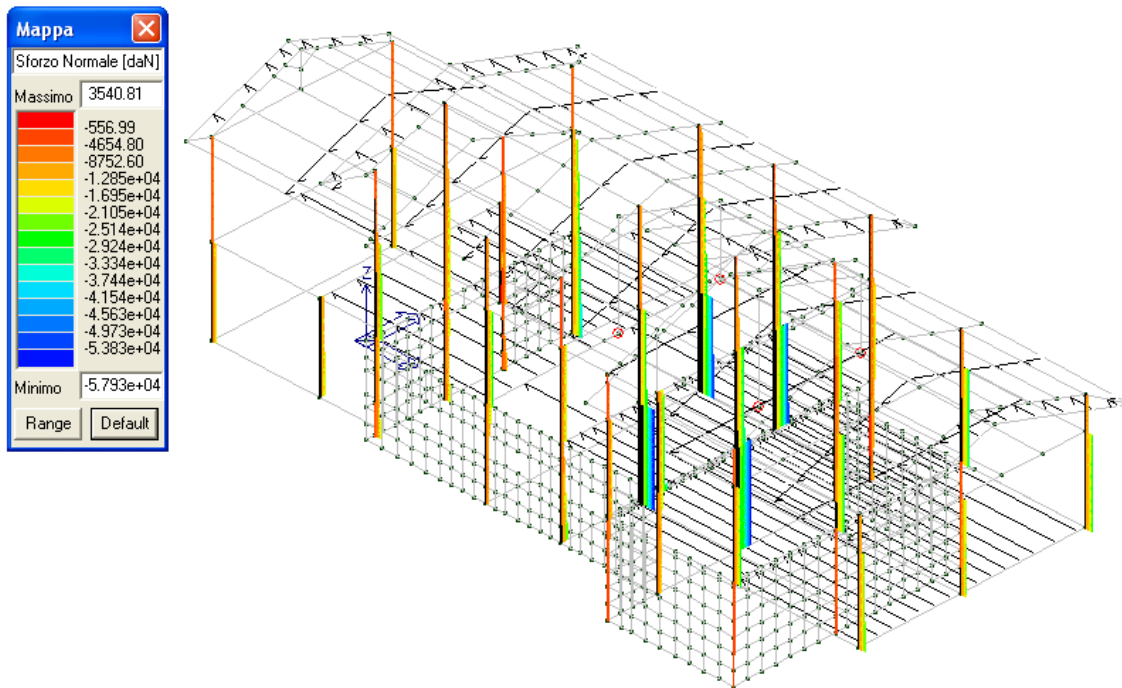
Seguono quindi le immagini di confronto dei risultati.



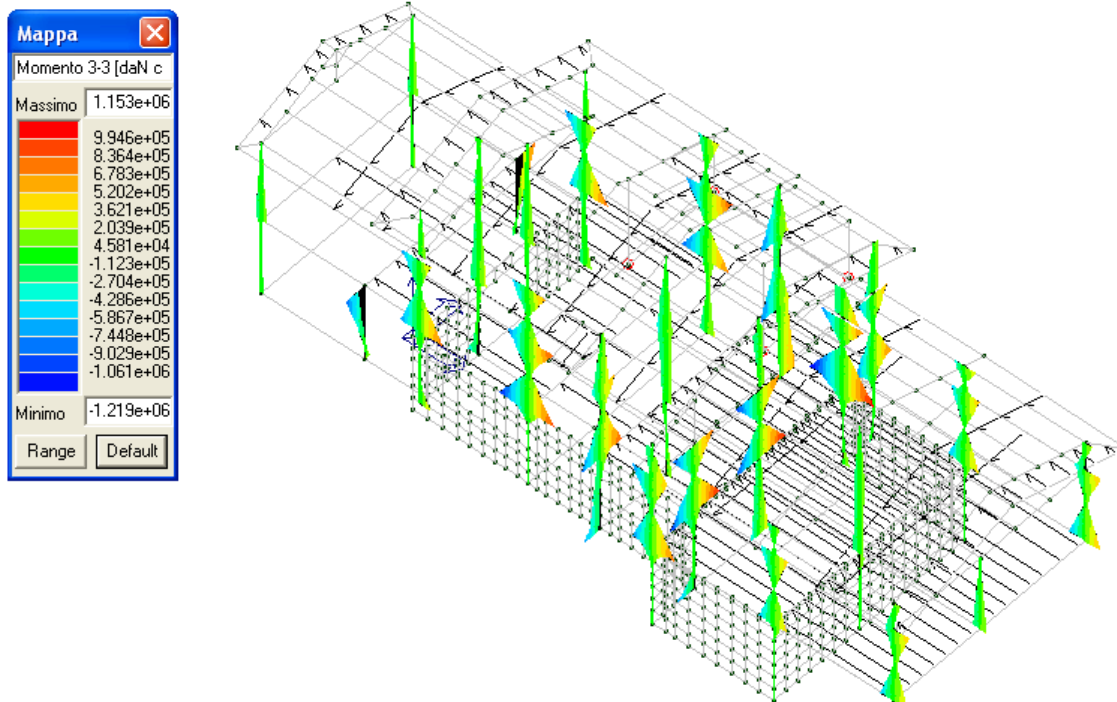
Sforzo normale massimo sui pilastri in C.A.: solutore **Esap**



Momento massimo sui pilastri in C.A.: solutore **Esap**



Sforzo normale massimo sui pilastri in C.A.: solutore **Supersap**



Momento massimo sui pilastri in C.A.: solutore **Supersap**

Aggiungere eventualmente il confronto di verifica di alcune sezioni in c.a., eseguite con software specifico, e riportare la parte di relazione di calcolo con l'indicazione dei risultati di progettazione della sezione di confronto.

