



# DIGA VILLAROSA

"Interventi urgenti per il ripristino e l'adeguamento degli impianti - Id 935"  
da effettuarsi presso la Diga Villarosa - Comune di Villarosa (EN)  
gestita dalla Regione Siciliana.

## PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Giuseppe Lombardo

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI TRA:

Mandataria



Mandanti



STUDIO DI INGEGNERIA  
Ing. Antonio Nistri



REDAZIONE DELL'ELABORATO

SOCIETA' :

SERING Ingegneria S.r.l.

RESPONSABILE :

Dott. Ing. Gabriele Speciale

RESPONSABILE E COORDINATORE DI PROGETTO PER L'RTP : SERING Ingegneria S.r.l.

Dott. Ing. Sergio Di Maio



TITOLO:

4. EDIFICI DI SERVIZIO  
EDIFICIO RICOVERO GUARDIANI  
RELAZIONE TECNICA E RAPPORTO COSTI / BENEFICI

CODICE:

PE-EDS-406-02

		REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO			
SIGLA		G. Amato	G. Romana	G. Speciale			
REVISIONE	N.	DESCRIZIONE			RED.	VER.	APP.
	00	Emissione Aprile 2021			G.A.	G.R.	G.S.
	01	Emissione a seguito di aggiornamento			G.A.	G.R.	G.S.
	02	Emissione a seguito di verifica			G.A.	G.R.	G.S.

NOME FILE :

PE-EDS-406-02

DATA :

Aprile 2021

SCALA :

-

**INDICE**

1. PREMESSA	3
2. SISTEMA COSTRUTTIVO	3
3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	5
4. CRITERI DI PROGETTAZIONE	5
4.1. Definizione delle azioni	6
5. RISULTATI	7
6. INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO	13
6.1. Adeguamento sismico della casa di guardia	13
6.2. Risanamento delle strutture degli scarichi di superficie	14
7. STIMA DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO	15
8. STIMA DEL COSTO DEL LOCALE PREFABBRICATO	15
9. CONCLUSIONI	15

## **1. PREMESSA**

La presente relazione tecnica ha per oggetto lo studio del rapporto costi / benefici per l'adeguamento sismico del locale di ricovero guardiani a seguito dell'analisi di vulnerabilità sismica che viene redatta a corredo degli elaborati del Progetto Esecutivo relativo ai lavori di "Diga Villarosa: Interventi urgenti per il ripristino e l'adeguamento degli impianti – ID 935".

La struttura oggetto dell'analisi di vulnerabilità funge da edificio di servizio per il ricovero dei guardiani e rientra nella classe d'uso III ai sensi del punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018.

La verifica di vulnerabilità ai fini sismici è stata condotta nel pieno rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018, nonché della Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" ed è volta ad accertare il livello di adeguatezza dell'opera rispetto agli standard definiti dalle norme tecniche vigenti.

Il codice di calcolo automatico utilizzato per la verifica della struttura è PRO\_SAP ed è stato impiegato conformemente alle sue caratteristiche.

È possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>.

## **2. SISTEMA COSTRUTTIVO**

L'edificio si sviluppa su un piano rialzato di altezza pari a 3.35 m, fondato su una soletta in c.a. di spessore pari a 30 cm, e presenta un solaio di copertura a soletta piena in c.a. di spessore pari a 20 cm e armato secondo le due direzioni ortogonali.

Si distinguono due vani accessibili mediante ingressi differenti. A ovest si trova il locale di accesso ai cunicoli (a pianta rettangolare, 4.00 m x 3.05 m), che presenta due setti verticali portanti in muratura connessi al cunicolo in c.a. preesistente mediante giunti; la parete a nord è in muratura non portante con apertura centrale di dimensioni 1.80 m x 2.20 m e confina con n°2 pilastri in c.a. A nord si trova il locale di ricovero guardiani, che presenta a sud una parete portante in muratura; i tamponamenti esterni lato nord e nord-ovest sono in muratura e privi funzione portante. Ai vertici del locale di ricovero sono presenti pilastri in c.a., ad eccezione del vertice in direzione sud, dove è presente una connessione tra i due setti murari ortogonali.

Di seguito si ripota la pianta dell'edificio.

