

## **Intervento di realizzazione di un Ospedale di Comunità (CUP E49J22000600006)**



<u>Proprietà:</u> AZIENDA USL DI BOLOGNA DELEGATO CON DEL.n.263 del 12/07/2019 IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO TECNICO PATRIMONIALE ( Ing. Claudia Reggiani)	<u>Direttore Generale:</u>  Dott. Paolo Bordon	<u>Progettista Architettonico:</u>  Ing. Franco Emiliani	<u>Progettista Strutturale:</u>  	<u>Progettista Impianti Meccanici:</u>  Ing. Simona Boschetti	<u>Progettista Impianti Elettrici:</u>  Ing. Davide Canarini	<u>Responsabile del Procedimento:</u>  Ing. Franco Emiliani
<u>Data:</u> Gennaio 2022						



## STUDIO DI FATTIBILITA'

# OSPEDALE DI COMUNITA' DI LOIANO

## RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA

Intervento di realizzazione di un Ospedale di Comunità a Loiano

(CUP: E49J22000600006)

### INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il seguente Studio di Fattibilità è redatto ai sensi dell'art. 14 c.1. lett.a) b) c) d) e) del D.P.R. 207/2010, in base alle disposizioni transitorie e di coordinamento previste all'art. 216 comma 4, richiamate all'art. 23 comma 3 del D.Lgs. 50/2016 "Codice Appalti",.

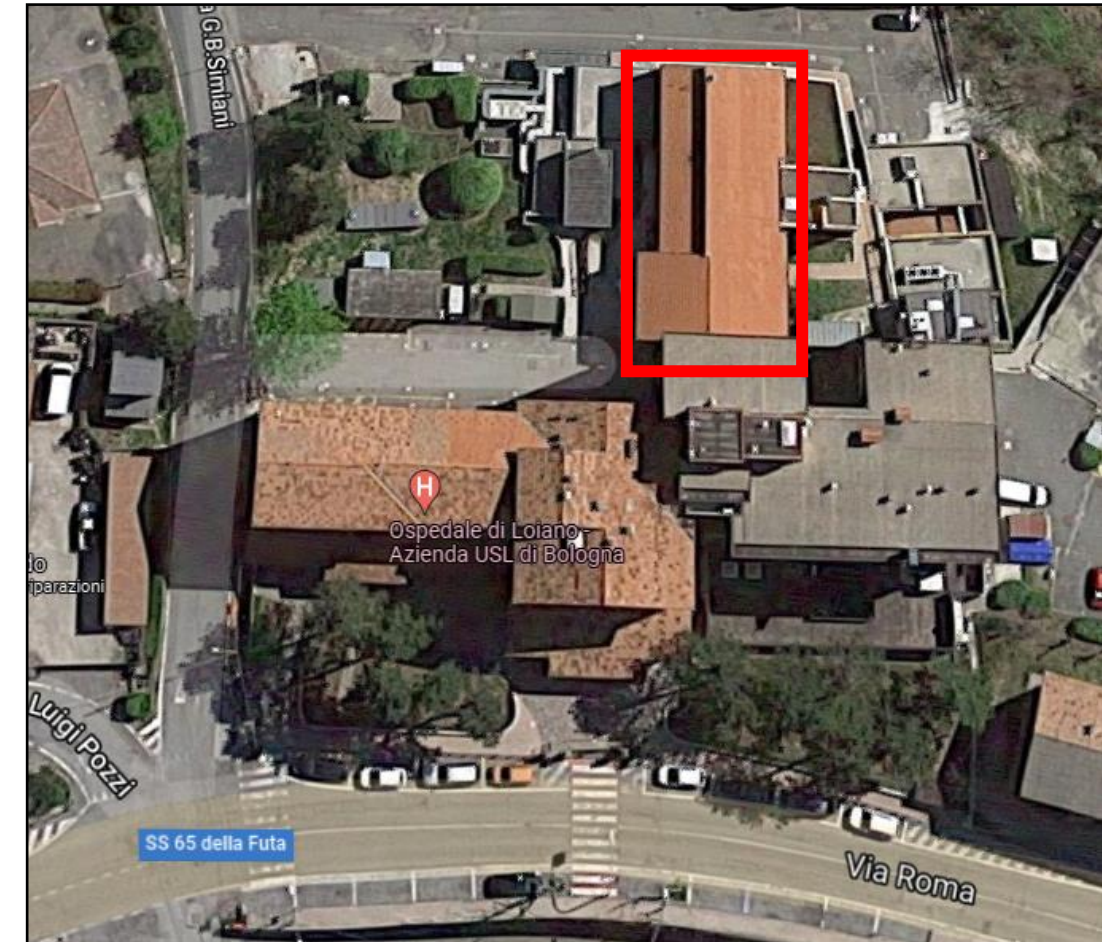
Il presente documento comprende al suo interno anche le informazioni del *Documento di Indirizzo alla Progettazione* (documento preliminare all'avvio della progettazione di cui all'art. 15 del DPR 207/2010) e del *Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali* (di cui all'art. 23 co. 5 del D.Lgs. 50/2016).

### PREMESSA

Lo Studio di Fattibilità ha per oggetto le analisi e le valutazioni tecnico economiche per la realizzazione, nell'area del complesso ospedaliero di Loiano, di un Ospedale di Comunità, attraverso la riqualificazione di un corpo di fabbrica ora occupato da una CRA. Il progetto permetterà di realizzare una struttura di 15 posti letto funzionale a integrare i servizi sanitari territoriali del Distretto Idice Savena. L'intervento consentirà, inoltre, di recuperare, all'interno dell'Ospedale, gli attuali spazi dedicati ai cosiddetti "letti tecnici" che costituiscono un reparto di degenza dedicata ai servizi territoriali.

## CARATTERISTICHE FUNZIONALI, TECNICHE, GESTIONALI, ECONOMICO-FINANZIARIE DEI LAVORI DA ESEGUIRE

Il fabbricato oggetto di intervento è un corpo di fabbrica indipendente di circa 1309 mq all'interno del complesso ospedaliero di Loiano, di cui verrà utilizzata una porzione di 805 mq per la realizzazione dell'OdC..



Individuazione corpo di fabbrica



*Stato di fatto – vista frontale*

## **A. RELAZIONE DI COMMITTENZA, REQUISITI FUNZIONALI**

### **A1. Introduzione**

L'Ospedale di Comunità (OdC), come previsto dalla normativa vigente e dagli atti concertativi di riferimento (DM 70/2015, Patto per la Salute 2014-2016, Piano nazionale della cronicità, Accordo in Conferenza Stato-Regioni del 20.02.2020), svolge una funzione intermedia tra il domicilio e il ricovero ospedaliero, con la finalità di evitare ricoveri ospedalieri impropri e di favorire dimissioni protette in luoghi più idonei al prevalere di fabbisogni assistenziali, di stabilizzazione clinica, di recupero funzionale e dell'autonomia più prossimi al domicilio. L'OdC è una struttura di ricovero breve, che afferisce al livello essenziale di assistenza territoriale, rivolta a pazienti che, a seguito di un episodio di acuzie minori o per la riacutizzazione di patologie croniche, necessitano di interventi sanitari a bassa intensità clinica potenzialmente erogabili a domicilio, ma che necessitano di assistenza/sorveglianza sanitaria infermieristica continuativa, anche notturna, non erogabile a domicilio o in mancanza di idoneità del domicilio stesso (strutturale e/o familiare). Tali necessità possono concretizzarsi sia in occasione di dimissione da struttura ospedaliera, sia per pazienti che si trovano al loro domicilio, in questo secondo caso possono rientrare anche ricoveri brevi. L'OdC,

così come chiarito dall'Accordo in Conferenza Stato-Regioni del 20.02.2020, non è una duplicazione o una alternativa a forme di residenzialità sociosanitarie già esistenti, che hanno altre finalità e destinatari; in particolare, non è ricompreso nelle strutture residenziali (articoli 29-35 del DPCM 12/01/2017 recante "Definizione e aggiornamento dei livelli essenziali di assistenza, di cui all'articolo 1, comma 7, del decreto legislativo 30 dicembre 1992, n. 502"). Possono accedere all'OdC pazienti con patologia acuta minore che non necessitano di ricovero in ospedale o con patologie croniche riacutizzate che devono completare il processo di stabilizzazione clinica, con una valutazione prognostica di risoluzione a breve termine (15-30 giorni), provenienti dal domicilio o da altre strutture residenziali, dal Pronto soccorso o dimessi da presidi ospedalieri per acuti. Tra gli obiettivi primari del ricovero deve essere posto anche il coinvolgimento attivo e l'aumento di consapevolezza, nonché la capacità di auto-cura dei pazienti e del familiare/caregiver, attraverso la formazione e l'addestramento alla migliore gestione possibile delle nuove condizioni cliniche e terapeutiche e al riconoscimento precoce di eventuali sintomi di instabilità.

In sintesi, le categorie principali di pazienti eleggibili sono le seguenti:

- a) pazienti fragili e/o cronici, provenienti dal domicilio, per la presenza di riacutizzazione di condizione clinica preesistente, insorgenza di un quadro imprevisto, in cui il ricovero in ospedale risulti inappropriato;
- b) pazienti, prevalentemente affetti da multimorbidità, provenienti da struttura ospedaliera, per acuti o riabilitativa, clinicamente dimissibili per conclusione del percorso diagnostico terapeutico ospedaliero, ma con condizioni richiedenti assistenza infermieristica continuativa;
- c) pazienti che necessitano di assistenza nella somministrazione di farmaci o nella gestione di presidi e dispositivi, che necessitano di interventi di affiancamento, educazione ed addestramento del paziente e del caregiver prima del ritorno al domicilio;
- d) pazienti che necessitano di supporto riabilitativo-rieducativo, il quale può sostanziarsi in: valutazioni finalizzate a proporre strategie utili al mantenimento delle funzioni e delle capacità residue (es. proposte di fornitura di ausili); counselling e educazione terapeutica al paziente con disabilità motoria, cognitiva e funzionale; interventi fisioterapici nell'ambito di Percorsi/PDTA/Protocolli già attivati nel reparto di provenienza e finalizzati al rientro a domicilio. I pazienti ospitati necessitano di assistenza infermieristica continuativa e assistenza medica programmata o su specifica necessità.



## **A2. Il contesto sociodemografico di riferimento**

Il Distretto di Savena-Idice comprende 5 comuni dell'area collinare e 1 comune dell'area montana. La popolazione al 1° gennaio 2020 ammonta a 78.758 abitanti,.

La popolazione straniera rappresenta l'8,8% della popolazione totale, percentuale inferiore rispetto a quella aziendale (12,5%) e a quella di tutti gli altri Distretti.

L'età media (47 anni) e la proporzione di residenti di età superiore o uguale a 65 anni (25,9%) sono entrambe più elevate sia dei valori aziendali (rispettivamente 46,1 anni e 24,4%) sia quelli degli altri distretti ad eccezione dell'Appennino Bolognese.

Il numero di famiglie nel 2019 ammonta a 36.674, di cui il 37,7% monocomponenti.

La frequenza di popolazione che vive in aree "molto ricche" supera di oltre di 5 punti percentuali il valore aziendale ed il 40,2% vive in aree "deprivate" o "molto deprivate".

La speranza di vita è di 81,6 anni per gli uomini e di 85 anni per le donne.

Il 6,3% dei soggetti di età superiore o uguale a 65 anni ha un livello fragilità alto o molto alto, in linea con il dato aziendale (6,2%).

## **A3. Relazioni di Committenza**

La gestione e l'attività nell'OdC saranno basate su un approccio multidisciplinare, multiprofessionale ed interprofessionale, in cui sono assicurate collaborazione ed integrazione delle diverse competenze. La responsabilità igienico sanitaria dell'OdC sarà in capo ad un medico. La responsabilità organizzativo/assistenziale della struttura sarà in capo ad un coordinatore infermieristico. L'assistenza infermieristica sarà garantita nelle 24 ore con il supporto degli Operatori Socio-sanitari, in coerenza con gli obiettivi del Piano Assistenziale Individualizzato (PAI) e in stretta sinergia con il responsabile clinico e gli altri professionisti coinvolti assistenti sociali e fisioterapisti.

All'interno dell'equipe di cura sarà presente l'Infermiere case-manager di OdC che si occupa, in particolare, delle transizioni di cura dei pazienti assicurandone la presa in carico e la continuità assistenziale: l'infermiere case manager si interfacerà con le Centrali Operative Territoriali in modo da facilitare l'organizzazione dell'assistenza, e gli ausili eventualmente necessari, una volta che il paziente tornerà al domicilio.

L'assistenza medica è assicurata dai medici incaricati, nel turno diurno (8-20) sarà garantita per almeno 4 ore al giorno 7 giorni su 7 mentre nel turno notturno (20-8) e diurno festivo e prefestivo in forma di pronta disponibilità, anche organizzata per più strutture dello stesso territorio, con tempi di intervento conformi a quanto previsto dalle norme vigenti in materia. L'assistenza

notturna sarà garantita anche da Medici della Continuità Assistenziale. I responsabili delle attività cliniche ed infermieristiche provvederanno alla raccolta delle informazioni sanitarie per i rispettivi ambiti di competenza, utilizzando la cartella clinico - assistenziale integrata, già inserita in un processo di informatizzazione integrato con il FSE.

All'interno dell'OdC saranno, inoltre, garantite alcune attività di monitoraggio dei pazienti, in loco o in collegamento funzionale, favorendo lo sviluppo dei servizi di telemedicina. A supporto dell'attività di monitoraggio saranno disponibili i seguenti strumenti: defibrillatore, elettrocardiografo portatile/telemedicina, saturimetro, spirometro, emogasanalizzatore, apparecchio per esami POCT, ecografo.

## **A4. Servizi e personale**

La Casa della Comunità offrirà il servizio agli utenti in orari che consentano il maggior utilizzo della struttura sulla base delle necessità locali e delle prestazioni svolte.

La struttura garantirà il servizio nelle 24 ore tramite la presenza costante di personale infermieristico supportato da personale OSS. Saranno presente:

- personale medico per garantire la responsabilità igienico sanitaria;
- personale infermieristico garantirà l'assistenza infermieristica nelle 24 ore con il supporto degli Operatori Socio-sanitari;
- coordinatore infermieristico al quale sarà delegata la responsabilità organizzativo/assistenziale della struttura.



B. VERIFICA URBANISTICA

B1. Localizzazione dell'intervento

Il corpo di fabbrica che ospiterà l'OdC fa parte del complesso Ospedaliero di Loiano, situato nel comune di Loiano in via Roma 8.

L'edificio ha struttura in muratura e presenta 2 piani seminterrati e 2 fuori terra.

Di seguito si riporta foto aerea con individuazione del fabbricato e la zona oggetto di intervento.



Vista aerea stato attuale

La struttura sanitaria essendo all'interno del complesso ospedaliero è dotata di parcheggio, ed è raggiungibile con servizi pubblici.

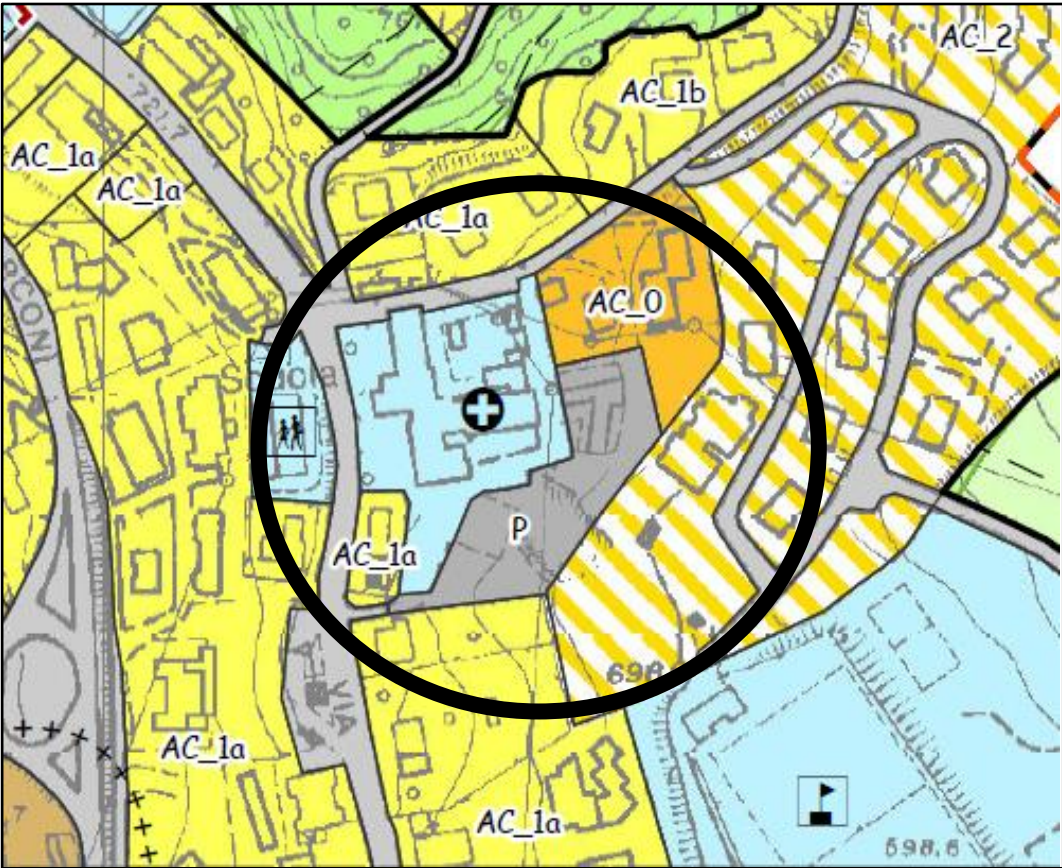
B2. Dati di sintesi per la verifica urbanistica

INDIVIDUAZIONE CATASTALE

L'edificio risultaindividuato catastalmente al Foglio 32 Mappale 208Sub 1  
L'area relativa all'ospedale ricade, secondo il RUE in zona DOT\_S Attrezzature di Servizio Esistenti, mentre la zona di pertinenza dell'Ospedale è specificata come zona Attrezzature socio Sanitarie.

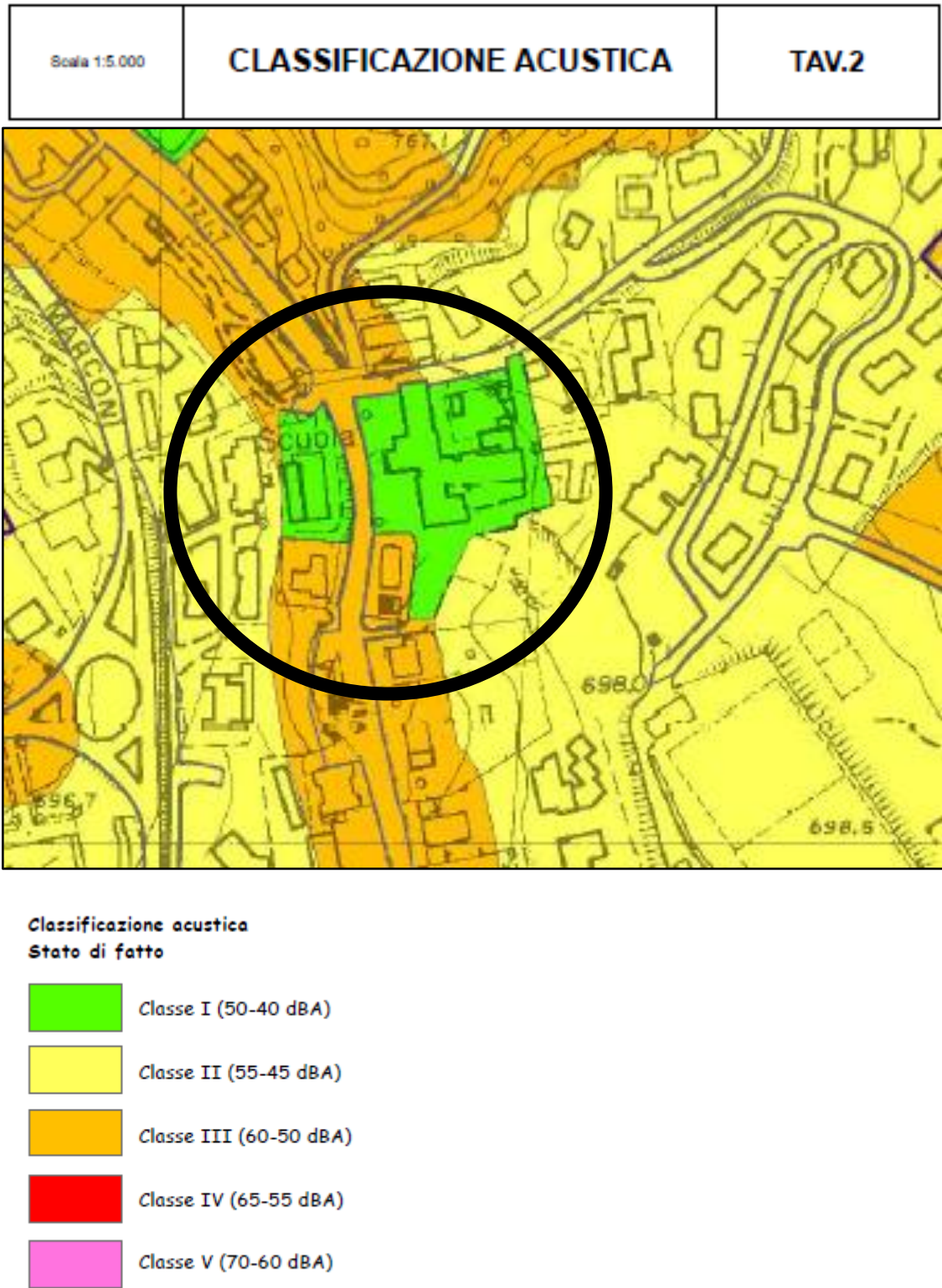
Per la tipologia di intervento non si riscontrano criticità dal punto di vista della compatibilità urbanistica.