**EDIFICIO RICOVERO GUARDIANI**  
**RELAZIONE TECNICA E RAPPORTO COSTI / BENEFICI**

---

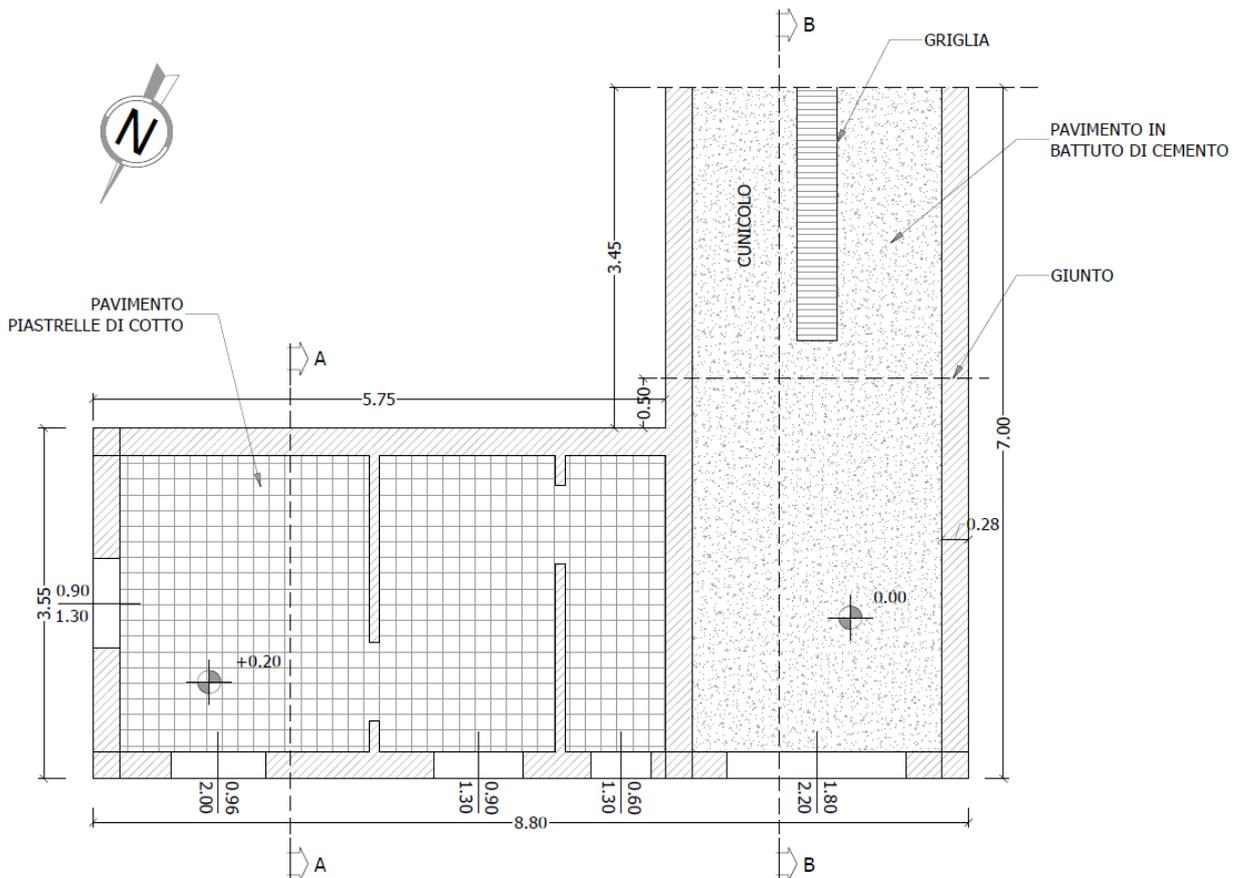


FIGURA 1 - PIANTA EDIFICIO DI RICOVERO GUARDIANI

Il sistema costruttivo della struttura oggetto di verifica è di tipo misto muratura – cemento armato.

I terreni di fondazione sono costituiti da ghiaia con sabbia o sabbiosa caratterizzata dal punto di vista geotecnico con i seguenti parametri fisico-meccanici dedotti dai risultati delle indagini e da dati di letteratura:

- ✓ peso dell'unità di volume  $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ ;
- ✓ angolo d'attrito interno  $\varphi' = 35^\circ$ ;
- ✓ coesione  $c = 20 \text{ kN/m}^2$ ;
- ✓ costante di Winkler verticale  $K_v = 4250 \text{ kN/m}^3$ ;
- ✓ costante di Winkler orizzontale  $K_o = 1810 \text{ kN/m}^3$ .

La caratterizzazione della struttura esistente è avvenuta mediante esame visivo, indagini magnetometriche con pacometro e attraverso i risultati delle prove di compressione su provini cilindrici ricavati da un setto murario e un pilastro.

L'esame visivo ha permesso di individuare il sistema costruttivo dell'edificio e uno stato di ammaloramento diffuso della struttura evidenziato dalla presenza di lesioni, espulsione del copriferro e muffe.

Le indagini magnetometriche con pacometro hanno permesso di individuare n. 6 barre longitudinali e staffe disposte con passo pari a circa 25 cm. L'ispezione visiva del solaio di copertura ha permesso di ipotizzare la tipologia costruttiva di piastra in calcestruzzo armato con barre longitudinali posizionate secondo la direzione corta con interasse di 20 cm.

Tramite le prove di compressione, eseguite sui provini di cls, si è individuata una classe di cls C25/30 per il pilastro e una resistenza a rottura media pari a 6.9 N/mm<sup>2</sup> per la muratura.

### **3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA**

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa.

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto  $Z_E$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni.

Come indicato al §8.3 del D.M. 17/01/2018, la valutazione della sicurezza sarà eseguita con riferimento ai soli SLU, essendo la classe d'uso della costruzione esistente inferiore alla IV.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV).

La normativa prevede di individuare il tipo di analisi da adottare e il valore dei fattori di confidenza che riducono le caratteristiche dei materiali dopo aver stabilito il livello di conoscenza della struttura.

Nel caso in esame la limitatezza delle indagini e delle prove effettuate non hanno permesso di raggiungere un livello di conoscenza superiore a LC1 (conoscenza limitata); si individua un fattore di confidenza FC pari a 1,35 e la scelta del tipo di analisi ricade nell'analisi dinamica lineare (analisi modale) con fattore di comportamento q. I valori del fattore di comportamento q da adottare per le costruzioni in muratura sono indicati al C8.5.5.1 della Circolare integrativa del 21/01/2019.

### **4. CRITERI DI PROGETTAZIONE**

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto  $R_d$ , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, con il corrispondente valore di progetto della domanda  $E_d$ , funzione dei valori di progetto delle azioni e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate. La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

#### 4.1. Definizione delle azioni

La valutazione sismica dell'edificio oggetto di studi è stata realizzata considerando la struttura soggetta al peso proprio degli elementi portanti e portati, il carico accidentale in copertura, l'azione della neve e del vento e l'azione sismica. Tali azioni sono state opportunamente combinate secondo le indicazioni riportate ai §2.5 e §2.6 del D.M. del 17/01/2018.

Il computo dei pesi propri strutturali (G1) è implicitamente considerato dal programma introducendo l'accelerazione di gravità ( $g = 9,806 \text{ m/s}^2$ ).