	<b>CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO URBANIZZATO E DEL TERRITORIO RURALE</b>	<b>RUE.L/T.</b>  Scala 1:5.000
--	---	--------------------------------------



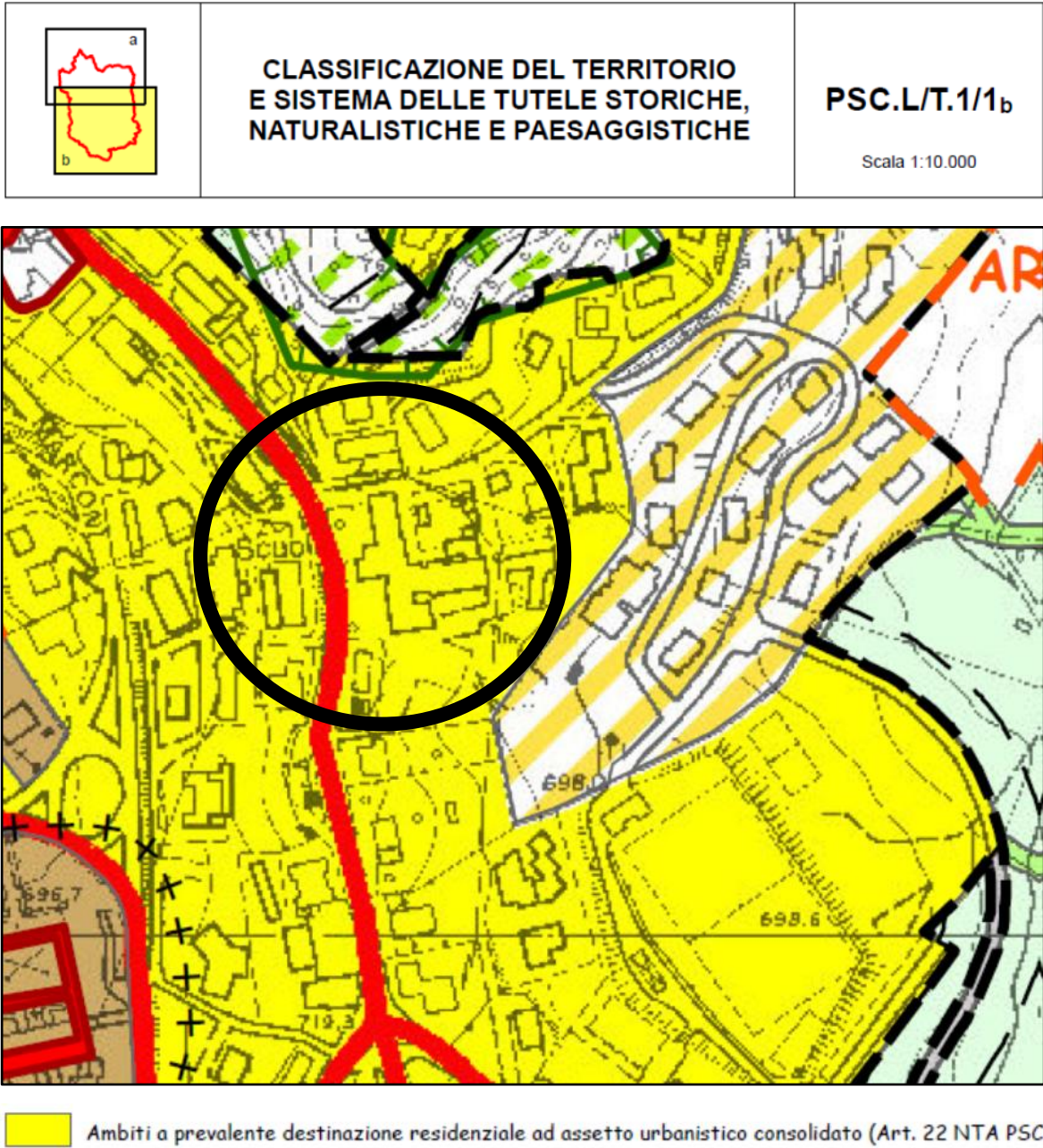
- DOT\_S, Attrezzature di servizio esistenti (Art. 62 RUE)
- P, Parcheggi pubblici esistenti (Art. 64 RUE)
- Attrezzature socio-sanitarie
- AC\_1a, Aree residenziali ad assetto urbanistico consolidato ad alta densità (Art. 38 RUE)





ANALISI DEI VINCOLI E DELLE TUTELE

L’area relativa all’ospedale ricade, secondo il PSC, in “zona a prevalente destinazione residenziale ad assetto urbanistico consolidato”. L’area, pertanto, non risulta interessata da vincoli di natura Paesaggistica o Storica



VERIFICA CONFORMITA’ EDILIZIA:

- Variante al permesso di costruire p147 realizzazione di scala e montalettighe approvata con validazione interna PG 8216/2010
- Certificato di conformità edilizia e agibilità CASA PROTETTA "SIMIANI" PG 228/2011



***B3. Descrizione dei requisiti principali dell'opera in ambito di sostenibilità ambientale e di compatibilità paesaggistica. Collegamenti con il contesto, in riferimento alla verifica dei vincoli ambientali – storici – archeologici – paesaggistici interferenti sulle aree***

Tutti gli interventi qui descritti verranno condotti tenendo nella massima considerazione gli aspetti di sostenibilità ambientale e di risparmio energetico, in linea con l'attenzione all'ambiente e alla salvaguardia delle risorse contenuta nelle più recenti emanazioni normative. Il riferimento, evidentemente, è soprattutto ai CAM, Criteri Ambientali Minimi, introdotti con la Legge 221/2015 e poi aggiornati con il D.M. 11/01/2017, per quanto attinente ed applicabile nel particolare contesto di cui sopra.

L'impatto ambientale previsto per le opere in programma è poco rilevante in quanto insiste su una porzione di territorio già costruito e urbanizzato e prevede la modifica del lay out interno di spazi già attualmente utilizzati per la medesima destinazione d'uso.

Lo sviluppo del progetto sarà coerente con i principi e gli obblighi specifici del PNRR relativamente al principio del "Do No Significant Harm" (DNSH), per le parti applicabili allo specifico intervento nel contesto in cui è inserito.

## **C. ORGANIZZAZIONE E DIMENSIONAMENTO DEL PROGETTO**

### ***C1. Stato di fatto***

L'edificio oggetto di intervento è un corpo di fabbrica indipendente presente nel complesso dell'Ospedale di Loiano e ad esso collegato. Attualmente il suddetto fabbricato ospita 25 posti letto di una CRA che saranno trasferiti in altro ambito, esterno all'ospedale, prima dell'esecuzione dei lavori.

La realizzazione dell'Ospedale di Comunità richiede un intervento di ristrutturazione completa del fabbricato con miglioramento sismico. La costruzione risale presumibilmente agli anni 70, salvo un recente ampliamento (datato 2005) che ha consentito di dotare la struttura di un collegamento verticale (vano scala e ascensore monta lettighe) per adeguarlo ai disposti normativi in merito alla sicurezza sui luoghi di lavoro e antincendio. La superficie di intervento è di circa 805 mq

### ***C2. Progetto***

Il progetto di riqualificazione si pone i seguenti obiettivi:

- migliorare la sicurezza della struttura nei confronti dell'azione sismica;

- ripensare il lay-out interno per consentire la realizzazione di camere doppie e singole dotate di servizi igienici e tutti gli spazi di supporto secondo le linee di indirizzo secondo le linee di indirizzo della DGR 221/2015 relativa all'accreditamento del dipartimento di cure primarie. Nella definizione del progetto si è tenuto conto anche delle linee di indirizzo contenute nella bozza del DM71.
- la dotazione di letti sarà di 15 posti letto;
- una complessiva riqualificazione di finiture, impianti e componenti per garantire confort, sicurezza, efficientamento energetico e sostenibilità ambientale.

### Opere Strutturali

L'intervento di ristrutturazione strutturale consentirà di consolidare staticamente l'edificio e di aumentarne il grado di sicurezza nei confronti delle azioni del sisma.

Si provvederà inoltre a riorganizzare gli spazi interni ai vari piani modificando alcuni setti portanti e i tamponamenti non strutturali. Tutte le murature portanti interne saranno consolidate con getto di betoncino armato su entrambe le facce così come sarà realizzata una soletta in c.a. collaborante su tutti i solai di piano e su quello di copertura. Così facendo sarà garantita una omogenea distribuzione delle rigidezze e saranno eliminate le vulnerabilità locali. Il piano delle fondazioni sarà irrigidito e reso solidale da una soletta in c.a. collaborante.

L'intervento prevede in dettaglio :

- il consolidamento delle fondazioni mediante realizzazione di platea armata di collegamento con il sistema di fondazione esistente;
- il placcaggio con betoncino armato in cls su entrambe le facce delle pareti in muratura esistenti all'interno dell'edificio (longitudinali e trasversali);
- il consolidamento dei solai esistenti in latero-cemento (di piano e di copertura) mediante realizzazione di soletta collaborante in c.a. al fine di ottenere piani rigidi (fondamentali per la ripartizione delle azioni del sisma sulle murature);
- la demolizione di una porzione di solaio al piano rialzato e al piano primo e suo rifacimento con solaio in latero cemento.
- l'eliminazione del solaio di sottotetto (con diminuzione della massa totale dell'edificio) e realizzazione di partizione orizzontale in cartongesso (elemento non strutturale).

Per la risoluzione delle criticità locali verranno eseguite anche le seguenti lavorazioni:

- cerchiature ed architravature di aperture esistenti nelle pareti non oggetto di placcaggio



- consolidamento locale degli sporti di facciata in c.a. con battitura e rimozione della parte ammalorata, passivazione delle barre di armatura e successivo ripristino.
- cordolo in c.a. di copertura

#### Opere Edili

Per la realizzazione dell’OdC, a causa dei forti condizionamenti strutturali-distributivi presenti, si prevede di collocare gli spazi dedicati alla degenza ai piani terra e primo dell’edificio, al piano seminterrato troveranno collocazione invece alcuni dei locali destinati ai servizi di supporto.

La contiguità dell’OdC rispetto al corpo principale dell’ospedale consente alcune sinergie:

- al piano terra è già presente un’area protetta dove è possibile trasferire i pazienti con ambulanza,
- al piano primo un collegamento diretto con l’ospedale permette di raggiungere la radiologia e l’area riabilitativa,
- il complesso è già dotato di servizio mortuario, cucina e laboratorio analisi,

L’intervento garantirà il rispetto delle normative tecniche in vigore; In generale sarà assicurato il rispetto:

- dei requisiti minimi per l’autorizzazione e l’accreditamento delle strutture sanitarie,
- della sicurezza antincendio e resistenza al fuoco delle strutture,
- del contenimento energetico ed utilizzo di energie rinnovabili,
- dei requisiti acustici passivi,
- dei Criteri Ambientali Minimi (L.221/2015 e D.M. 11/01/2017 all.2),
- dell’abbattimento delle Barriere Architettoniche e dell’inclusività (*universal design*),
- dei requisiti igienico-sanitari generali e rispetto dei parametri urbanistici della sicurezza del lavoro.

La ristrutturazione sarà realizzata nel rispetto delle attuali normative europee e regionali in materia di contenimento dei consumi energetici.

Le partizioni interne saranno realizzate in cartongesso e le finiture saranno prevalentemente in tinta lavabile per i locali del personale e di servizio, a smalto per gli ambienti ambulatoriali e per le stanze di degenza e spazi comuni, piastrellate per i servizi igienici e vuota.

La pavimentazione sarà in ceramica per tutti gli ambienti ad eccezione dei locali di riabilitazione (palestra) e delle degenze, dove verrà prevista una pavimentazione resiliente.

Si prevede il rifacimento di nuovi blocchi bagno e di tutti infissi interni. Gli infissi esterni esistenti verranno sostituiti con altri aventi elevate caratteristiche di isolamento termico e acustico; per le nuove aperture gli infissi avranno le medesime caratteristiche.

I pavimenti esistenti sostituiti con una nuova pavimentazione in pvc o gomma, analogamente i rivestimenti dei servizi igienici verranno demoliti e rifatti nuovi.

Le pareti dei corridoi e delle camere verranno tinteggiate con pitture a smalto, mentre i locali ad

Sono previsti nuovi controsoffitti a “quadrotti” in tutti i locali, con struttura antisismica.

#### Opere Impiantistiche

Si prevede la ristrutturazione dei locali ed il completo rifacimento degli impianti tecnologici e dei blocchi bagno a servizio dell’Ospedale di Comunità.

L’impianto di climatizzazione sarà a tutt’aria esterna senza ricircolo in grado di garantire nelle degenze adeguato ricambio dell’aria ed il raffrescamento estivo con controllo di temperatura e umidità. La centrale termica esistente risulta avere adeguata potenzialità per soddisfare il fabbisogno termico di tale impianto di climatizzazione, mentre è necessaria l’installazione di un gruppo frigorifero dedicato. Tale gruppo frigorifero e l’unità di trattamento dell’aria verranno collocati su un terrazzo complanare all’Ospedale di Comunità.

La struttura è già dotata di una centrale di decompressione ossigeno dalla quale verrà derivato l’impianto di nuova realizzazione a servizio dell’Ospedale di Comunità. Verrà realizzata una nuova centrale per la prodizione di vuoto endocavitario, nel rispetto della norma UNI EN ISO 7396. Si prevede una dotazione paria ad una presa O2 e V per ogni posto letto.

Il gruppo elettrogeno esistente risulta adeguato per servire le utenze dell’Ospedale di Comunità, risulta altresì adeguata la potenza della cabina MT , pur considerando i nuovi carichi legati all’installazione di un’unità di trattamento aria e di un gruppo frigorifero.

Le stanze di degenza saranno di gruppo 1 secondo la norma CEI 64-8/7 sez. 710.



D. STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE

A partire dall’autorizzazione regionale all’avvio del procedimento si stimano i seguenti tempi di realizzazione, nel rispetto delle milestone previste per il finanziamento:

AFFIDAMENTO SERVIZI DI PROGETTAZIONE: 3 MESI

PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER GARA E VALIDAZIONE: 6 MESI

AFFIDAMENTO E AGGIUDICAZIONE DEFINITIVA DI LAVORI: 6 MESI

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E APPROVAZIONE: 4 MESI

ESECUZIONE DELLE OPERE – 25MESI

ATTIVAZIONE DELLA STRUTTURA – 6 MESI.

Complessivamente, per avere le opere ultimate si prevedono, dunque, circa 50 mesi dall’approvazione del finanziamento.

E. STIMA DEI COSTI

L’importo complessivo dei lavori, comprensivo degli oneri per la sicurezza e delle somme a disposizione, è stimato in **2.300.000,00€**.

Sulla base degli schemi grafici degli interventi, si è proceduto alla definizione di un preventivo di massima, attribuendo un costo parametrico differenziato alla superficie lorda, determinato sulla base dei valori attualizzati, in relazione alla tipologia di intervento da realizzare .

Si evidenzia che è stata anche valutata l’incidenza delle attrezzature biomediche , informatiche e degli arredi necessari all’ammodernamento della struttura.

Le valutazioni eseguite portano ai quadri economici di seguito indicati.

QUADRO ECONOMICO		IMPORTI
A) IMPORTO LAVORI COMPRENSIVI DI IVA		
Lavori, sicurezza e somme a disposizione		2.220.000
B) IMPORTI APPARECCHIATURE COMPRENSIVI DI IVA		
Apparecchiature sanitarie		80.000
TOTALE COMPLESSIVO		2.300.000

COSTI PARAMETRICI		
Importo complessivo comprensivo delle app. sanitarie	€/mq	2.857
Superficie lorda lavori	mq	805

F. SOSTENIBILITA’ GESTIONALE DELL’INTERVENTO

La stima dei costi di gestione viene effettuata per via parametrica con indici di costo medi di strutture analoghe attualmente gestite. Le aree oggetto di intervento sono attualmente gestite da un fornitore di servizi (gestore CRA) esterno all’azienda e, di conseguenza, la riqualificazione di tali spazi induce costi emergenti. Per il personale è stata fatta una specifica valutazione dei nuovi fabbisogni e dei relativi costi. Non risultano costi cessanti, salvo per gli aspetti di manutenzione straordinaria dell’immobile e degli impianti in quanto l’intervento complessivo di riqualificazione consentirà di ridurre gli attuali costi generati da un edificio in condizioni vetuste.

COSTI EMERGENTI					
MANUTENZIONE		Sup. (mq)	costo (€/mq)	totale	€ 14.250,00
	OSCO	750	19,00	€ 14.250,00	
	Locali tecnici, depositi, terrazze	0	5,00	€ 0,00	
CONSUMI		Sup. (mq)	costo (€/mq)	totale	€ 20.250,00
	OSCO	750	27,00	€ 20.250,00	
	Locali tecnici, depositi, terrazze	0	2,00	€ 0,00	
RIFIUTI, LAVANOLO, PULIZIE		Sup. (mq)	costo (€/mq)	totale	€ 50.625,00
	OSCO	750	67,50	€ 50.625,00	
	Locali tecnici, depositi, terrazze	0	compresi		
APPARATI INFORMATICI ATTIVI		Sup. (mq)	costo (€/mq)	totale	€ 6.750,00
	OSCO	750	9,00	€ 6.750,00	
	Locali tecnici, depositi, terrazze	0	compresi		
RISTORAZIONE			costo giornata alimentare/pasto	totale	€ 98.885,80
	degenti (n. giornate)	5840	13,42	€ 78.372,80	
	operatori (n. pasti)	3650	5,62	€ 20.513,00	
PERSONALE		numero	costo (€/n.)	totale	€ 825.520,00
	personale infermieristico	10	40.000,00	€ 400.000,00	
	personale OSS	10	32.000,00	€ 320.000,00	
	fisioterapisti	1	40.000,00	€ 40.000,00	
	personale medico (n. ore)	1456	45,00	€ 65.520,00	
totale COSTI EMERGENTI					1.016.280,80 €

I costi gestionali sopra riportati rappresentano la spesa diretta necessaria alla nuova attività. Il modello di assistenza territoriale e i relativi standard, come delineati nei documenti di indirizzo di Agenas e coerenti con quanto previsto nel PNRR, determinano inevitabilmente un incremento della spesa sanitaria per le cure territoriali; tuttavia, tale incremento va analizzato in termini di positiva ricaduta, anche di natura economica, sull’assistenza ospedaliera. La disponibilità di strutture per le cure intermedie indurrà una diminuzione dei ricoveri ospedalieri in relazione sia ai ricoveri inappropriati sia all’ospedalizzazione a lungo termine. Inoltre, sarà possibile una riduzione dell’occupazione di posti letto presso le strutture ospedaliere private accreditate.

G.VERIFICA DELLA POSSIBILITÀ DI REALIZZAZIONE MEDIANTE I CONTRATTI DI PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO DI CUI ALL'ARTICOLO 3, COMMA 1-eee), DEL CODICE

Come ipotesi di finanziamento dell’opera si è valutato di ottenere finanziamenti statali e regionali nell’ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) i quali,se concessi, consentiranno di realizzare integralmente l’opera e risultano lo strumento più opportuno anche rispetto ad un partenariato pubblico privato.

H.ANALISI DELLE POSSIBILI ALTERNATIVE RISPETTO ALLA SOLUZIONE REALIZZATIVA INDIVIDUATA

E’ stata fatta un’analisi sul territorio rilevando l’assenza di localizzazioni esterne alla struttura ospedaliera. Pertanto si è concentrata la valutazione delle possibili alternative all’interno della struttura ospedaliera esistente.

**IPOTESI ALTERNATIVA:** Inserire l’Ospedale di Comunità all’interno del complesso ospedaliero di Loiano. L’intervento consiste nell’ampliamento dell’attuale reparto costituito da 10 posti letto di cure intermedie a gestione infermieristica già presente all’interno della struttura.

Dall’analisi condotta si è verificato che l’attuale organizzazione dei servizi ospedalieri non permette di dedicare ulteriori posti letto e servizi di supporto tale per cui si possa costituire uno spazio che si configuri, ed abbia le caratteristiche, di un Ospedale della Comunità; inoltre tale previsione comporterebbe la riduzione di servizi fondamentali, in termini di assistenza ospedaliera, per questa porzione di territorio che si ritiene inappropriata.

Si è, quindi, dovuto scartare l’ipotesi di conversione di letti di degenza ordinaria in letti di cure intermedie e si è considerato che la realizzazione dell’OdC doveva essere ricercata all’esterno dei blocchi principali dell’Ospedale.