Per i carichi accidentali in copertura si è considerata la categoria d'uso Cat. H - § 3.1.4. D. M. 08.

Il carico della neve è valutato in accordo alle indicazioni del paragrafo 3.4 delle NTC 2018, ottenendo:

$$Q_{\text{neve}} = 68 \text{ daN/mq}$$

L'azione del vento è stata computata con un valore di pressione caratteristico pari a:

$$p = qb C_e C_p C_d = 88 \text{ daN/mq}$$

Per ottenere le pressioni di sopravento e sottovento si moltiplica il valore di pressione caratteristico rispettivamente per i coefficienti 0,8 e 0,4.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nel sito in esame, a cui corrispondono le seguenti coordinate:

- Longitudine: 14.1740
- Latitudine: 37.5860

E viene amplificata in relazione al periodo di riferimento  $V_r$ , al coefficiente e alla classe d'uso, alla probabilità di superamento  $P_{\text{ver}}$  associata allo stato limite considerato, al periodo di ritorno  $T_r$ , al tipo di suolo e alla categoria topografica; essi sono individuati nella seguente tabella.

TABELLA 1 - PARAMETRI DELLA STRUTTURA

Classe d'uso	Vita $V_n$ [anni]	Coeff. Uso	Periodo $V_r$ [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
III	50.0	1.5	75.0	C	T2

Sulla base delle indicazioni del C8.5.5.1 della Circolare integrativa del 21/01/2019, sono stati individuati i seguenti fattori dissipativi che hanno permesso di ottenere gli spettri elastici orizzontali allo SLV.

- $q_{\text{SLU x}}$  2.600
- $q_{\text{SLU y}}$  2.600
- $q_{\text{SLU z}}$  1.000

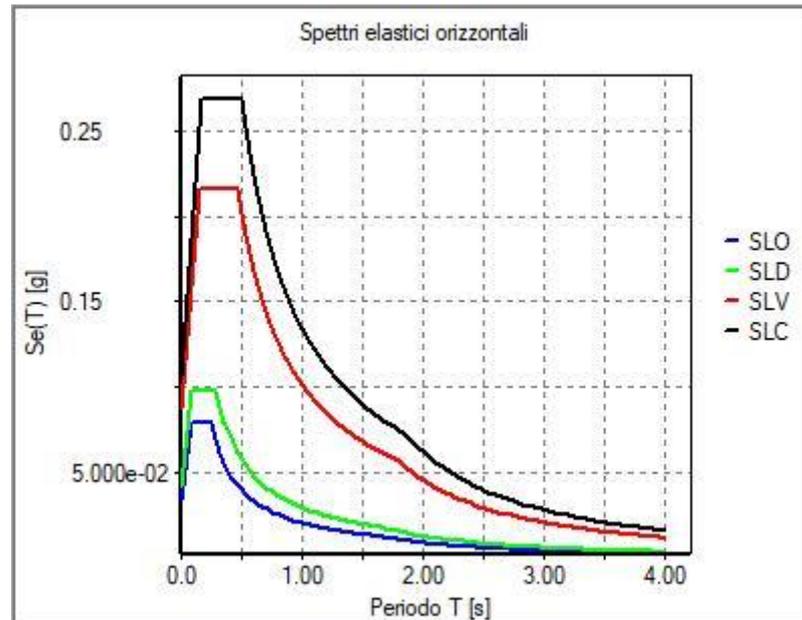


FIGURA 2 - SPETTRI ELASTICI ORIZZONTALI

## 5. RISULTATI

Le analisi sono state realizzate mediante il Software PRO\_SAP su un modello agli elementi finiti apprezzabile mediante le seguenti immagini.

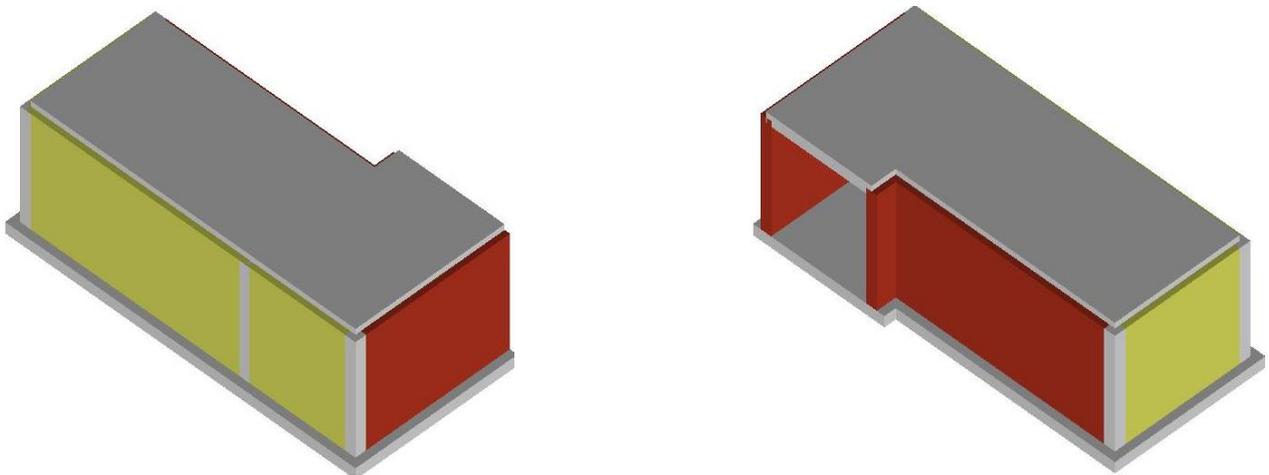


FIGURA 3 – MODELLO FEM IN VISTA 3D

Le verifiche condotte allo stato *Ante Opera* sui differenti elementi strutturali risultano soddisfatte agli SLU statici e sismici per i pilastri in c.a. e nella quasi totalità degli elementi finiti della platea. Il solaio che ricopre il locale guardiani e i setti portanti non soddisfano le verifiche.