E’ stata pertanto individuata la struttura oggi dedicata alla RSA, che è possibile delocalizzare, e che si presta per essere trasformata in un Ospedale di Comunità con tutte le caratteristiche previste dalla normative e dalle linee guida vigenti.

Per le motivazioni sopra riportate la soluzione individuata è risultata la migliore in termini di opportunità, efficienza e rispondenza alle caratteristiche e alle funzionalità di un moderno Ospedale di Comunità.



## I. PROCEDURE E VINCOLI PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Il presente studio di fattibilità contiene le analisi dei fabbisogni, gli obiettivi da perseguire e tutti gli elementi essenziali che consentono di procedere allo sviluppo ed elaborazione progettuale delle fasi successive.

Considerati:

- i tempi tassativamente previsti per l'attivazione delle strutture finanziate con i fondi del PNRR (nel cui novero rientra anche la fattispecie in oggetto),
- la complessità della procedura che contraddistingue la realizzazione delle opere pubbliche e dei relativi affidamenti,

valutato altresì che il nuovo fabbricato non contiene elementi di particolare complessità,

si è ritenuto opportuno - ai sensi dell'art.23 comma 4 secondo capoverso del D.Lgs.n.50/2016 s.m.i. - prevedere come fase successiva alla redazione del presente studio lo sviluppo del progetto definitivo; tale progetto conterrà anche gli elementi previsti per il livello omesso (progettazione di fattibilità tecnico-economica), salvaguardando la qualità della progettazione.

Per la realizzazione dell'intervento si procederà pertanto con i seguenti "step" nel rispetto delle "milestones" fissate dal PNRR:

- Progettazione definitiva (da porre a base della procedura di affidamento dei lavori) da redigere verificare e validare entro il 31.12.2022;
- Ultimazione dei lavori entro 31.12.2025
- Conclusione, collaudazione e attivazione della struttura entro il 30.06.2026.



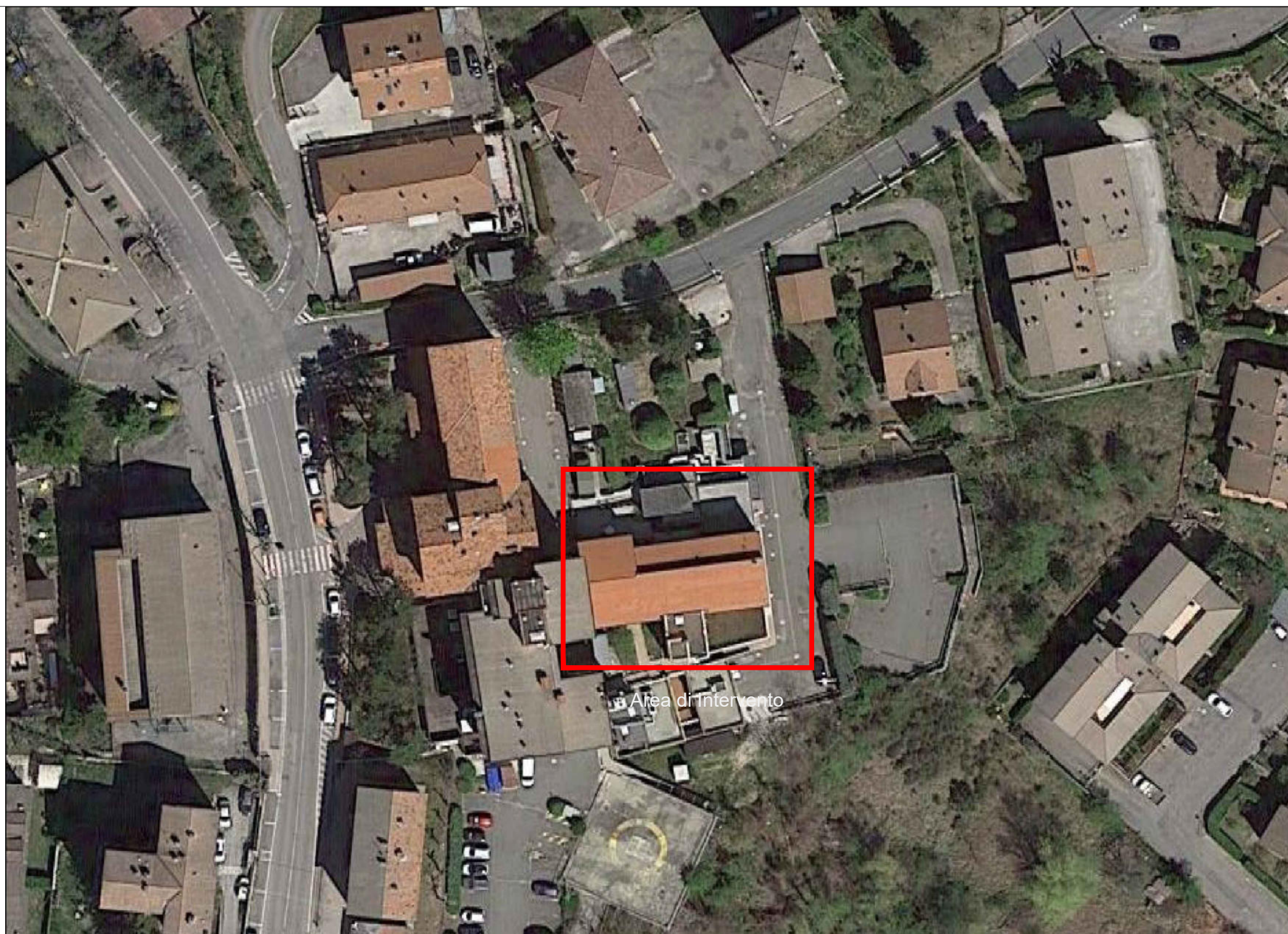
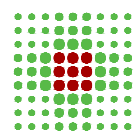
**INDICE**

OSPEDALE DI COMUNITA' DI LOIANO	1
INQUADRAMENTO NORMATIVO	1
PREMESSA	1
CARATTERISTICHE FUNZIONALI, TECNICHE, GESTIONALI, ECONOMICO-FINANZIARIE DEI LAVORI DA ESEGUIRE	1
A. RELAZIONE DI COMMITTENZA, REQUISITI FUNZIONALI	2
<i>A1. INTRODUZIONE</i>	2
<i>A2. IL CONTESTO SOCIODEMOGRAFICO DI RIFERIMENTO</i>	3
<i>A3. RELAZIONE DI COMMITTENZA</i>	3
<i>A4. SERVIZI E PERSONALE</i>	3
B. VERIFICA URBANISTICA	4
<i>B1. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO</i>	4
<i>B2. DATI DI SINTESI PER LA VERIFICA URBANISTICA</i>	4
<i>B3. DESCRIZIONE DEI REQUISITI PRINCIPALI DELL'OPERA IN AMBITO DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E DI COMPATIBILITÀ PAESAGGISTICA. COLLEGAMENTI CON IL CONTESTO, IN RIFERIMENTO ALLA VERIFICA DEI VINCOLI AMBIENTALI – STORICI – ARCHEOLOGICI – PAESAGGISTICI INTERFERENTI SULLE AREE</i>	6
C. ORGANIZZAZIONE E DIMENSIONAMENTO DEL PROGETTO	6
<i>C1. STATO DI FATTO</i>	6
<i>C2. PROGETTO</i>	6
D. STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE	8
E. STIMA DEI COSTI	8
F. SOSTENIBILITÀ GESTIONALE DELL'INTERVENTO	9
G. VERIFICA DELLA POSSIBILITÀ DI REALIZZAZIONE MEDIANTE I CONTRATTI DI PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO DI CUI ALL'ARTICOLO 3, COMMA 1-EEE), DEL CODICE	9
H. ANALISI DELLE POSSIBILI ALTERNATIVE RISPETTO ALLA SOLUZIONE REALIZZATIVA INDIVIDUATA	9
I. PROCEDURE E VINCOLI PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	10
ALLEGATO 1: SCHEMI GRAFICI	
ALLEGATO 2: PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO STATICO E MIGLIORAMENTO SISMICO	

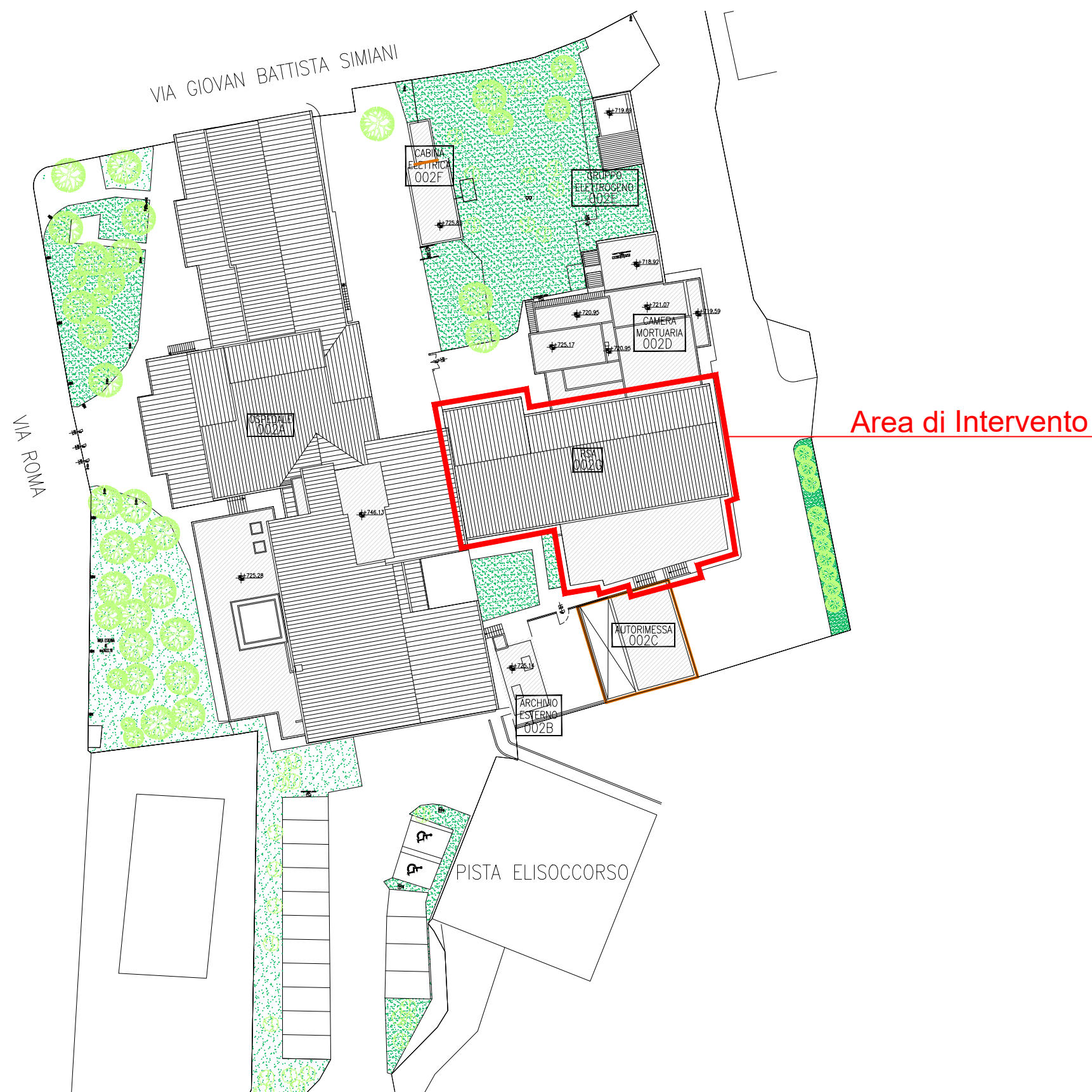
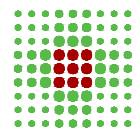