Nelle figure di seguito si riportano i risultati agli SLU. In azzurro sono indicati gli elementi strutturali verificati, in rosso quelli che non soddisfano le verifiche.

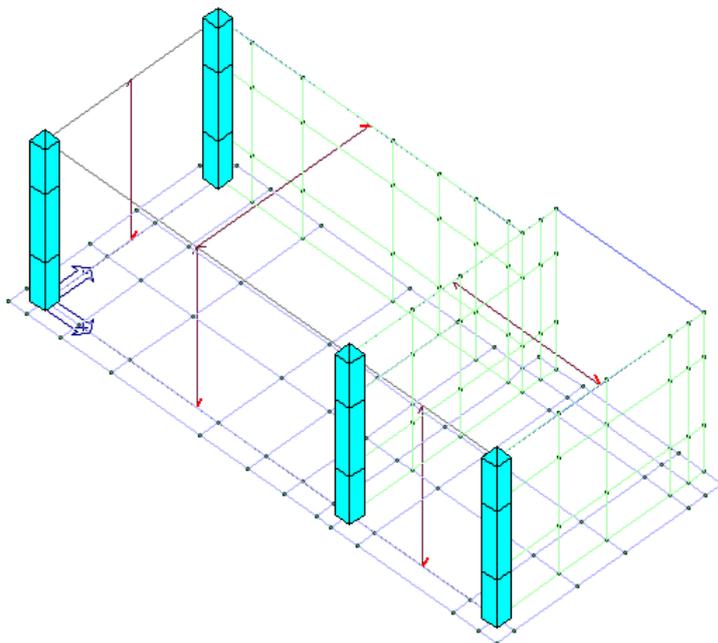


FIGURA 4 - VERIFICA AGLI S.L.U. DELLE COLONNE

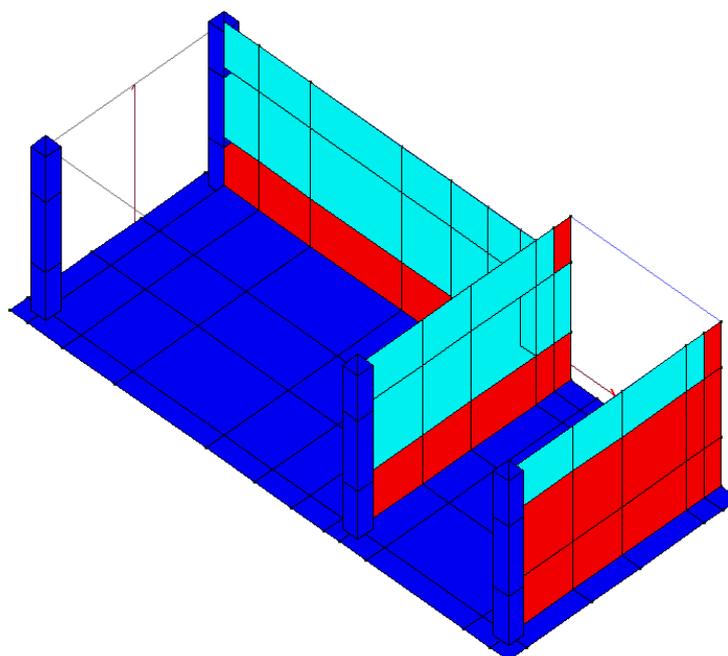


FIGURA 5 - VERIFICA AGLI S.L.U. SETTI MURARI

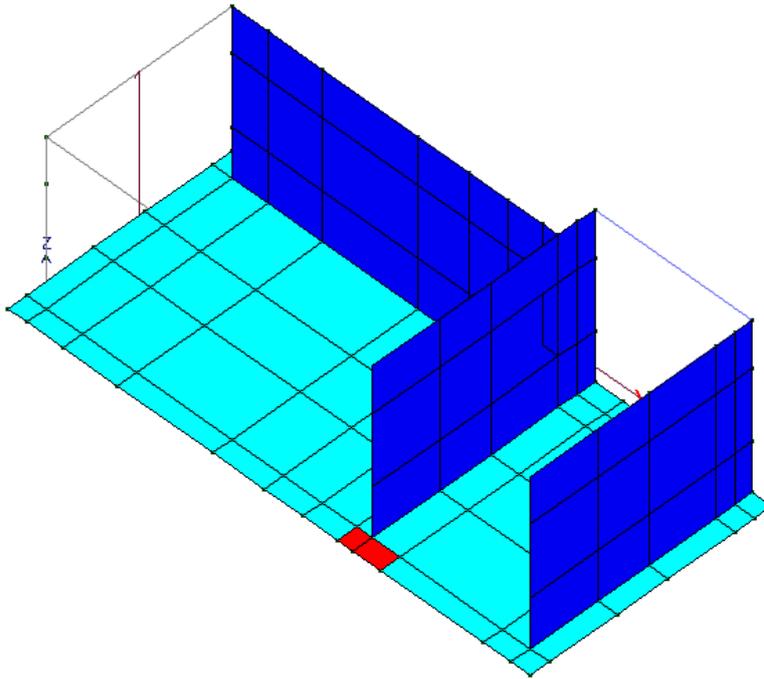


FIGURA 6 - VERIFICA AGLI S.L.U. FONDAZIONE

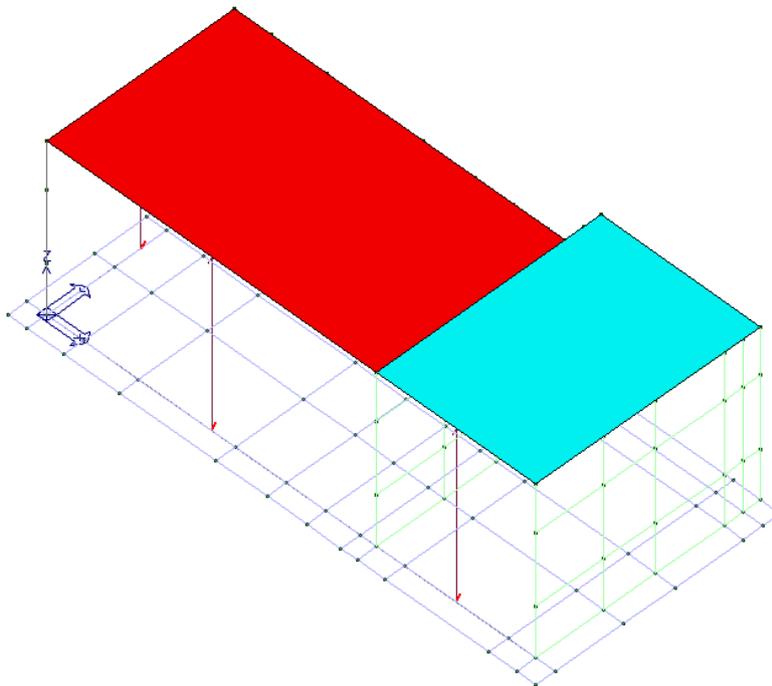


FIGURA 7 - VERIFICA AGLI S.L.U. SOLAIO DI COPERTURA

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche sismiche allo SLU realizzate sui setti murari portanti, definite al capitolo §7.8.2. del D.M. del 17/01/2018; esse risultano soddisfatte se il valore in mappa è minore di uno.