## ALLEGATO 1 \_ ELABORATI GRAFICI

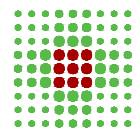




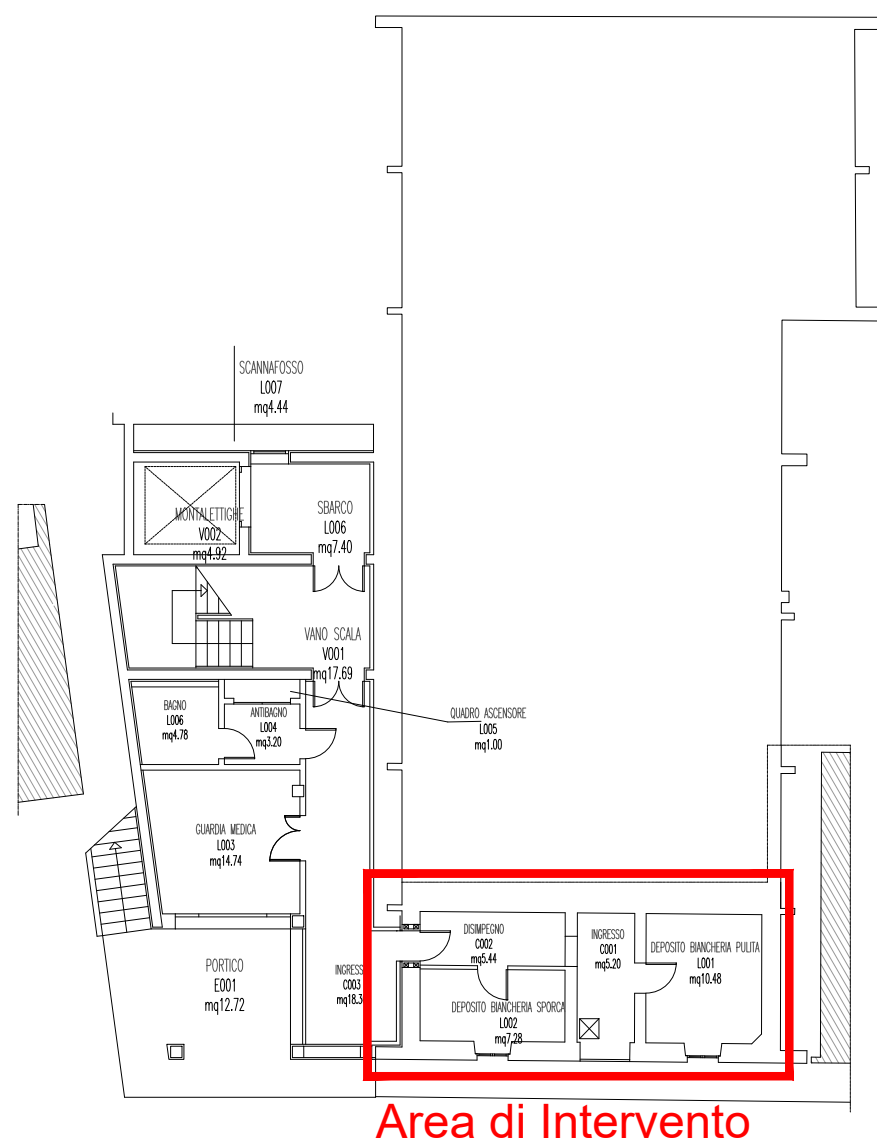




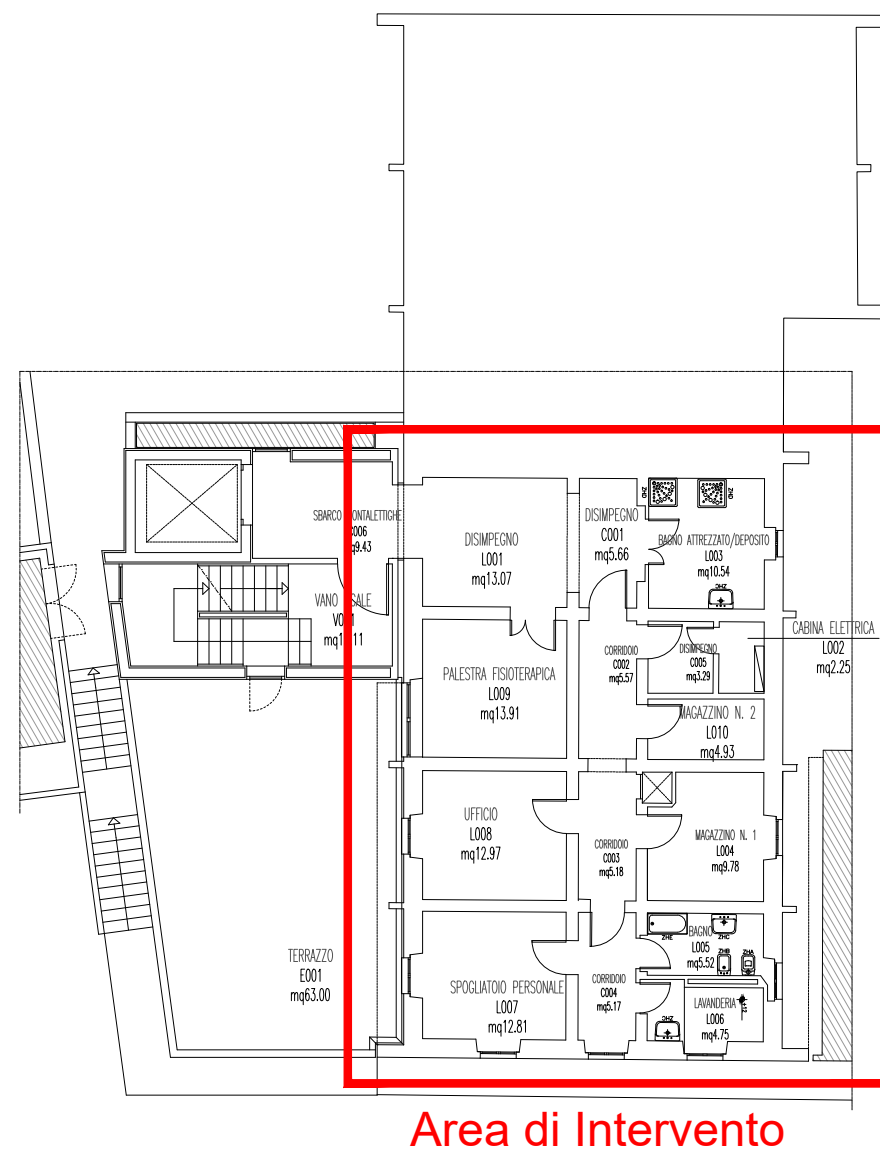


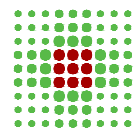


Pianta piano interrato

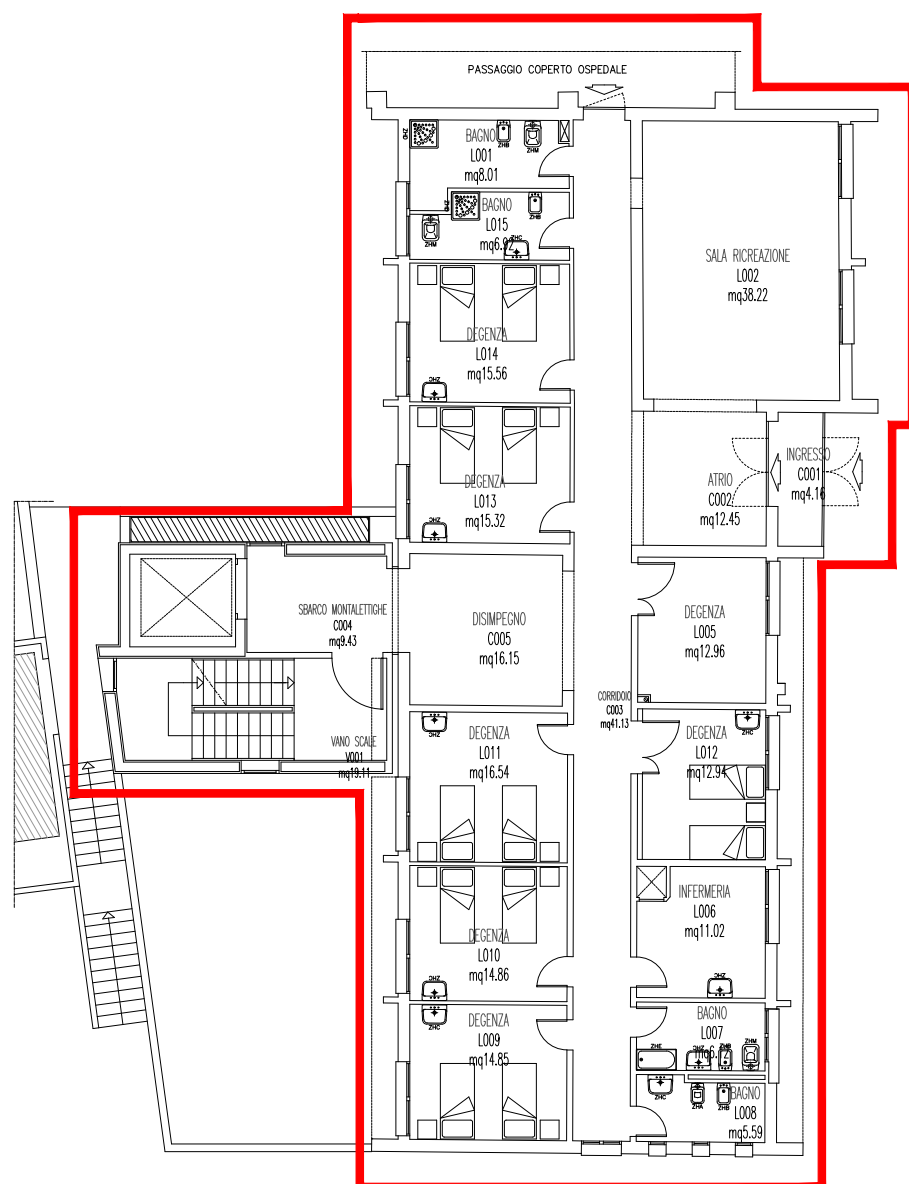


Pianta piano seminterrato



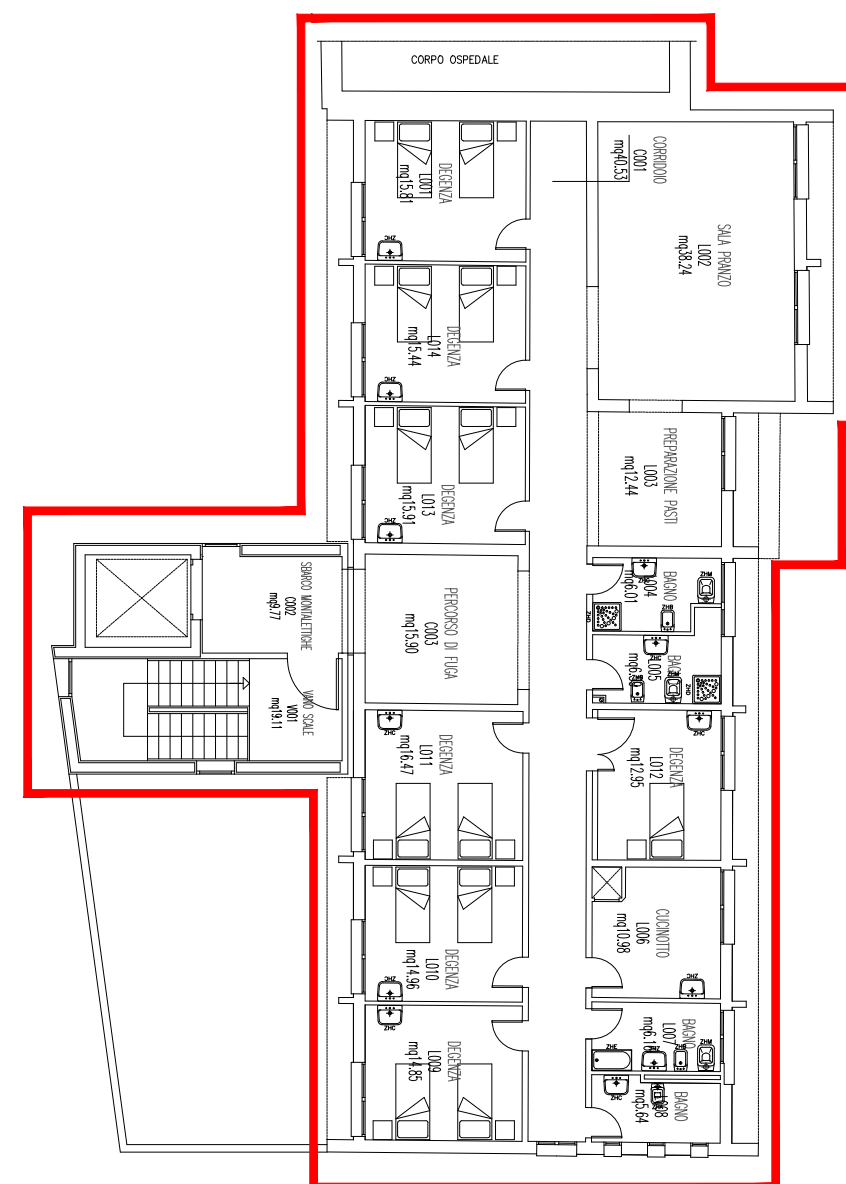


Pianta piano rialzato



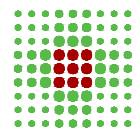
Area di Intervento

Pianta piano primo

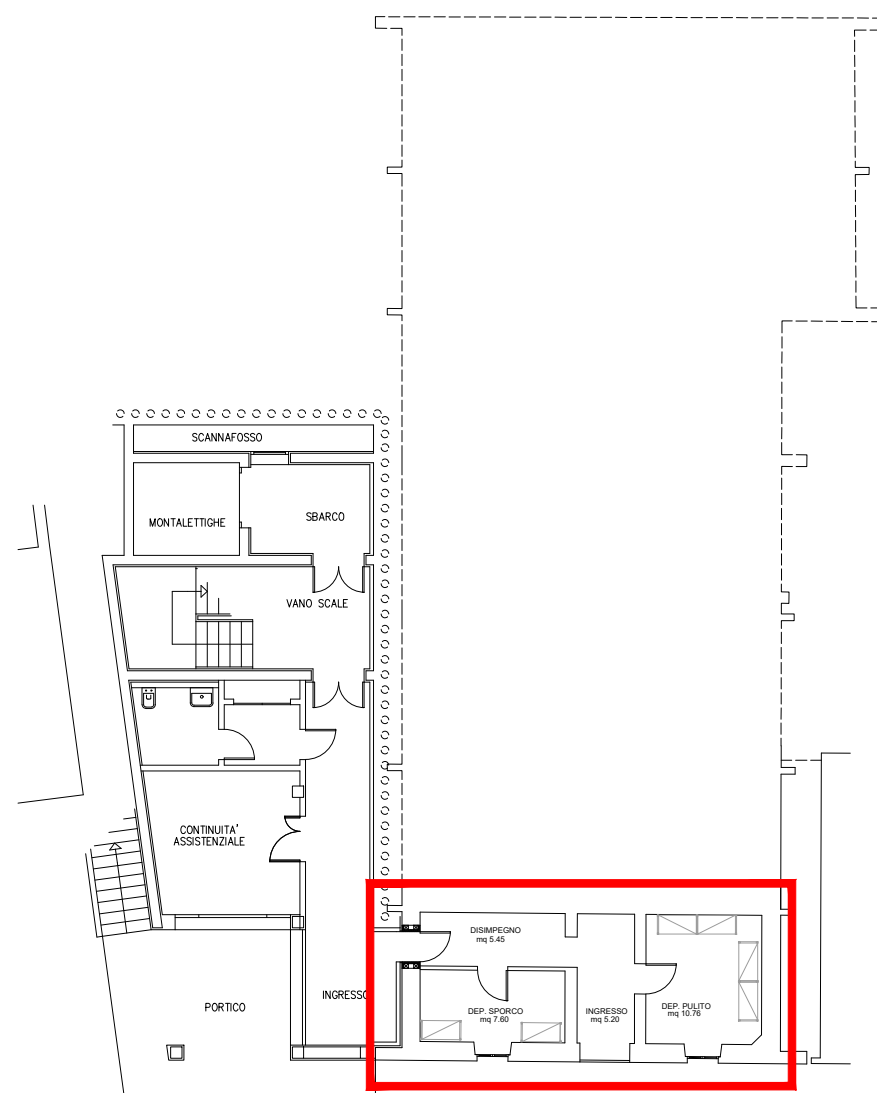


Area di Intervento



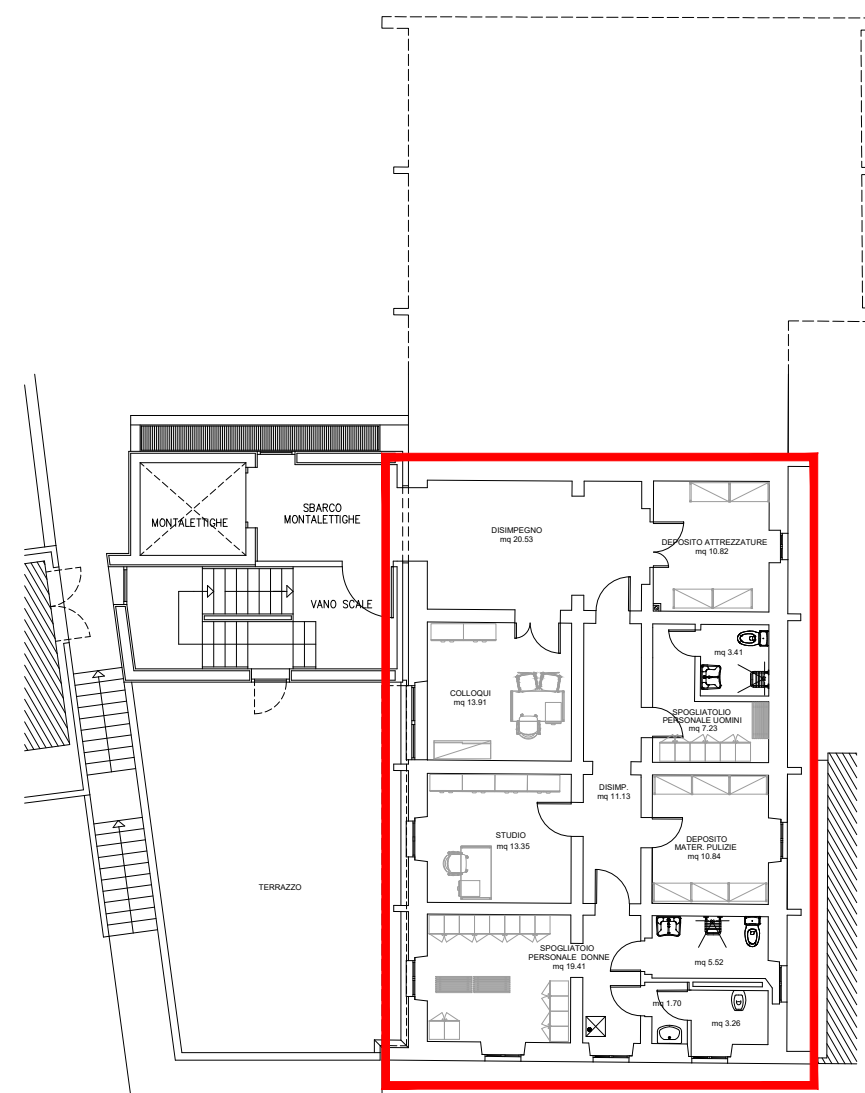


Pianta piano interrato

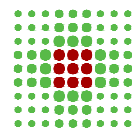


Area di Intervento

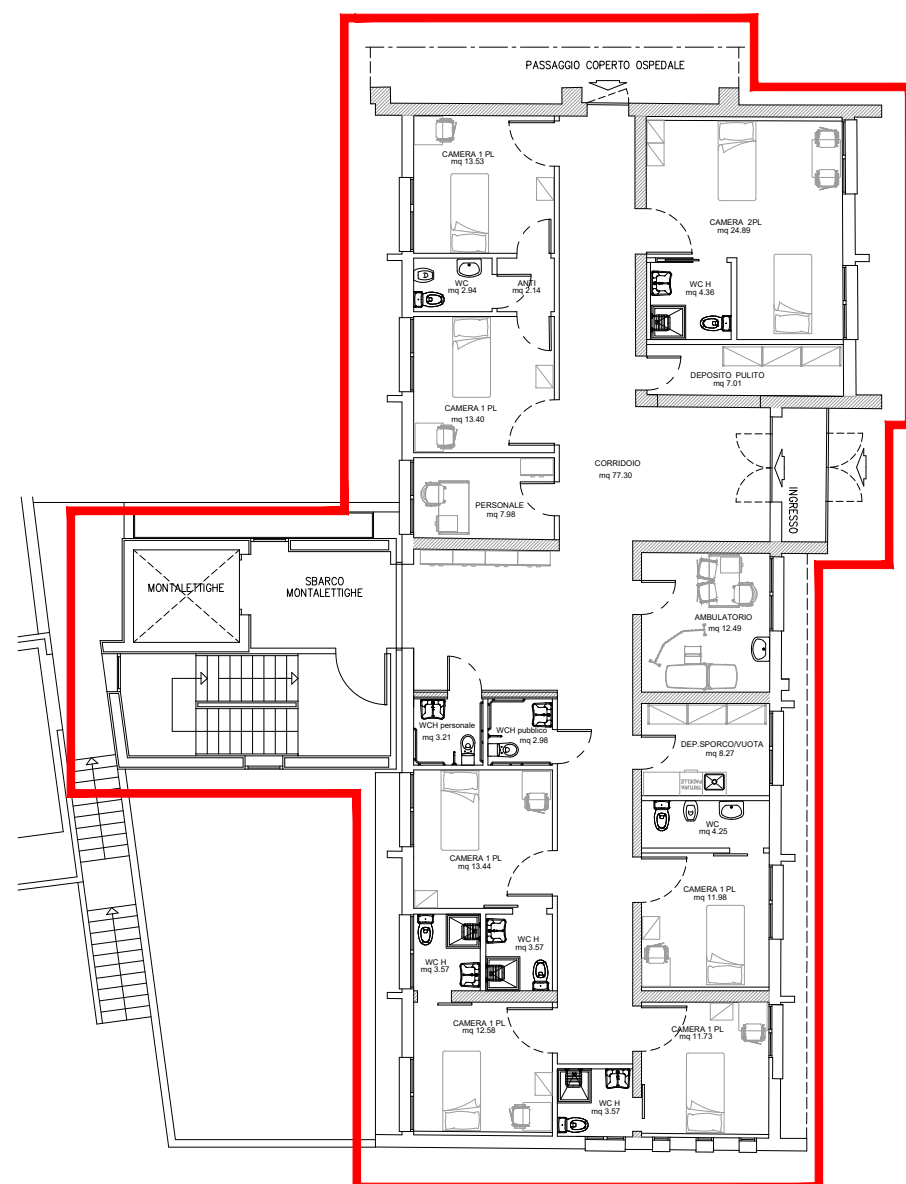
Pianta piano seminterrato



Area di Intervento

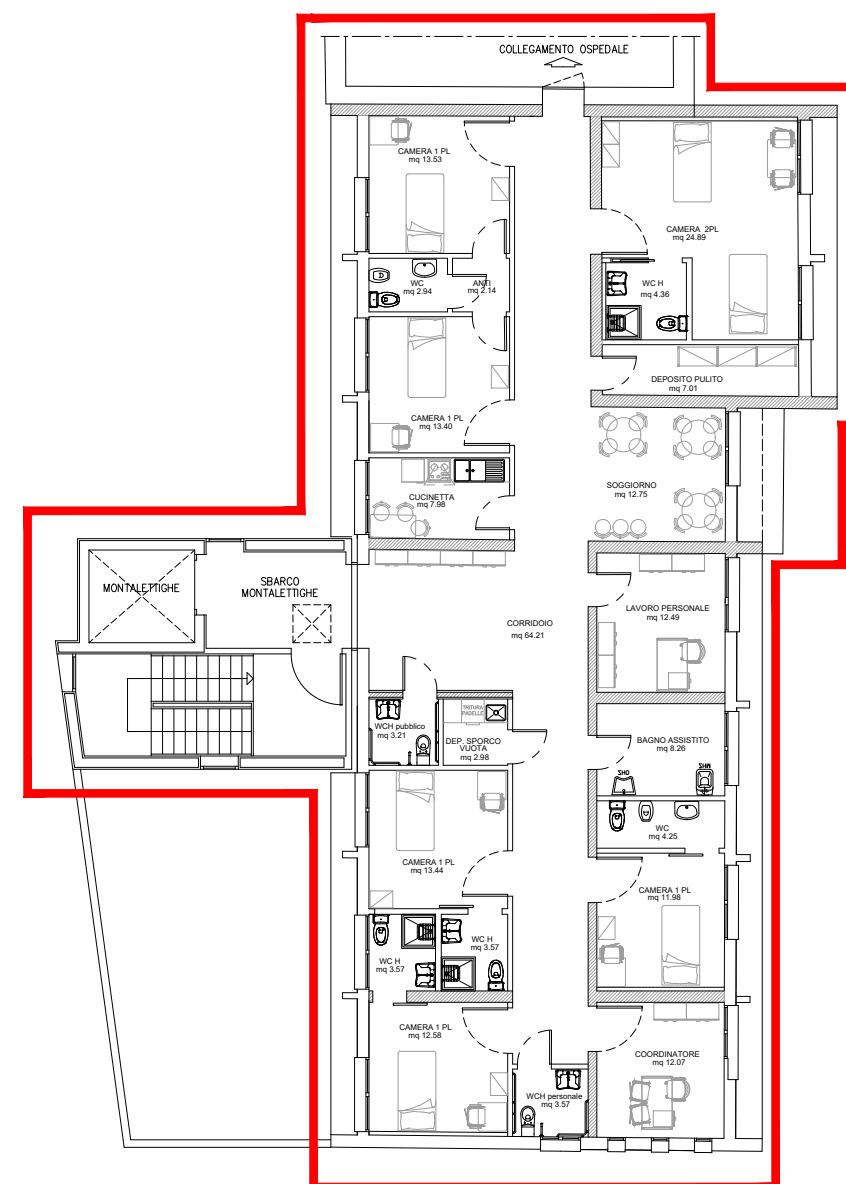


Pianta piano rialzato



Area di Intervento

Pianta piano primo



Area di Intervento



ALLEGATO 2 \_ PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO STATICO E  
MIGLIORAMENTO SISMICO

*Dott. Ing. Friedrich Drollmann*  
*Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna*  
*friedrich.drollmann@me.com*

# PROVINCIA DI BOLOGNA

## COMUNE DI LOIANO

### **PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO STATICO E MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA RSA DELL'OSPEDALE "G. B. SIMIANI" VIA ROMA N. 8 – LOIANO (BO)**

#### ***STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA***

**Il tecnico incaricato:**

Dott. Ing. Friedrich Drollmann  
Via Ghiselli n. 6 – 40134 Bologna

**I collaboratori:**

Prof. Ing. Giada Gasparini



Bologna, 14 dicembre 2021



## INDICE

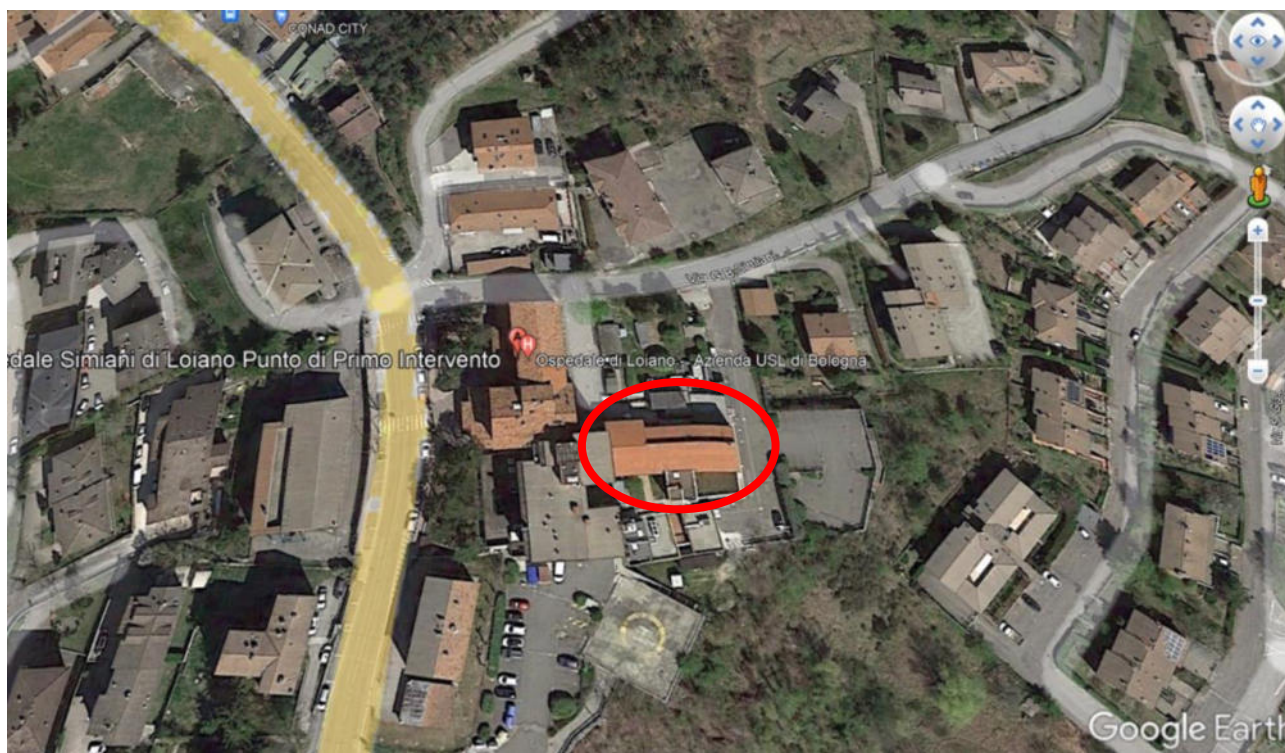
1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	5
2.2.1	Norme di riferimento cogenti.....	5
2.2.2	Altre norme e documenti tecnici integrativi .....	5
3.	DESCRIZIONE DELL'OPERA – STATO DI FATTO E INTERVENTI PROPOSTI.....	6
3.1	Documentazione esaminata.....	6
3.2	Tipologia strutturale – stato di fatto .....	6
3.3	Descrizione degli interventi di consolidamento statico e miglioramento sismico .....	8
4.	RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE.....	10
4.1	Analisi storico-critica.....	10
4.2	Caratterizzazione geomorfologica del sito.....	13
4.3	Livelli di conoscenza utilizzati nelle analisi sismiche e statiche .....	17
5.	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA .....	18
5.1	Gli approcci ed i modelli per la valutazione della sicurezza.....	19
5.2	Metodologia di valutazione della risposta sismica globale.....	20
6.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' RESISTENTE.....	21
6.1	Materiali esistenti .....	21
6.2	Materiali utilizzati per gli interventi di riparazione / miglioramento proposti .....	22
7.	ANALISI DEI CARICHI .....	23
8.	LA PERICOLOSITA' SISMICA E GLI SPETTRI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI NELLE ANALISI .....	24
9.	COMBINAZIONI DELL'AZIONE SISMICA CON I CARICHI STATICI .....	27
10.	LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	29
10.1	Metodo di analisi strutturale effettuata e criteri di verifica.....	29
10.2	I modelli FEM utilizzati per le analisi di vulnerabilità sismica (accelerazione di primo danneggiamento e accelerazione di collasso) .....	29
10.2.1	Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) – stato di fatto: risultati dell'analisi modale.....	31
10.2.2	Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) – progetto: risultati dell'analisi modale .....	36

11.	STATO DI FATTO: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA.....	41
11.1	Pareti in muratura – SLV .....	41
11.2	Pressione di contatto fondazione/terreno – SLV.....	43
11.3	Verifiche di deformabilità SLD .....	44
11.3.1	Spostamento di interpiano in direzione x.....	44
11.3.2	Spostamento di interpiano in direzione y.....	45
11.4	STATO DI FATTO: Vulnerabilità globale – indici di rischio SLV .....	46
12.	PROGETTO: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA.....	48
12.1	Pareti in muratura – verifica SLV .....	49
12.2	Pressione di contatto fondazione/terreno – verifica SLV .....	52
12.3	Verifiche di deformabilità SLD .....	53
12.3.1	Spostamento di interpiano in direzione x.....	53
12.3.2	Spostamento di interpiano in direzione y.....	54
12.4	PROGETTO: Vulnerabilità globale – indici di rischio SLV .....	55
13.	CONCLUSIONI .....	57
13.1	Stato di fatto .....	57
13.2	Stato di Progetto.....	57
13.3	Osservazioni finali .....	58

## 1. PREMESSA

Formano oggetto della presente relazione tecnica i principali calcoli (studio di fattibilità tecnica) svolti per le verifiche tecniche dei livelli di sicurezza strutturale a seguito della messa in opera di un **intervento di consolidamento strutturale e contestuale miglioramento sismico della RSA dell'Ospedale "G. B. Simiani" di Loiano (Bologna)**. Si riportano le principali verifiche di sicurezza della struttura allo stato di fatto e a seguito dell'intervento di miglioramento ipotizzato e progettato. I livelli di sicurezza saranno espressi in termini di accelerazioni e periodi di ritorno a correlati a determinati e specifici stati limite di verifica.