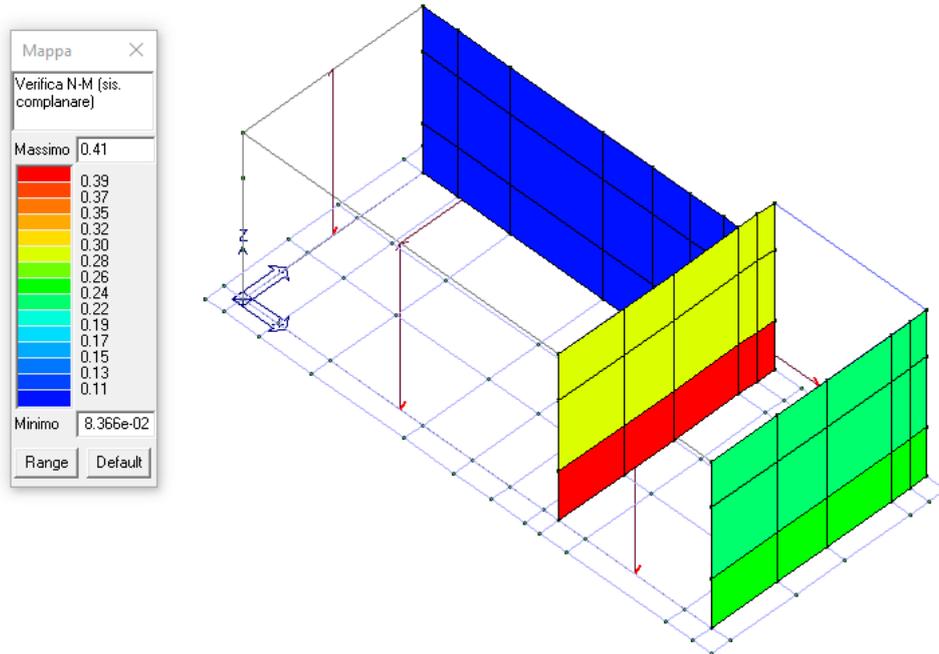


FIGURA 8 - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO §7.8.2.2.1

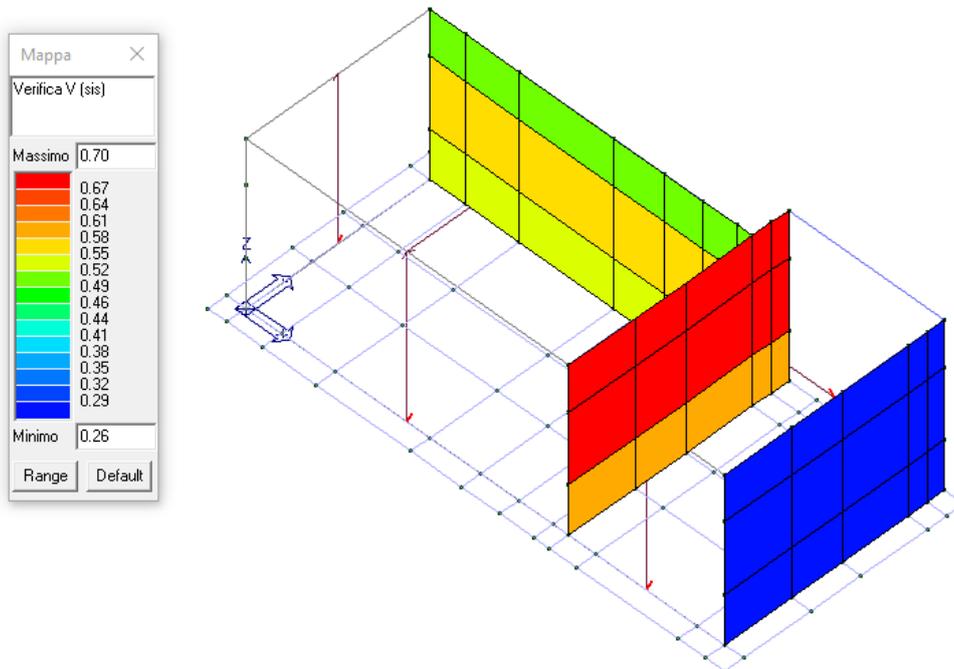


FIGURA 9 - VERIFICA A TAGLIO §7.8.2.2.2

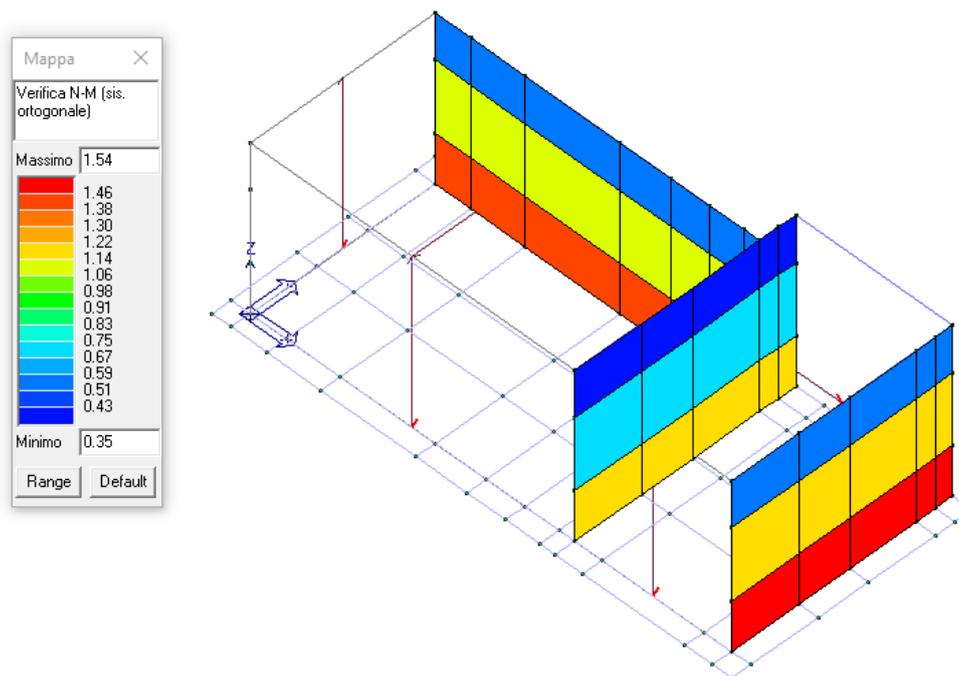


FIGURA 10 - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO §7.8.2.2.3

Al fine di espletare la verifica di vulnerabilità sismica si procede con l'individuazione del rapporto  $z_E$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

In particolare, nel caso in esame le simulazioni condotte hanno permesso di rilevare che le verifiche sulla muratura esistente risultano soddisfatte riducendo l'azione sismica massima sulla struttura al 50%, come indicato nelle figure seguenti.

In base alle elaborazioni svolte si evince che la struttura oggetto di verifica non risulta idonea sismicamente con valori del livello di sicurezza rispetto alle azioni sismiche, ricavato mediante analisi dinamica lineare e quantificato nel rapporto  $z_E$ , pari a 50%.

Con riferimento alle analisi e alle valutazioni di sicurezza condotte, secondo quanto riportato nel §8.3 del D.M. del 17/01/2018 si conclude stabilendo che, per l'edificio in esame, l'uso della costruzione non può continuare senza interventi ed è necessario procedere ad aumentare e/o ripristinare la capacità portante.

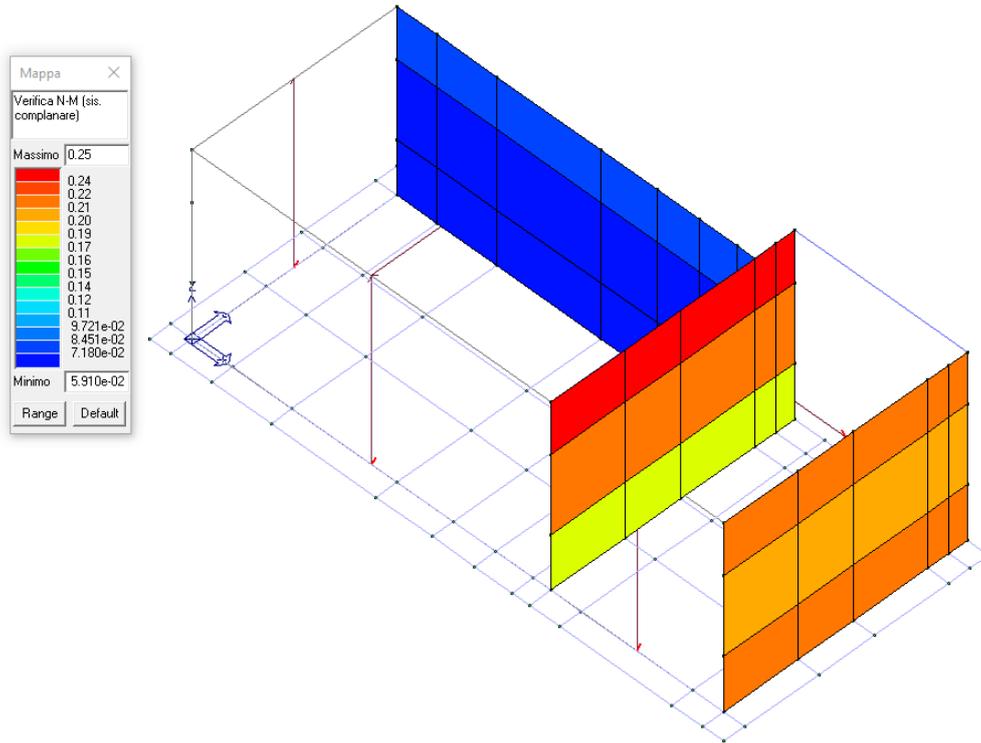


FIGURA 11 - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO §7.8.2.2.1 ( $A=0.50A_G$ )