La foto seguente tratta da Google Earth illustra la posizione del Complesso Ospedaliero G.B. Simiani di Loiano:



**Vista aerea - Google Earth (complesso ospedaliero – RSA in rosso)**

L'Ospedale "G. B. Simiani" (di cui la planimetria è riportata nella figura seguente) è situato nel comune di Loiano, per cui, secondo la classificazione sismica allegata alla OPCM 3277 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* è in zona 3.





La valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi per gli edifici esistenti sono affetti da un grado di incertezza diverso da quello degli edifici di nuova progettazione. Ciò comporta l'utilizzo di adeguati fattori di confidenza nelle verifiche di sicurezze e nei metodi di analisi dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità delle informazioni disponibili.

Tenuto conto dei contenuti della documentazione messa a disposizione degli scriventi dalla Committenza, dei sopralluoghi e delle indagini visive svolte sui materiali, si propone l'adozione del livello di conoscenza LC1 (Conoscenza Limitata), che porta all'utilizzo nei calcoli di un Fattore di Confidenza FC = 1,35.

La geometria della struttura e i dettagli strutturali sono noti in base al rilievo architettonico messo a disposizione della committenza e al rilievo strutturale effettuato in situ e sulla base delle verifiche di vulnerabilità di primo livello effettuate da altro professionista nel 2012 e messe a disposizione dalla committenza.

## **2.      NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

Le valutazioni sono effettuate sulla base delle seguenti normative:

### 2.2.1   Norme di riferimento cogenti

L'analisi effettuata e il dimensionamento della struttura del parcheggio interrato è stato sviluppato nel rispetto delle normative elencate:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| Legge 5/11/71 n. 1086       | - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, precompresso e per le strutture metalliche. |
| D.M. 17/01/2018             | - Norme Tecniche per le Costruzioni   |
| OPCM 3274 del<br>20/03/2003 | - Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" e s.m.i.                              |

### 2.2.2   Altre norme e documenti tecnici integrativi

Documenti tecnici di riferimento:

- |  |   |
|--|---|
| Circ. Cons. Sup. LL. PP. n. 7 del 21/01/2019 | - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 |
|--|---|

### **3. DESCRIZIONE DELL'OPERA – STATO DI FATTO E INTERVENTI PROPOSTI**

#### **3.1 Documentazione esaminata**

La Committente ha messo a disposizione per la consultazione la seguente documentazione tecnica inerente la progettazione del complesso ospedaliero:

- Studio geologico-tecnico dei terreni di primo sottosuolo per la realizzazione di una scala e di un montalettighe a servizio della Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) prodotta dallo studio GEO-PROBE recante data settembre 2006, in cui sono riportati i risultati di alcuni sondaggi penetrometrici SPT, la caratterizzazione e la stratigrafia del terreno e l'identificazione della categoria sismica del suolo su cui poggia il complesso ospedaliero.
- Relazione tecnica di sicurezza dell'Ospedale G.B. Simiani di Loiano, recante data 2011, a firma ing. Daniele Biondi.

#### **3.2 Tipologia strutturale – stato di fatto**

Il Complesso Ospedaliero è costituito da diversi fabbricati, di seguito elencati:

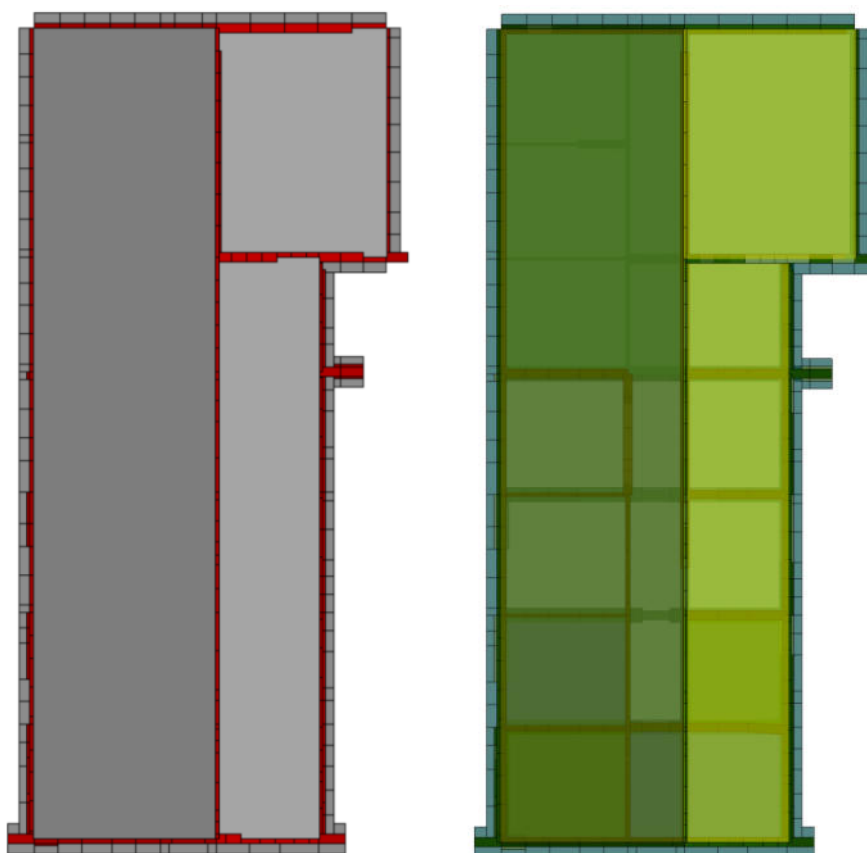
- Ospedale – Ala Vecchia: struttura verticale portante a setti in muratura.
- Ospedale – Ala Nuova: struttura a telai in c.a. e solai in latero-cemento.
- Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA): struttura a setti verticali in muratura e solai in latero-cemento.
- Archivio Esterno: strutture in conglomerato cementizio armato gettato in opera.
- Autorimessa e Deposito Ambulanze: strutture in conglomerato cementizio armato gettato in opera.
- Camera Mortuaria: la struttura portante è a setti in c.c.a.
- Gruppi Elettrogeni: strutture scatolari in conglomerato cementizio armato gettato in opera.
- Cabina Elettrica: la struttura è di tipo scatolare ed è realizzata in conglomerato cementizio armato gettato in opera.
- Scala / Montalettighe a servizio della Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA): struttura realizzata a setti e telai in c.a.



Oggetto della presente relazione è il fabbricato destinato a **RSA**. Il fabbricato è a pianta rettangolare di lati pari a circa 13,0m e 27,0 m, costituito da un piano interrato (parziale), un piano terra, un piano primo, un sottotetto e una copertura.



Le figure seguenti illustrano in pianta i modelli computazionali FEM utilizzati per le analisi:



**Pianta modello FEM Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA)**

La struttura del fabbricato oggetto di intervento è costituita da pareti in muratura portante di spessore variabile fra 15cm e 30cm con solai in latero cemento privi di soletta collaborante. Il solaio del sottotetto (non abitabile) è privo di soletta ed è costituito da travetti in c.a. prefabbricati di sezione a H sulla cui ala inferiore sono posate le tavelle in laterizio. Il sottotetto non è portante ovvero il solaio non può essere calpestato senza lo sfondellamento delle tavelle.

Ad eccezione del muro di spina che si sviluppa dal piano interrato al piano del sottotetto, tutti gli altri muri interni non superano il piano primo.

### **3.3 Descrizione degli interventi di consolidamento statico e miglioramento sismico**

L'intervento di miglioramento globale è progettato al fine di consolidare staticamente l'edificio e di aumentarne il suo grado di sicurezza nei confronti delle azioni del sisma.

Si provvederà anche a riorganizzare gli spazi interni ai vari piani modificando alcuni setti portanti e i tamponamenti non strutturali. Tutte le murature portanti interne saranno consolidate con getto di betoncino armato su entrambe le facce così come sarà realizzata una soletta in c.a. collaborante su tutti i solai di piano e su quello di copertura. Così facendo sarà garantita una omogenea distribuzione delle rigidezze e saranno eliminate le vulnerabilità locali.

Il piano delle fondazioni sarà irrigidito e reso solidale da una soletta in c.a. collaborante di spessore 30cm.

Quanto sopra è descritto nelle seguenti macro voci:

- consolidamento delle fondazioni mediante realizzazione di platea armata di collegamento con il sistema di fondazione esistente;
- placcaggio con betoncino armato in cls di spessore minimo 4cm su entrambe le facce delle pareti in muratura esistenti all'interno dell'edificio (longitudinali e trasversali);
- consolidamento dei solai esistenti in latero-cemento (di piano e di copertura) mediante realizzazione di soletta collaborante in c.a. di spessore minimo 5cm, al fine di ottenere piani rigidi (fondamentali per la ripartizione delle azioni del sisma sulle murature);
- demolizione di una porzione di solaio al piano rialzato e al piano primo e suo rifacimento con solaio in latero di spessore complessivo 25 cm di cui 5cm di soletta in c.a. collaborante
- eliminazione del solaio di sottotetto (diminuzione della massa totale dell'edificio) e realizzazione di partizione orizzontale in cartongesso (elemento non strutturale).

Per la risoluzione delle criticità locali verranno eseguite anche le seguenti lavorazioni:

- cerchiature ed architravature di aperture esistenti nelle pareti non oggetto di placcaggio
- consolidamento locale degli sporti di facciata in c.a. con battitura e rimozione della parte ammalorata, passivazione delle barre di armatura e successivo ripristino della sezione con malte idonee per impieghi strutturali. Tinteggiatura finale.
- cordolo in c.a. di copertura



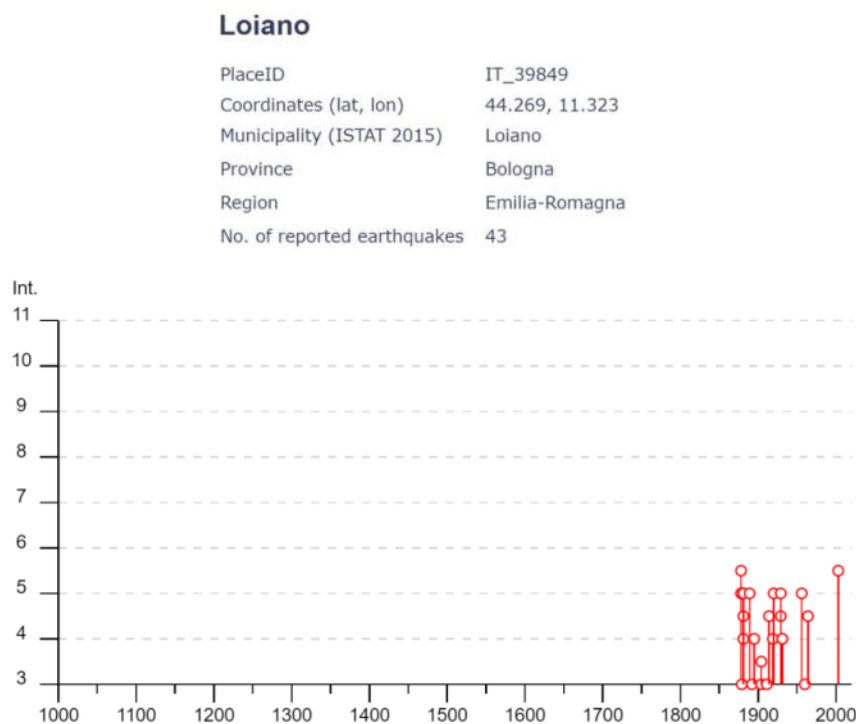
## 4. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE

Per una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione si ricostruisce il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla struttura del fabbricato, nonché gli eventi che ne hanno interessato l'edificio. La ricostruzione della storia del complesso consente anche di verificare quanti e quali terremoti esso abbia subito in passato. Questa sorta di valutazione sperimentale della vulnerabilità sismica dell'edificio rispetto ai terremoti passati è di notevole utilità, perché consente di valutarne il funzionamento e la risposta strutturale a terremoti realmente avvenuti.

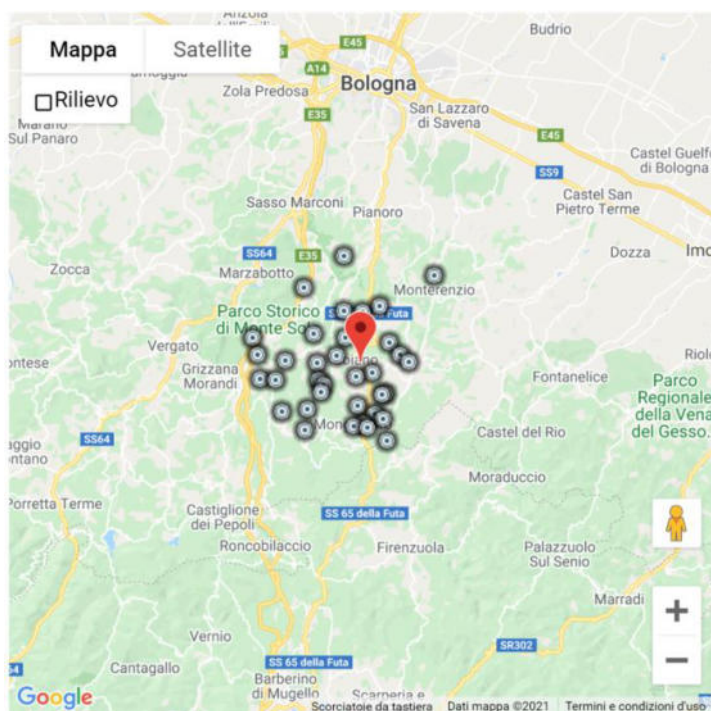
### 4.1 Analisi storico-critica

Nel sito <http://www.ingv.it> (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) è possibile scaricare il catalogo parametrico dei terremoti italiani al di sopra della soglia del danno (Catalogo CPTI15) dall'anno 217 a.C. all'anno 2014. A seguito dei terremoti sotto elencati l'Ospedale non ha riportato danni visibili o apprezzabili.

Dal Catalogo CPTI15 per la zona di Loiano si ricavano i seguenti sismi. Il grafico rappresenta il diagramma della storia sismica della località limitatamente ai valori con intensità  $I_s (\times 10) > 30$ , mentre la tabella riporta tutti i terremoti registrati nella zona di Loiano dall'anno 217 a.C. all'anno 2020.



Dal Catalogo CPTI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiano 2015) e DBMI15 (DataBase Macrosismico Italiano 2015) si rilevano per la zona di Loiano (BO) si ricavano i seguenti eventi sismici.



Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	No	Mi	Se	Epicentral area	MDEP	To	Mw
5	1878	03	12	21	36		Bolognese	31	6	4.94
5-6	1878	06	04	14	40		Bolognese	13	5	4.52
3	1879	04	27	04	06		Appennino toscano-emiliano	20	7	5.03
5	1881	01	24	16	14		Bolognese	38	7	5.22
4	1881	01	25	07	04		Bolognese	18	5	4.59
4-5	1881	02	02				Ruasi	13	5-6	4.69
5	1881	02	14	09	00	30	Appennino bolognese	21	6	4.77
5	1889	03	08	02	57	04	Bolognese	38	5	4.53
3	1892	12	29	13	47	48	Castel del Rio	36	5-6	4.37
4	1895	05	18	19	55	12	Fiorentino	401	8	5.50
NF	1897	12	18	07	24	20	Alta Valtiberina	132	7	5.09
NF	1898	01	16	13	10		Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1898	03	04	21	05		Parmaense	313	7-8	5.37
NF	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	68	6	4.59
3	1904	06	10	11	15	28	Frignano	101	6	4.82
3-4	1904	11	17	05	02		Fistioiese	204	7	5.10
NF	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
3	1911	02	19	07	18	30	Forlivese	181	7	5.26
NF	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
NF	1913	07	21	22	35		Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
4-5	1914	10	27	09	22		Lucchese	660	7	5.63
4	1919	06	29	15	04	13	Mugello	545	10	6.38
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	750	10	6.53
4-5	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05
5	1929	04	22	08	26		Bolognese	41	6-7	5.10
2	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96
4	1931	09	05	01	25	53	Mugello	28	6	4.88
4	1931	12	15	03	23		Mugello	35	6	4.62
5	1956	04	26	03	00	03	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	1956	06	03	01	45	57	Appennino forlivese	62	6	4.51
3	1960	10	29	00	08	39	Mugello	69	7	4.91
4-5	1964	09	05	21	09		Appennino toscano-emiliano	22	5	4.35
NF	1984	04	29	05	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1996	03	14	01	56	3	Appennino toscano-romagnolo	20	4-5	3.56
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
NF	2000	05	08	12	29	0	Faentino	126	5	4.67
NF	2000	05	10	16	52	0	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2002	06	18	22	23	0	Frignano	186	4	4.30
5-6	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005	07	15	15	17	18	Forlivese	173	4-5	4.29

Al fine di meglio comprendere i dati delle tabelle e dei diagrammi, si riporta la guida per la loro consultazione, così come riportata nel sito.

La consultazione "per località", permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI15 (5325 località in totale). Al click sulla località prescelta comparirà nel

frame in alto a destra l'elenco dei terremoti in cui è citata. La tabella della storia sismica è ordinata per a) intensità al sito e per b) anno. L'area in basso a destra è dedicata al diagramma della storia sismica limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4/5.

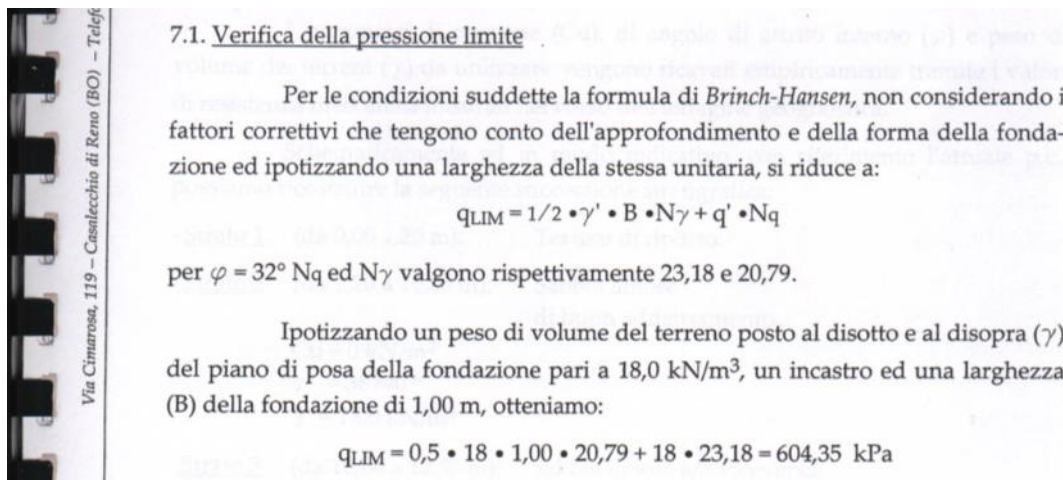


## 4.2 Caratterizzazione geomorfologica del sito

In data 21/09/2006 è stato effettuato uno studio geologico-tecnico dei terreni del primo sottosuolo a firma del dott. geol. Graziano Grimandi della ditta GEO-PROBE di Casalecchio di Reno (Bologna) riportato nell'Allegato 1. I risultati di tale indagine hanno evidenziato:

- pressione limite del terreno (calcolata secondo la formula di Brinch-Hansen con  $\phi = 32^\circ$ ,  $N_q = 23,18$  e  $N_\gamma = 20,79$ ) pari a

$q_{lim} = 6,04 daN / cm^2$  (così come di seguito riportato nello stralcio della relazione)



- rigidità del suolo medio-alte ( $V_{s30} = 525,74 m / sec$ ) che impongono la classificazione del sito in categoria B. (così come di seguito riportato nello stralcio della relazione)

## 12. DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione del Fattore Stratigrafico S.

Categorie di suolo di fondazione:

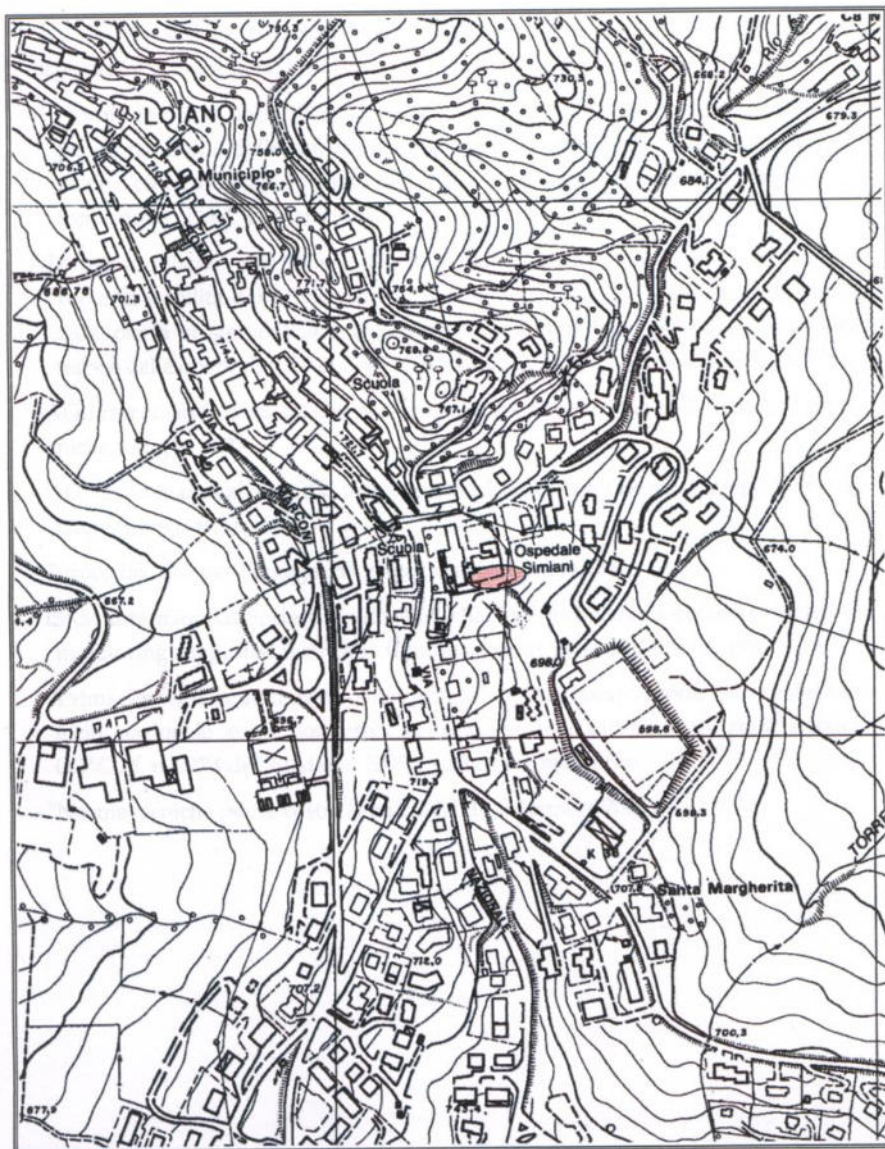
		S
A	Formazioni di litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiali di spessore massimo pari a 5m	1
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt}>50$ , o coesione non drenata $C_u>250$ kPa).	1,25
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argilla di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi fra 180 m/s e 360 m/s ( $15<N_{spt}<50$ , $70<C_u<250$ kPa)	1,25
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30}<180$ m/s ( $N_{spt}<15$ , $C_u<70$ kPa)	1,35
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30}>800$ m/s	1,25
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille e limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $P_i>40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30}<100$ m/s ( $10<C_u<20$ kPa)	Servono studi speciali
S2	Depositi di terreno soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.	

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, direzione orizzontale

Da cui si evince che l'area indagata appartiene alla categoria B con parametro stratigrafico S pari a 1,25.

Nel seguito si riportano le piante con l'ubicazione delle prove geologico-tecniche effettuate

TAV. 1 - UBICAZIONE AREA IN ESAME

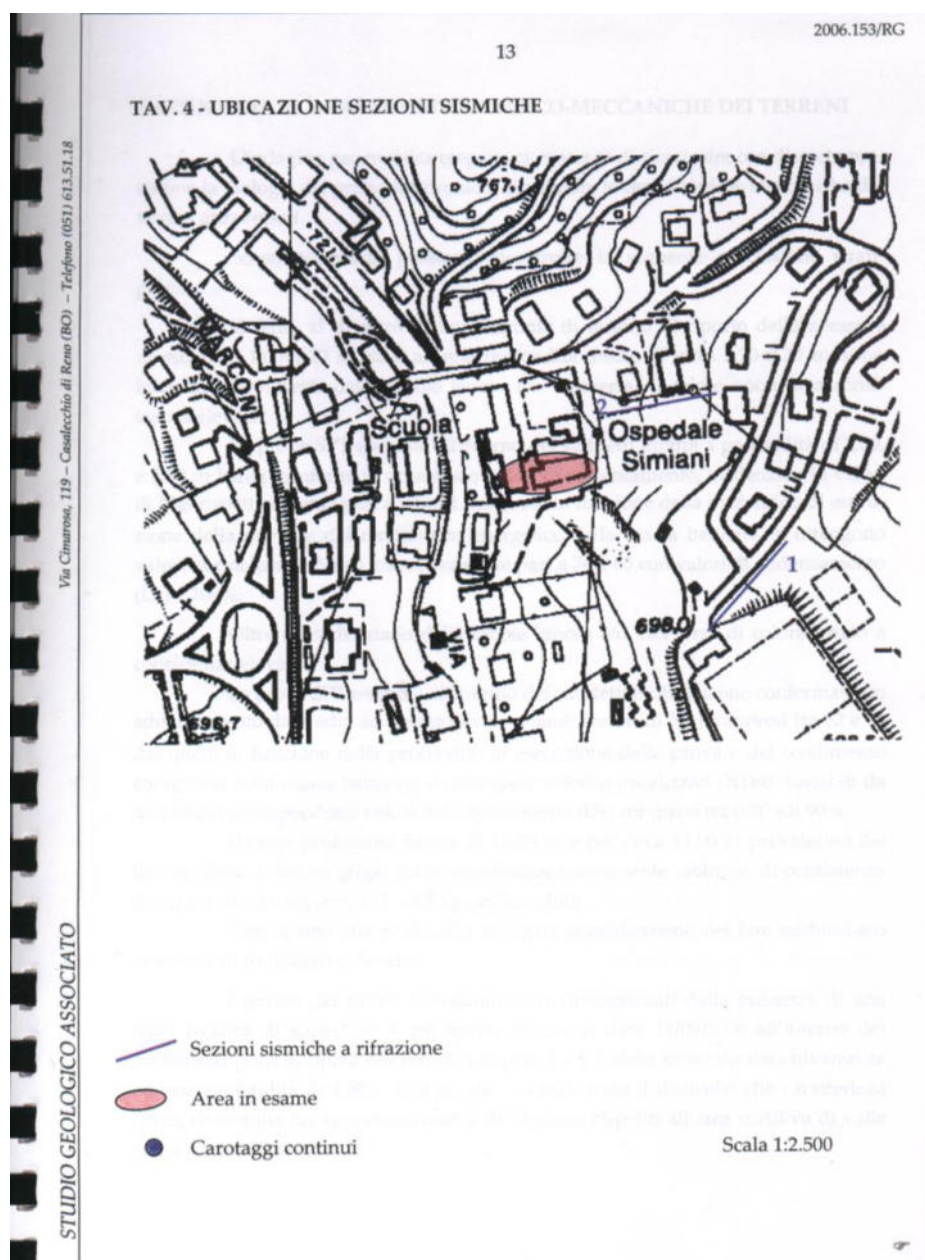


Area in esame

Scala 1:5.000

GEO-PROBE





#### **4.3 Livelli di conoscenza utilizzati nelle analisi sismiche e statiche**

Tenuto conto della fondamentale importanza che, nello studio delle costruzioni esistenti, riveste la conoscenza delle strutture medesime (con particolare riferimento alla loro geometria, ai particolari costruttivi ed alle caratteristiche dei materiali impiegati per la costruzione), le norme definiscono ed impongono l'utilizzo nelle analisi dei così detti Fattori di Confidenza (DM18 punto 8.5.4, Circ. C7 paragrafo 8.5.2) mediante i quali, nella sostanza, si riducono i valori medi di resistenza dei materiali e si ricavano i valori da adottare in sede di esecuzione delle verifiche. Il valore che, volta per volta, deve essere adottato per detti Fattori di Confidenza discende strettamente dal Livello di Conoscenza conseguito nelle indagini.

Sulla base della documentazione in possesso della Committenza, a valle delle indagini effettuate per l'ottenimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, per le analisi sismiche si considerano i seguenti Livelli di Conoscenza delle strutture:

Identificazione edificio	Livello di Conoscenza	Fattore di Confidenza
RSA	LC1	FC = 1,35

## **5. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA**

Le analisi di vulnerabilità sismica coinvolgono la stima del comportamento sismico della costruzione nelle sue molteplici parti (strutturali e non) sotto una molteplicità di azioni sismiche (di diversa intensità). Per quanto riguarda la così detta “modellazione” della costruzione (rappresentazione semplificata della realtà attraverso uno strumento/analitico numerico di tipo predittivo) si sono adottati differenti “modelli” a seconda degli “stati limite” e delle membrature considerati. Le analisi di vulnerabilità sismica presentano i livelli di accelerazione sismica che attivano i diversi stati limite per le diverse componenti analizzate e individuano le principali fonti di criticità nei confronti del comportamento sismico della costruzione in esame, oltre che ad individuare le soglie di accelerazione che globalmente attivano i diversi stati limite per i vari corpi del complesso analizzato. La valutazione della sicurezza alle azioni sismiche e le relative verifiche sono fornite in termini di accelerazione al suolo e di periodo di ritorno in grado di attivare un dato meccanismo di danneggiamento/collasso.

L’obiettivo delle verifiche è la definizione di differenti livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti allo SLO ( $a_g(SLO)_d$ ), SLD ( $a_g(SLD)_d$ ), SLV ( $a_g(SLV)_d$ ), SLC ( $a_g(SLC)$ ), eventuale, qualora si ritenesse necessario a valle delle analisi allo SLV), e dei loro rapporti con le accelerazioni attese al suolo con la probabilità di accadimento dell’81% (SLO), 63% (SLD), 10% (SLV) e 5% (SLC) nel periodo di riferimento. Si identificheranno quindi differenti indicatori di rischio di collasso ( $\alpha_u = a_g(SLV)_d / a_g(SLV)_{10\%}$  oppure  $\alpha_u = a_g(SLC)_d / a_g(SLC)_{5\%}$ ) e di inagibilità ( $\alpha_e = a_g(SLO)_d / a_g(SLO)_{81\%}$ ,  $\alpha_e = a_g(SLD)_d / a_g(SLD)_{63\%}$ ).

Valori prossimi o superiori all’unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme, mentre valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

Poiché l’edificio è in muratura portante, la valutazione della sicurezza (DM 17/01/18 capitolo 8.3) è stata eseguita con riferimento allo Stato Limite Ultimo (in particolare alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV), allo Stato Limite di Danno (SLD).

Come riportato nella CM7, per quanto riguarda lo SLV, nel caso di elementi/meccanismi duttili gli effetti da considerare sono quelli derivanti dall’analisi strutturale, mentre nel caso di elementi/meccanismi fragili gli effetti derivanti dall’analisi strutturale possono venire modificati. Le capacità sono definite in termini di “deformazioni di danno” per gli elementi/meccanismi duttili, di “deformazioni ultime” e di resistenze prudenzialmente ridotte per gli elementi/meccanismi fragili.



Nel caso in esame di verifica con l'impiego del fattore  $q$ , la resistenza degli elementi è stata calcolata come per le situazioni non sismiche.

Per quanto riguarda lo SLD in mancanza di più specifiche valutazioni sono stati utilizzati (così come consigliato dalla normativa) i valori limite di spostamento di interpiano validi per gli edifici nuovi.

## **5.1 Gli approcci ed i modelli per la valutazione della sicurezza**

Gli strumenti analitici e predittivi a disposizione dell'ingegneria per la moderna valutazione del comportamento statico, dinamico e sismico delle costruzioni fanno sì che non si possa prescindere da una analisi strutturale da svilupparsi con riferimento a tali strumenti. Pertanto al fine di valutare la sicurezza sismica delle costruzioni in esame si ritiene opportuno sviluppare le analisi secondo due approcci differenziati:

- sviluppo di una analisi strutturale mediante l'utilizzo di modellazioni numeriche agli elementi finiti (utilizzando il software di calcolo computazionale PROSAP).

Per eseguire le analisi di sicurezza degli elementi di cui sopra si è fatto ricorso a diverse modalità di rappresentazione schematica del comportamento delle costruzioni (modelli), che sono stati sviluppati a diversi livelli di dettaglio. Le analisi di vulnerabilità comprendono, pertanto, lo sviluppo di una molteplicità di rappresentazioni semplificate (modelli) ciascuna specifica dello stato limite studiato. L'analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile. L'impiego di metodi di calcolo lineari richiede un'opportuna definizione del fattore di struttura in relazione alle caratteristiche meccaniche globali e locali della struttura in esame. Come riportato nella C8.7.2.2 della CM7 (Metodi di analisi e criteri verifica), è possibile effettuare qualunque tipo di analisi (statica lineare con spettro elastico o con fattore  $q$ , dinamica modale con spettro elastico o con fattore  $q$ , statica non lineare, dinamica non lineare) prevista dal D.M. 17/01/2018.

Al fine di valutare la sicurezza sismica delle costruzioni in esame le analisi sono state sviluppate con l'utilizzo di modellazioni numeriche agli elementi finiti (utilizzando il software di calcolo computazionale PROSAP) e tramite una analisi e valutazione qualitativa e con modelli semplificati. A valle del rilievo e della campagna di indagini effettuati, si è deciso di adottare per le analisi FEM:

- una analisi dinamica modale con spettro di progetto con fattore "q" (analisi lineare)

## **5.2 Metodologia di valutazione della risposta sismica globale**

Si propone una metodologia di verifica a livello globale che tiene in considerazione un percorso di conoscenza ed analisi in cui il giudizio sul livello di rischio del manufatto o l' idoneità di un intervento emerge dal confronto tra la capacità della struttura, valutata a seguito di una conoscenza qualitativa e quantitativa della costruzione, e l'azione sismica, opportunamente modulata in funzione di ragionevoli livelli di protezione sismica.

## **6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' RESISTENTE**

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi si impiegano le proprietà dei materiali esistenti, divise per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto. Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi primari le resistenze dei materiali ricavate dalle prove condotte si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

Dai risultati delle indagini effettuate, si ricavano i seguenti valori caratteristici e di progetto dei materiali utilizzati per la costruzione dell'edificio (si evidenzia che  $\gamma_{m-acciaio-c.a.} = 1,15$ ,  $\gamma_{m-cls} = 1,6$ ,  $\gamma_{m-muratura} = 3$ ,  $FC = 1,35$ ).

### **6.1 Materiali esistenti**

#### Strutture in muratura

La resistenza della muratura è assunta in relazione alla tipologia, alla qualità e allo stato di conservazione del sistema murario. Utilizzando la tabella della CM7 per la definizione della resistenza a compressione del materiale, considerando una muratura in mattoni semipieni (percentuale di foratura <40%) con malta cementizia, si ottengono i seguenti valori dei parametri meccanici (si considera un coefficiente di sicurezza sul materiale muratura  $\gamma_m = 3$ ):

Resistenza media in compressione del materiale in opera:  $f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{50}{1,35 \cdot 3} = 12,3 daN / cm^2$

Resistenza media a taglio del materiale in opera:  $\tau_m = \frac{\bar{\tau}_m}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{2,4}{1,35 \cdot 3} = 0,59 daN / cm^2$

Modulo di elasticità normale:  $E = 35000 daN / cm^2$

Modulo di elasticità tangenziale:  $G = 8750 daN / cm^2$

Peso specifico medio della muratura:  $w = 1500 daN / m^3$



Strutture in conglomerato cementizio armato ordinario (fondazioni e solai in latero-cemento):

**Calcestruzzo**

Classe di resistenza  $C25/30 - R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

**FeB44K**

Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} = 5400 \text{ daN/cm}^2$

Tensione caratteristica a snervamento  $f_{yk} = 4300 \text{ daN/cm}^2$

**6.2 Materiali utilizzati per gli interventi di riparazione / miglioramento proposti**

Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

**B450C**

Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} = 5400 \text{ daN/cm}^2$

Tensione caratteristica a snervamento  $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$

Calcestruzzo strutture di fondazione

Classe di resistenza  $C25/30 - R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 1400 \text{ daN/cm}^2$

Calcestruzzo strutture in elevazione

Classe di resistenza  $C28/35 - R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 1600 \text{ daN/cm}^2$

Acciaio da carpenteria

UNI EN 10025-2  $S275 (t \leq 40 \text{ mm})$  laminati a caldo profili a sezione aperta

Resistenza a rottura  $f_{tk} = 4300 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a snervamento  $f_{yk} = 2750 \text{ daN/cm}^2$

## **7. ANALISI DEI CARICHI**

Il calcolo delle sollecitazioni e la valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio vengono condotte con riferimento alla seguente analisi dei carichi:

### Solaio di copertura

a.	peso proprio solaio + permanente	340,00	daN/m <sup>2</sup>
b.	carico variabile (neve)	260,00	daN/m <sup>2</sup>
<u>TOTALE a) + b)</u>		<u>600,00</u>	<u>daN/m<sup>2</sup></u>

### Solaio di sottotetto (non praticabile)

a.	peso proprio solaio + permanente	250,00	daN/m <sup>2</sup>
<u>TOTALE a)</u>		<u>250,00</u>	<u>daN/m<sup>2</sup></u>

### Solai di piano tipo

a.	peso proprio solaio + permanente	550,00	daN/m <sup>2</sup>
b.	carico variabile (affollamento)	300,00	daN/m <sup>2</sup>
<u>TOTALE a) + b)</u>		<u>850,00</u>	<u>daN/m<sup>2</sup></u>

## 8. LA PERICOLOSITA' SISMICA E GLI SPETTRI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI NELLE ANALISI

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Il Complesso Ospedaliero "G.B. Simiani" di Loiano viene classificato come costruzione di Tipo 2 e di Classe III (secondo quanto specificato nel DM18 paragrafo 2.4.2).

Poiché per gli edifici di Tipo 2 e Classe III si ha  $V_N = 50\text{anni}$  (vita nominale della struttura) e  $C_U = 1,5$  (coefficiente d’uso), il periodo di riferimento per l’azione sismica vale, quindi:  
 $V_R = V_N \cdot C_U = 75\text{anni}$ .