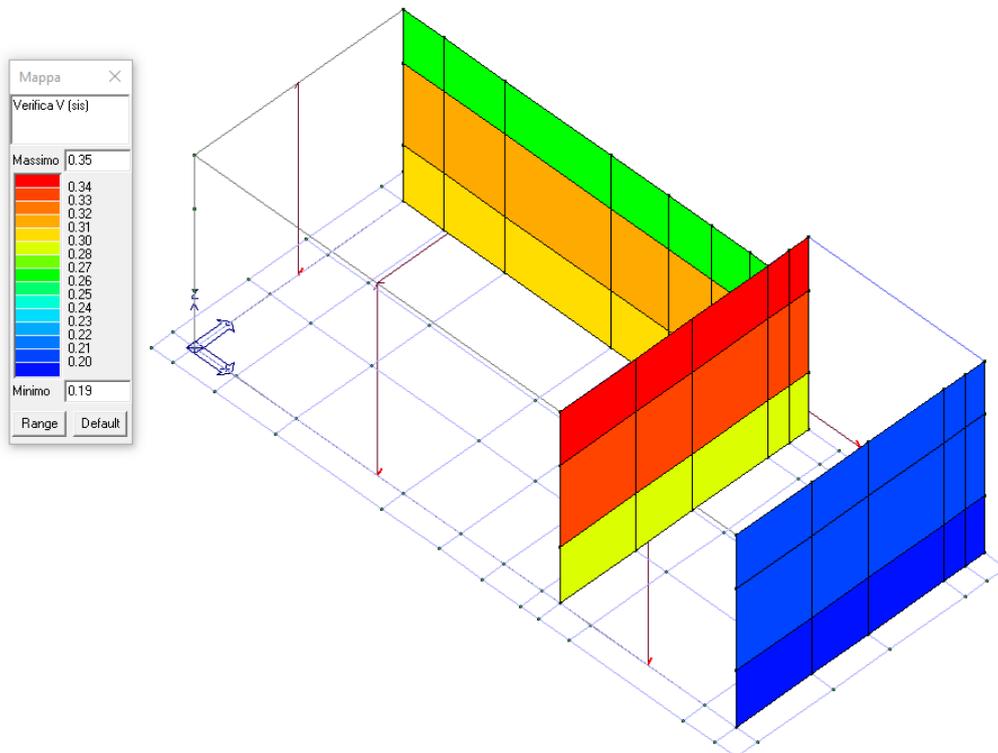


FIGURA 12 - VERIFICA A TAGLIO §7.8.2.2.2 ( $A=0.50A_G$ )

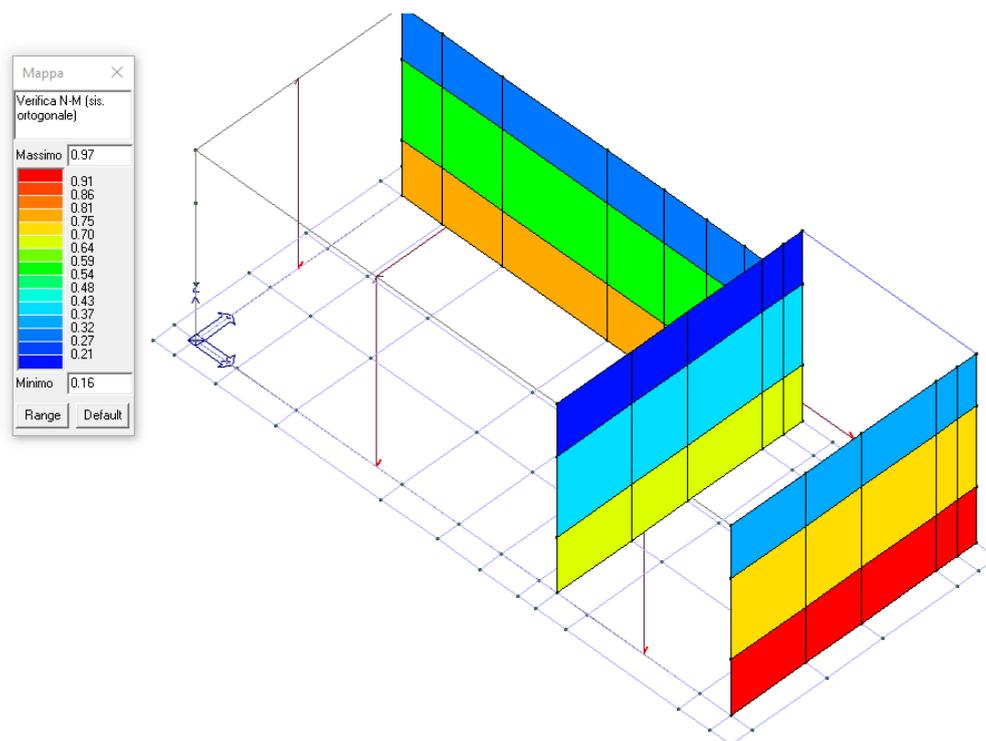


FIGURA 13 - VERIFICA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO §7.8.2.2.3 ( $A=0.50A_G$ )

## 6. INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO

### 6.1. Adeguamento sismico della casa di guardia

Come spesso si riscontra negli edifici esistenti progettati per i soli carichi verticali, la struttura, di tipo misto in c.a. e muratura, è caratterizzata da bassi quantitativi di armatura e grandi sezioni in c.a., dunque in contrasto con i principi della progettazione antisismica attuale.