La pericolosità sismica del sito definiscono le azioni sismiche sulla base delle quali effettuare la progettazione; i parametri sismici legati alla zona di costruzione sono sotto riportati:

**EdiLus-MS**  
Mappe Sismiche

**EdiLus**  
Calcolo Strutturale

Provalo GRATIS

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Contrada Rosole, 13 BAGNOLI IRPINO"

ospedale simiani, loiano, bologna

Cerca

Mappe Satellite

SS 65 della Futa

Via G.B. Simiani

Ospedale di Loiano - Azienda USL di Bologna

Camera mortuaria ospedale Loiano

Casa della Salute di Loiano - Azienda USL

Via Roma

IPAA Luigi Nole

44.26737391, 11.32490604

Stato Limite

	$T_i$ [anni]	$a_g/g$ [-]	$F_0$ [-]	$T_c$ [s]
Operatività	45	0.073	2.469	0.268
Danno	75	0.090	2.459	0.280
Salvaguardia Vita	712	0.196	2.538	0.306
Prevenzione Collasso	1462	0.242	2.568	0.314

Termini e Condizioni di utilizzo di EdiLus-MS

ACCA SOFTWARE

Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35  
P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it

Ai fini del D.M. 17/01/2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  fattore che quantifica l’amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale (valore minimo pari a 2,2)

$T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono sotto riportate (Tabella 3.2.I del D.M. 17/01/2018):

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del sisma vale:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right)$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Gli spettri di accelerazione al suolo sono stati fissati considerando sulla base dei dati forniti all'interno della relazione geologica, un terreno di tipo B e un valore di coefficiente di topografia relativo alla categoria T3 (in cresta al rilievo con moderata pendenza).

I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite di Danno SLD utilizzato per l'analisi dell'edificio sono, quindi, i seguenti:

$$a_{g-SLD} = 0,090g \quad F_0 = 2,459 \quad T_C^* = 0,280 \text{ sec}$$

I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite Ultimo SLV utilizzato per l'analisi dell'edificio sono, quindi, i seguenti:

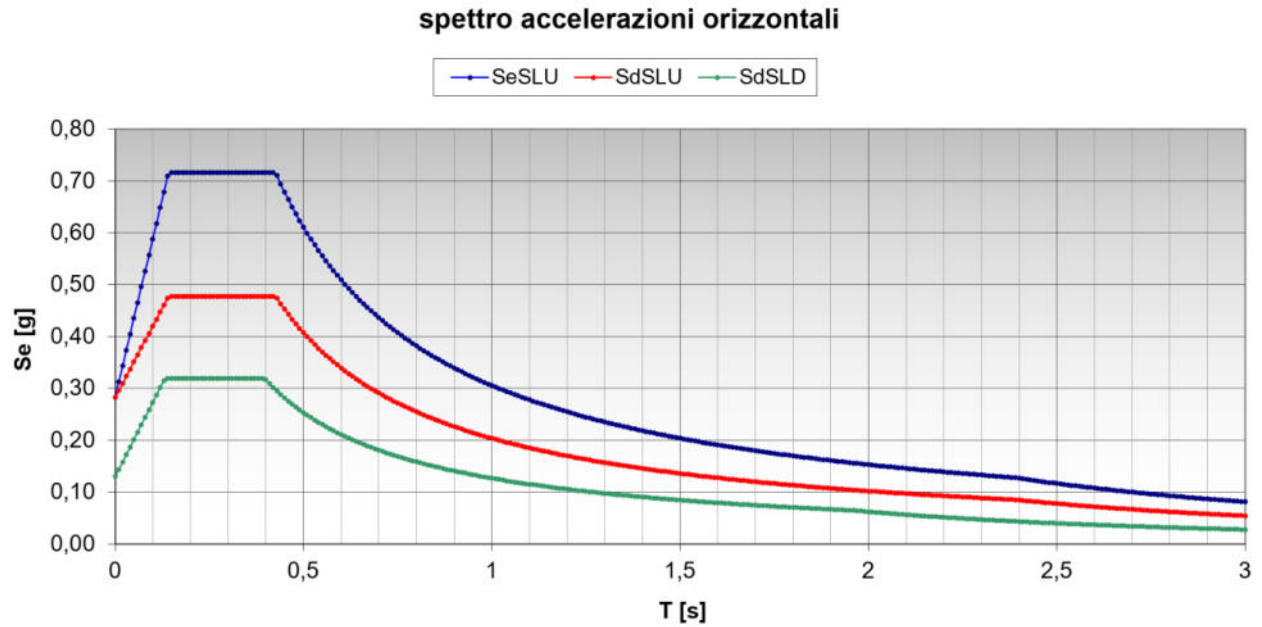
$$a_{g-SLV} = 0,196g \quad F_0 = 2,538 \quad T_C^* = 0,306 \text{ sec}$$

$$\eta = 1/q \quad q = q_0 \cdot K_R$$

A favore di sicurezza si sono considerati gli edifici non regolari in elevazione e in accordo con il DM 17/01/18 e la CM7 si utilizza  $q = 1,5$



La figura seguente riporta lo spettro SLV utilizzato per le analisi SLD (verde), per le analisi SLV (rosso) e lo spettro di riferimento elastico (blu) per la struttura in oggetto.



## 9. COMBINAZIONI DELL'AZIONE SISMICA CON I CARICHI STATICI

Le analisi di vulnerabilità sono riportate considerando la seguente combinazione dei carichi:

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

dove:

$G_1, G_2$  rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali,

$E$  azione sismica per lo stato limite in esame

$\psi_{2i}$  rappresenta il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (quasi permanente);

$Q_{k1}, Q_{k2}$  carichi variabili (valore caratteristico)

Sono state analizzate le seguenti combinazioni di carico:

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
4	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. R)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=Qsk (variabile solai)
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qnk (carico da neve)
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. R)	come precedente CDC sismico
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. R)	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. R)	come precedente CDC sismico

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 1
2	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 2
3	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3
4	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8
9	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 9
10	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 10
11	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 11
12	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 12
13	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 13
14	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 14
15	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 15
16	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 16

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...
1	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0
2	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0
4	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0
6	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0
7	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0
8	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0
9	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30
10	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30
11	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30
12	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30
13	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00

**Dott. Ing. Friedrich Drollmann**  
Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna  
friedrich.drollmann@me.com

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...
14	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00
15	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00
16	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00

## **10. LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA**

### **10.1 Metodo di analisi strutturale effettuata e criteri di verifica**

L'analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile. L'impiego di metodi di calcolo lineari richiede un'opportuna definizione del fattore di struttura in relazione alle caratteristiche meccaniche globali e locali della struttura in esame. Come riportato nella C8.7.2 della CM7 (Metodi di analisi e criteri verifica), è possibile effettuare qualunque tipo di analisi (statica lineare con spettro elastico o con fattore  $q$ , dinamica modale con spettro elastico o con fattore  $q$ , statica non lineare, dinamica non lineare) prevista dal D.M. 17/01/2018.

A valle del rilievo effettuato e della campagna di indagini diagnostiche, si è deciso di adottare una analisi dinamica modale con spettro di progetto con fattore  $q$ : è, infatti, possibile utilizzare lo spettro di progetto, definito nel paragrafo 3.2.3 del D.M. 17/01/18, che si ottiene dallo spettro elastico riducendone le ordinate con l'uso del fattore di struttura  $q$ . Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali duttili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. Tutti gli elementi strutturali fragili devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta per  $q = 1,5$  sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.

### **10.2 I modelli FEM utilizzati per le analisi di vulnerabilità sismica (accelerazione di primo danneggiamento e accelerazione di collasso)**

Al fine di valutare le sollecitazioni sulla struttura in esame e la valutazione della vulnerabilità dell'edificio, sono stati sviluppati diversi modelli numerici tridimensionali agli elementi finiti.

Il modello agli elementi finiti è composto da elementi di tipo "beam" ed elementi di tipo "shell". L'elemento finito di tipo "beam", a due nodi, tiene conto della flessione biassiale, della torsione, della deformazione assiale, della deformazione da taglio (Bathe Wilson, 1976) ed è caratterizzato da 6 gradi di libertà a ciascuna delle due estremità. L'elemento finito di tipo "shell" ha una formulazione sia a 3 che a 4 nodi, e tiene conto sia del comportamento flessionale che in regime di membrana. Gli effetti del taglio trasversale vengono stimati mediante la formulazione di Mindlin/Reissner.

Il codice di calcolo adottato è ALGOR SUPERSAP prodotto dalla ALGOR INTERACTIVE SYSTEMS, Inc. Pittsburgh, PA, USA.

La licenza d'uso è identificata come dsi2249, dsi2250 a nome Studio Ceccoli e Associati.



Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2011-06-155)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi2249, dsi2250, dsi4794

Il programma SUPERSAP applica il metodo degli elementi finiti per strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse.

La risoluzione del sistema  $K \cdot u = F$  è condotta con l'algoritmo di Gauss modificato sulla matrice K globale suddivisa in blocchi. La risoluzione delle equazioni del moto, ed in particolare l'applicazione dell'analisi dinamica prevista per il calcolo in zona sismica è condotta con il metodo dello spettro di risposta. Si sottolinea che il solutore ALGOR SUPERSAP è stato sottoposto, con esito positivo e relativa certificazione, ai test N.A.F.E.M.S. (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards in Inghilterra). Si sottolinea inoltre che il solutore ALGOR SUPERSAP è soggetto ad attività di controllo ai sensi della Q.A. (quality assurance), condizione essenziale per l'utilizzo dei codici di calcolo nell'ambito della progettazione nucleare ed off-shore.

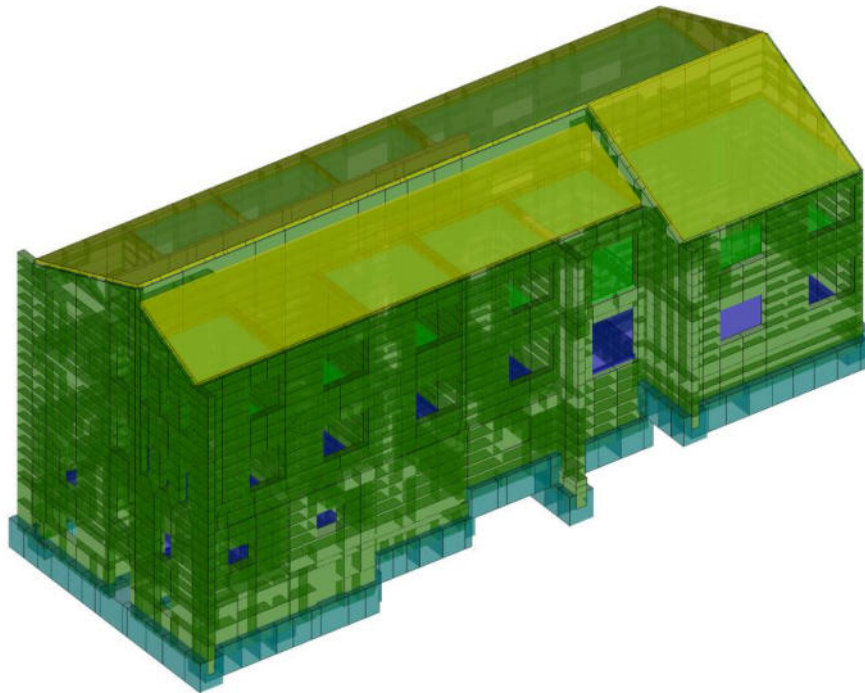
Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi 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**

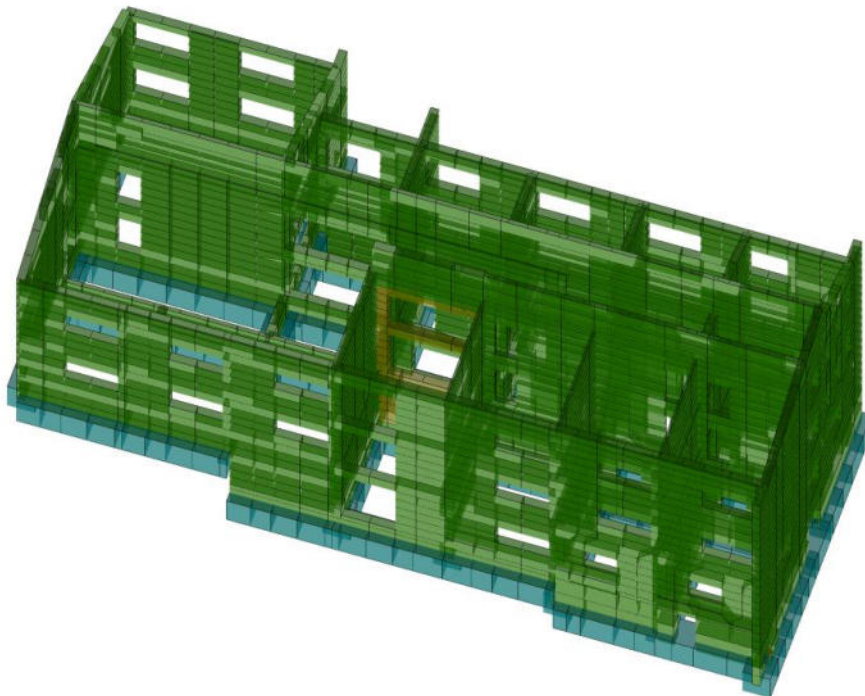
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati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

Nel seguito si riportano alcune immagini dei modelli FEM realizzati.

10.2.1 Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) – stato di fatto: risultati dell'analisi modale



**Vista 1: modello solido con solai – Stato di fatto**

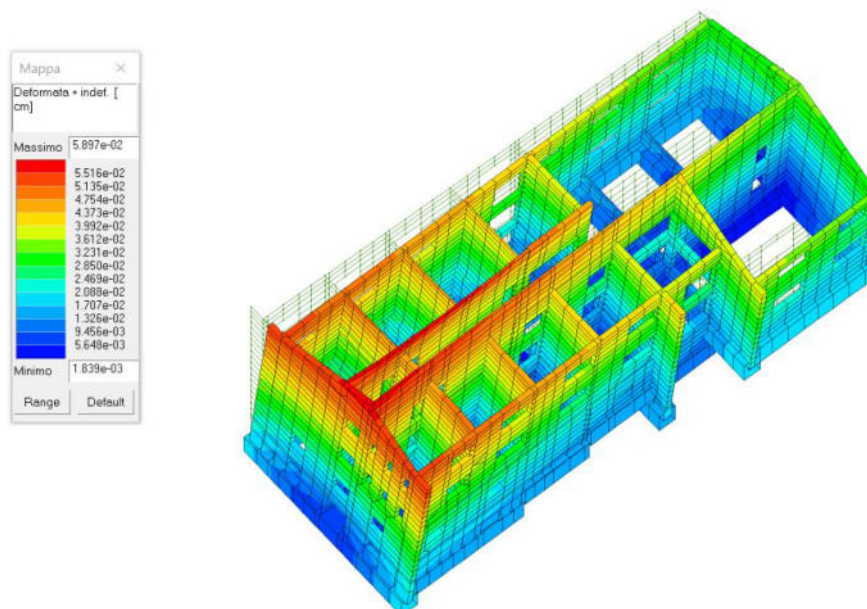


**Vista 2 - modello solido senza solai – Stato di fatto**

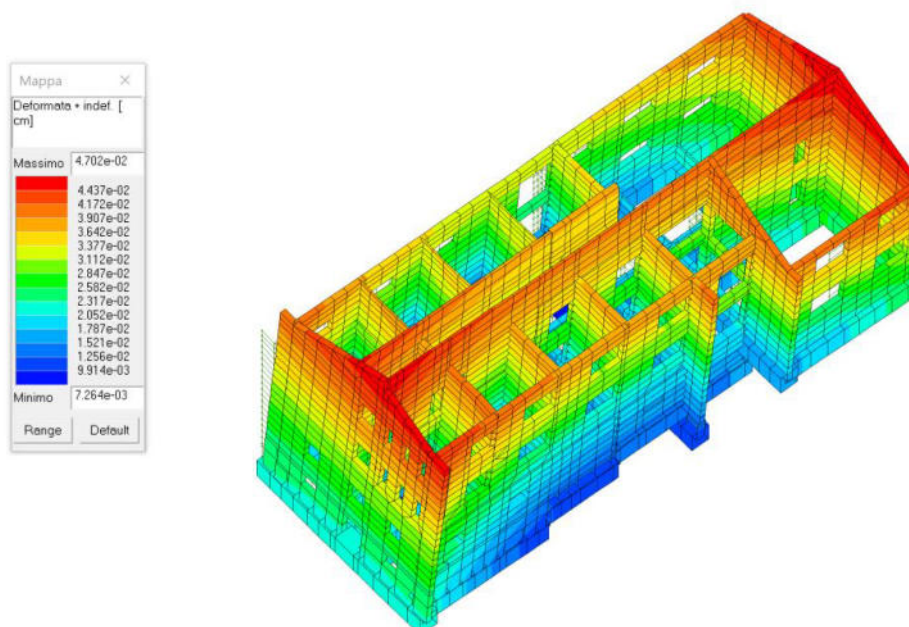
<b>Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:</b>	
nodi	4208
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	230
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	3901
elementi solaio	57
elementi solidi	0
<b>Dimensione del modello strutturale [cm]:</b>	
X min =	-90.00
Xmax =	1250.00
Ymin =	0.00
Ymax =	2690.00
Zmin =	0.00
Zmax =	1390.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
<b>Strutture non verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	NO
Gusci	SI
Membrane	NO
<b>Orizzontamenti:</b>	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Nodi vincolati rigidamente	NO
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	SI
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

L'analisi dinamica modale di tipo lineare con spettro di risposta è stata condotta considerando i primi 12 modi di vibrare che forniscono una massa partecipante totale pari al 95% (superiore all'85%, ovvero al minimo richiesto da normativa) rispetto a quella presente nell'edificio. La sovrapposizione dei modi per il calcolo di sollecitazioni e spostamenti complessivi è stata effettuata adottando una Combinazione Quadratica Completa (CQC).

Il primo modo è traslazionale lungo x ed ha periodo pari a  $T_1 = 0,38\text{sec}$ , il secondo modo è traslazionale lungo y con periodo pari a  $T_2 = 0,24\text{sec}$ , il terzo modo è rotazionale con periodo di vibrazione pari a  $T_3 = 0,20\text{sec}$ .

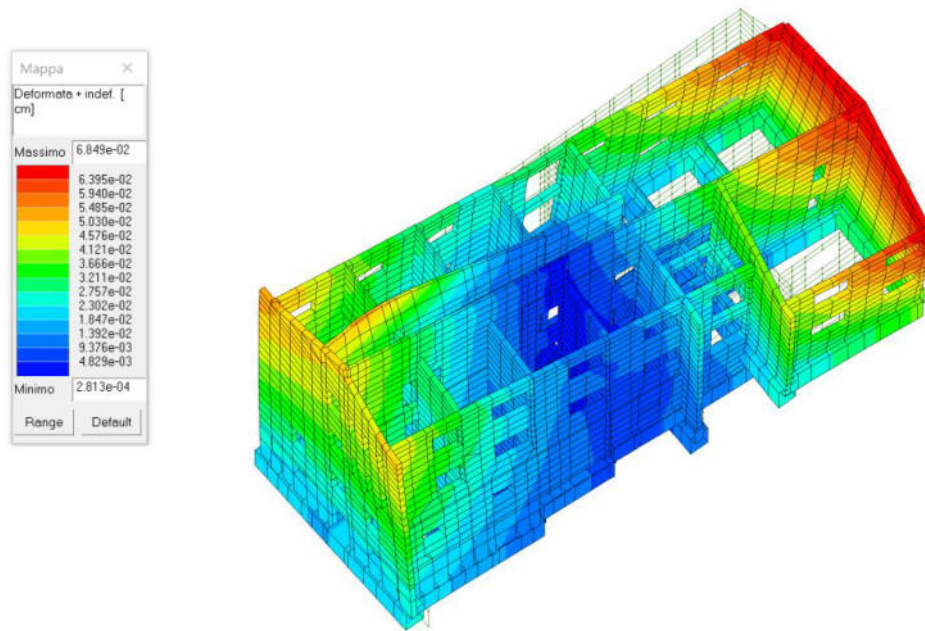


**Primo modo di vibrare della struttura ( $T_1 = 0,38\text{sec}$ ) - traslazionale lungo x**



**Secondo modo di vibrare della struttura ( $T_2 = 0,24\text{sec}$ ) - traslazionale lungo y**





**Terzo modo di vibrare della struttura (T3 = 0,20sec) - rotazionale**

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. R)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.440
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.476 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: rapida
			periodo proprio T1: 0.381 sec.
			fattore q: 1.500
			fattore q (fragili): 1.500
			fattore per spost. mu d: 1.560
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 12
			combinaz. modale: SRSS

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	m	m	m	m	m	m			
13.90	3.992e+04	6.10	15.43	0.0	1.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.75	65.72	5.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.72	60.21	5.60	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.66	42.19	6.60	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.43	89.90	7.10	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.38	120.58	4.70	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.37	189.38	7.23	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.35	149.12	4.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.25	1.664e+04	6.09	10.78	-0.05	-1.34	6.10	15.97	7.6924e-05	0.086	0.692
13.20	1956.21	4.20	9.41	0.0	-1.34	4.20	11.45	1.5765e-04	0.0	0.598
13.19	48.07	7.60	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.11	29.13	6.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.96	98.43	8.10	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.90	83.99	3.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.89	80.52	3.36	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.87	96.20	6.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.84	189.80	8.36	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.72	60.77	8.60	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.72	5027.81	6.10	14.76	-0.15	-1.34	6.10	25.56	8.3087e-05	0.046	2.685
12.61	94.86	2.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.58	193.98	2.52	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.57	48.11	7.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Dott. Ing. Friedrich Drollmann**