Gli interventi di adeguamento previsti hanno come scopo pertanto quello di adottare provvedimenti atti ad impedire la formazione di tutte le potenziali crisi per rotture fragili, rinforzando i nodi trave-pilastro, i pilastri e le travi. Poiché, infatti, l'analisi di vulnerabilità ha mostrato la necessità di intervenire con un rinforzo a pressoflessione sui setti murari, il confinamento dei nodi non confinati e il rinforzo a taglio e flessione dei solai travi, si prevede di impiegare i compositi fibrorinforzati ad alte prestazioni (FRP) uniti ad un doppio strato di intonaco armato da applicare solo nei setti murari.

Si prevede infine, per gli elementi strutturali che necessitano di manutenzione, un trattamento classico di protezione dei ferri di armature con antipassivante, mediante applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva, monocomponente, a base di leganti cementizi, polimeri in polvere e inibitori di corrosione; il ripristino corticale del calcestruzzo asportato o ammalorato con idoneo prodotto a base di malta tissotropica fibrorinforzata, a ritiro compensato, resistente ai solfati; rasatura della sezione così ricostruita con idoneo prodotto a base di malta fine a presa rapida.

## **6.2. Risanamento delle strutture degli scarichi di superficie**

Durante i prelievi delle carote di calcestruzzo da sottoporre a schiacciamento è stata effettuata la verifica della carbonatazione del calcestruzzo.

La profondità di carbonatazione, determinata per ogni carota mediante la prova alla fenolftaleina ha mostrato una profondità di carbonatazione variabile tra 0 e 50 mm.

Le risultanze delle analisi mostrano chiaramente che l'intervento ottimale di risanamento dovrebbe interessare l'intera struttura dell'edificio locale guardiani.

L'intervento previsto è di seguito descritto:

### *1 - Preparazione del supporto*

Sulle superfici oggetto d'intervento, dovrà essere effettuata l'asportazione corticale del conglomerato cementizio mediante azione meccanica, atta ad asportare tutto il calcestruzzo di copriferro e/o preparare la zona di attacco fra vecchi e nuovi getti, senza compromettere l'integrità e l'ancoraggio dei ferri d'armatura messi a nudo nonché l'integrità strutturale del calcestruzzo limitrofo non demolito.

Successivo trattamento di pulizia dei ferri d'armatura liberati dalla precedente operazione di scarifica, mediante sabbiatura o altro sistema ritenuto idoneo atto a rimuovere ed asportare ossidazioni, aggressivi chimici, parti superficiali incoerenti ed eventuali residui di oli, grassi, sporco e in generale qualsiasi altro materiale contaminante, fino a portare la superficie a metallo bianco (grado SA 2½).

### *2 - Passivazione dei ferri di armatura*

Trattamento passivante dei ferri d'armatura, mediante applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva, monocomponente, a base di leganti cementizi, polimeri in polvere e inibitori di corrosione.

### *3 - Ricostruzione della sezione con malta tissotropica:*

Ricostruzione della sezione con malta tissotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze e lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua.

Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spatola, cazzuola o a spruzzo con pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato. Le superfici in calcestruzzo oggetto dell'intervento dovranno essere irruvidite, saturate con acqua e qualora gli spessori da ricostruire risultino superiori a 3,5 cm, il ripristino andrà opportunamente contrastato con armatura metallica collegata con le vecchie armature esistenti.

Per migliorare l'espansione all'aria durante i primi giorni di stagionatura, il prodotto dovrà essere miscelato con l'aggiunta di uno speciale additivo stagionante in grado di ridurre sia il ritiro plastico

che il ritiro idraulico in un dosaggio pari allo 0,25% in peso sul peso della malta. Il prodotto deve rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4.

## **7. STIMA DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO**

Nella seguente tabella vengono riassunti i costi necessari ai lavori di adeguamento sismico del locale ricovero guardiani:

<b>DESCRIZIONE</b>	<b>SUPERFICIE [mq]</b>
Prospetto Nord	23,00
Prospetto Est	22,00
Prospetto Ovest	23,00
Prospetto Sud	20,00
Parete interna	11,00
Copertura	37,00
<b>TOTALE</b>	<b>136,00</b>

Da un'analisi di mercato condotta nella Provincia di Enna, è stato riscontrato che il costo medio di mercato per l'adeguamento strutturale è di 300,00 €/m<sup>2</sup>.

Se ne deduce che l'importo necessario all'adeguamento sismico delle strutture che compongono il locale ricovero guardiani ammonta a € 40.800,00.

## **8. STIMA DEL COSTO DEL LOCALE PREFABBRICATO**

Il costo per la fornitura e posa in opera di cabina prefabbricata di tipo monoblocco scatolare, dalle dimensioni di ingombro 5,68 x 2,50 x h 2,55 m costituita dal pavimento e quattro pareti con tetto rimovibile, realizzata con calcestruzzo classe C 35/45 SF2 UNI EN 206 (CEM I 52,5 R) confezionato in stabilimento e additivato con idonei fluidificanti e impermeabilizzanti al fine di ottenere l'adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità e protezione dall'esterno e armata con acciaio B450C ammonta a € 15.118,77 come si evince dall'analisi prezzi AP.03 (cft. elaborato PE-ECO-502-01).

## **9. CONCLUSIONI**

Alla luce delle considerazioni espone in precedenza, si osserva che la scelta di demolire l'edificio destinato a ricovero guardiani e di installare al suo posto una cabina prefabbricata è più conveniente rispetto alla scelta di adeguare sismicamente la struttura esistente.