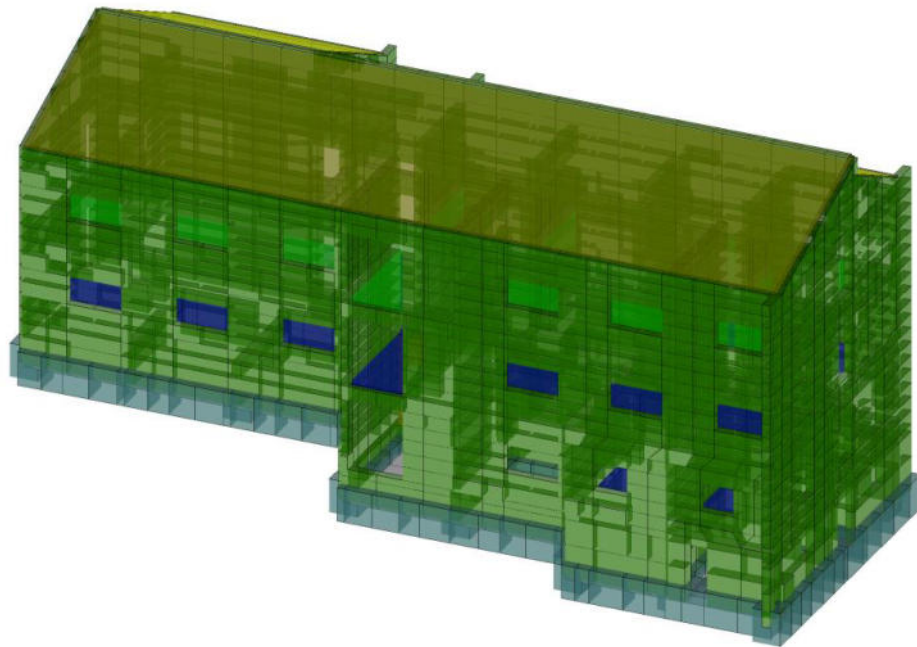
Via Ghiselli n. 6 - 40134 Bologna

friedrich.drollmann@me.com

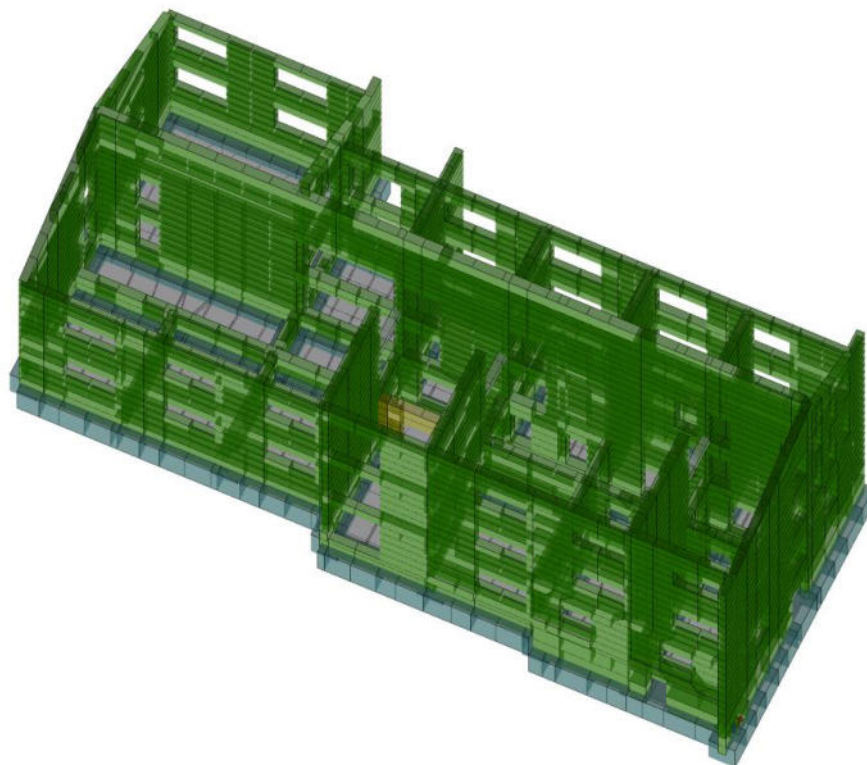
Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
12.49	29.61	9.10	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.42	3877.16	4.12	11.01	-0.04	-1.34	4.20	20.16	0.002	0.232	1.173
12.33	95.00	8.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.30	190.21	9.49	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.30	73.65	9.50	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.27	117.12	1.68	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.24	143.20	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.18	6515.37	6.13	13.38	0.33	-1.34	6.10	25.56	7.9480e-05	0.452	3.027
12.03	50.99	8.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.96	56.12	0.84	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.95	140.48	10.25	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.95	50.90	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.79	14.43	9.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.77	162.38	10.62	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.65	5.971e+04	3.47	12.41	0.59	1.34	2.81	9.84	0.417	0.120	0.142
11.59	55.84	11.00	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.25	6.613e+04	4.49	11.29	0.67	-1.34	2.76	12.09	0.523	0.297	0.045
11.24	2.511e+04	9.15	23.04	0.28	-0.38	8.93	23.10	1.068	0.078	7.8520e-04
10.85	2.608e+04	5.30	13.10	0.67	-1.34	2.97	15.14	0.419	0.415	0.120
10.60	997.31	7.25	18.00	0.17	0.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.35	2.315e+04	5.25	12.89	0.67	-1.34	3.27	14.86	0.602	0.294	0.126
9.85	2.126e+04	5.64	13.08	0.67	-1.34	3.64	15.02	0.596	0.298	0.125
9.35	2.401e+04	5.58	12.93	0.67	-1.34	2.80	14.10	0.462	0.472	0.069
8.85	2.722e+04	5.50	12.73	0.67	-1.34	2.80	12.92	0.482	0.450	0.012
8.35	2.178e+05	5.33	14.31	0.67	1.34	4.13	14.24	0.340	0.237	0.004
7.85	2.997e+04	5.38	12.82	0.67	-1.34	3.90	15.14	0.322	0.300	0.131
7.60	997.31	7.25	18.00	0.17	0.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.35	2.369e+04	5.30	12.58	0.67	-1.34	4.26	14.86	0.415	0.185	0.142
6.85	2.202e+04	5.65	12.81	0.67	-1.34	4.50	15.02	0.407	0.209	0.139
6.35	2.475e+04	5.59	12.70	0.67	-1.34	3.60	14.10	0.376	0.374	0.079
5.85	2.799e+04	5.52	12.52	0.67	1.34	3.60	12.26	0.399	0.349	0.016
5.35	2.362e+05	5.17	13.80	0.67	-1.34	3.60	13.86	0.338	0.310	0.004
4.85	4.419e+04	5.47	12.89	0.67	-1.34	3.61	16.38	0.295	0.401	0.227
4.65	1028.25	5.22	0.0	0.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.35	4.172e+04	5.53	13.07	0.67	-1.34	3.58	14.47	0.374	0.367	0.095
3.85	3.297e+04	5.52	11.62	0.67	1.34	3.66	4.33	0.337	0.390	0.699
Risulta	1.054e+06									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	2.625	0.381	0.476	7.683e+05	72.9	19.88	1.89e-03	388.86	3.69e-02
2	4.056	0.247	0.476	293.27	2.78e-02	7.816e+05	74.1	187.05	1.77e-02
3	4.851	0.206	0.476	2.581e+04	2.4	6743.05	0.6	290.67	2.76e-02
4	6.407	0.156	0.476	939.34	8.91e-02	737.14	6.99e-02	1.050e+06	99.6
5	7.941	0.126	0.453	2133.23	0.2	2.297e+05	21.8	1022.54	9.70e-02
6	8.587	0.116	0.440	1965.52	0.2	32.42	3.08e-03	0.53	4.98e-05
7	9.912	0.101	0.419	2.166e+05	20.6	2090.45	0.2	658.77	6.25e-02
8	10.167	0.098	0.415	623.83	5.92e-02	18.78	1.78e-03	6.36	6.04e-04
9	11.498	0.087	0.399	655.97	6.22e-02	10.07	9.56e-04	0.04	3.87e-06
10	12.134	0.082	0.393	503.49	4.78e-02	66.66	6.32e-03	17.10	1.62e-03
11	13.256	0.075	0.383	2.179e+04	2.1	2386.40	0.2	66.94	6.35e-03
12	13.420	0.075	0.382	4996.28	0.5	665.46	6.31e-02	0.35	3.30e-05
Risulta				1.045e+06		1.024e+06		1.052e+06	
In percentuale				99.12		97.15		99.87	

10.2.2 Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) – progetto: risultati dell'analisi modale



**Vista 1: modello solido con solai – Progetto**

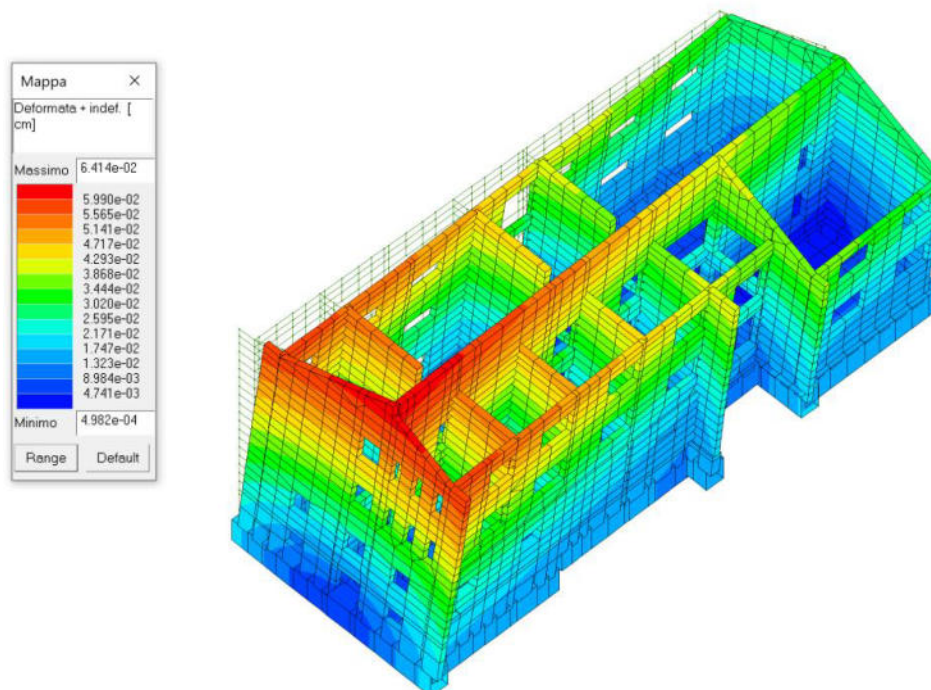


**Vista 2 - modello solido senza solai – Progetto**

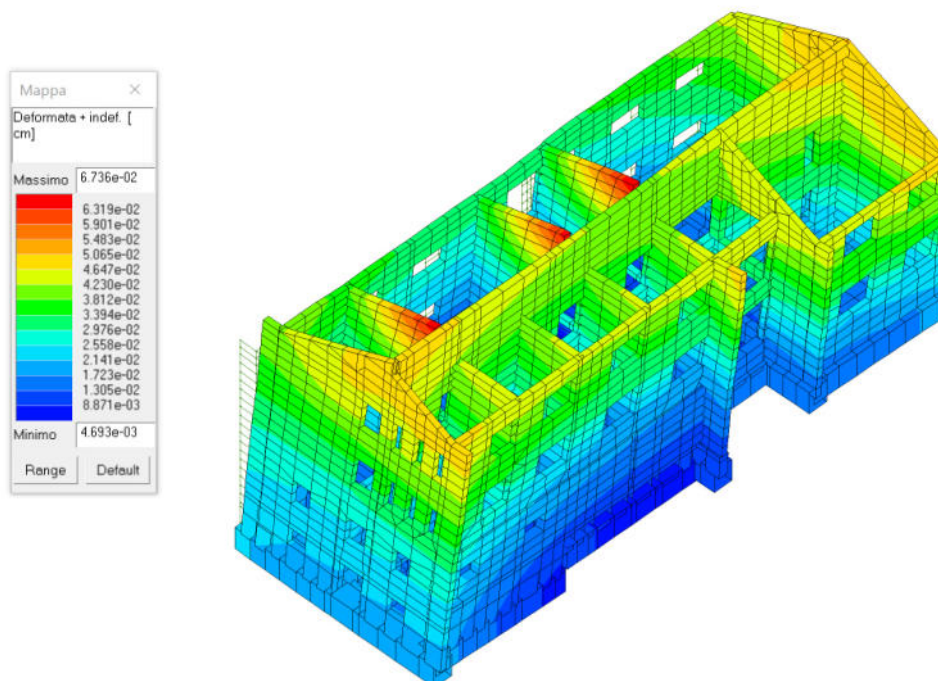
<b>Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:</b>	
nodi	4036
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	239
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	3909
elementi solaio	38
elementi solidi	0
<b>Dimensione del modello strutturale [cm]:</b>	
X min =	-90.00
Xmax =	1250.00
Ymin =	0.00
Ymax =	2690.00
Zmin =	0.00
Zmax =	1390.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
<b>Strutture non verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
<b>Orizzontamenti:</b>	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Nodi vincolati rigidamente	NO
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	SI
Fondazioni di tipo platea	SI
Fondazioni con elementi solidi	NO

L'analisi dinamica modale di tipo lineare con spettro di risposta è stata condotta considerando i primi 12 modi di vibrare che forniscono una massa partecipante totale pari al 95% (superiore all'85%, ovvero al minimo richiesto da normativa) rispetto a quella presente nell'edificio. La sovrapposizione dei modi per il calcolo di sollecitazioni e spostamenti complessivi è stata effettuata adottando una Combinazione Quadratica Completa (CQC).

Il primo modo è traslazionale lungo x ed ha periodo pari a  $T_1 = 0,27\text{sec}$ , il secondo modo è traslazionale lungo y con periodo pari a  $T_2 = 0,17\text{sec}$ , il terzo modo è rotazionale con periodo di vibrazione pari a  $T_3 = 0,16\text{sec}$ .

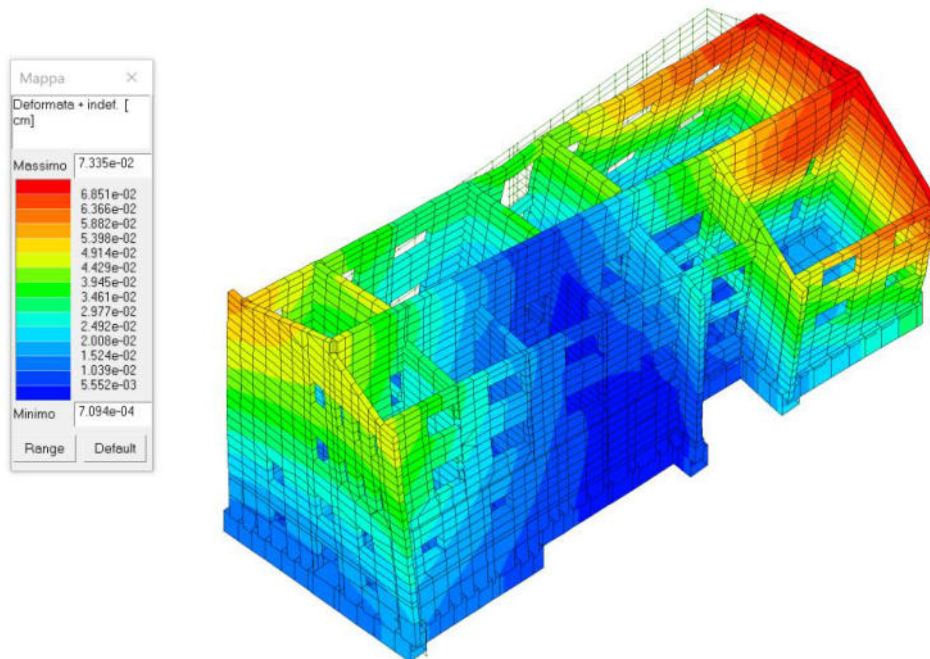


**Primo modo di vibrare della struttura (T1 = 0,27sec) - traslazionale lungo x**



**Secondo modo di vibrare della struttura (T2 = 0,17sec) - traslazionale lungo y**





**Terzo modo di vibrare della struttura (T3 = 0,16sec) - rotazionale**

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. R)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.440
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.476 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: rapida
			periodo proprio T1: 0.271 sec.
			fattore q: 1.500
			fattore q (fragili): 1.500
			fattore per spost. mu d: 1.787
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 12
			combinaz. modale: SRSS

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	m	m	m	m	m	m			
13.90	4.253e+04	6.10	15.31	0.0	1.34	6.10	13.52	0.0	0.0	7.755
13.75	65.72	5.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.72	60.21	5.60	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.66	49.22	6.60	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.43	104.89	7.10	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.38	120.58	4.70	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.37	189.38	7.23	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.35	149.12	4.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.25	2.142e+04	6.10	11.40	-0.05	-1.34	6.10	13.86	2.4233e-05	0.102	0.951
13.20	240.67	4.20	13.41	0.0	1.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.19	56.08	7.60	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.11	29.13	6.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.96	114.84	8.10	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.90	83.99	3.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.89	80.52	3.36	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.87	96.20	6.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.84	189.80	8.36	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.72	70.90	8.60	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.72	9379.20	6.10	14.23	0.15	-1.34	6.10	17.85	1.6264e-04	0.047	0.578

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
12.61	94.86	2.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.58	193.98	2.52	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.57	48.11	7.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.49	34.54	9.10	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.42	583.21	3.70	21.17	0.04	1.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.33	95.00	8.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.30	190.21	9.49	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.30	79.83	9.50	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.27	117.12	1.68	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.24	143.20	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12.18	1.082e+04	6.16	13.64	0.33	-1.34	6.10	17.85	1.5558e-04	0.565	0.673
12.03	50.99	8.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.96	56.12	0.84	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.95	140.48	10.25	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.95	50.90	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.79	14.43	9.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.77	162.38	10.62	26.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.65	6.085e+04	3.57	12.55	-0.59	1.34	4.53	10.23	0.246	0.228	0.124
11.59	55.84	11.00	19.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.25	2.302e+04	5.10	11.55	0.67	-1.34	3.59	11.71	0.374	0.284	0.009
11.24	1.079e+04	10.77	23.11	0.28	0.38	8.15	23.10	0.988	0.962	1.3634e-04
10.85	2.729e+04	5.34	13.01	0.67	-1.34	4.42	14.46	0.264	0.206	0.081
10.60	1127.44	7.18	18.01	0.17	0.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.35	2.460e+04	5.25	12.75	0.67	-1.34	4.75	14.33	0.327	0.100	0.101
9.85	2.313e+04	5.58	12.93	0.67	-1.34	4.92	14.40	0.319	0.134	0.093
9.35	2.588e+04	5.53	12.80	0.67	-1.34	4.09	13.56	0.322	0.291	0.043
8.85	2.878e+04	5.50	12.72	0.67	-1.34	4.09	13.56	0.322	0.286	0.048
8.35	2.313e+05	5.18	13.88	0.67	1.34	4.58	13.63	0.277	0.129	0.014
7.85	3.066e+04	5.37	13.02	0.67	-1.34	4.42	14.46	0.264	0.213	0.080
7.60	1127.44	7.18	18.00	0.17	0.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.35	2.461e+04	5.25	12.74	0.67	-1.34	4.75	14.33	0.327	0.100	0.101
6.85	2.315e+04	5.58	12.92	0.67	-1.34	4.92	14.40	0.319	0.134	0.094
6.35	2.588e+04	5.53	12.80	0.67	-1.34	4.09	13.56	0.322	0.291	0.043
5.85	2.881e+04	5.50	12.70	0.67	-1.34	4.09	13.56	0.322	0.286	0.049
5.35	2.379e+05	5.16	13.86	0.67	1.34	4.22	12.46	0.203	0.242	0.124
4.85	4.711e+04	5.35	13.42	0.67	1.34	4.22	13.36	0.185	0.302	0.005
4.65	1028.25	5.22	0.0	0.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.35	4.433e+04	5.39	13.67	0.67	1.34	4.20	12.70	0.221	0.294	0.089
3.85	3.233e+04	5.43	11.87	0.67	1.34	4.88	7.89	0.369	0.106	0.607
Risulta	1.042e+06									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	3.687	0.271	0.476	7.095e+05	68.1	209.76	2.01e-02	268.14	2.57e-02
2	5.701	0.175	0.476	1271.91	0.1	7.463e+05	71.6	365.72	3.51e-02
3	6.044	0.165	0.476	4.766e+04	4.6	4.146e+04	4.0	24.37	2.34e-03
4	9.710	0.103	0.422	404.51	3.88e-02	2373.92	0.2	1.025e+06	98.4
5	10.523	0.095	0.411	75.97	7.29e-03	583.55	5.60e-02	1585.40	0.2
6	10.674	0.094	0.409	32.00	3.07e-03	2623.47	0.3	1320.96	0.1
7	10.685	0.094	0.409	36.60	3.51e-03	2064.33	0.2	830.17	7.97e-02
8	11.244	0.089	0.402	560.48	5.38e-02	1.567e+05	15.0	4469.64	0.4
9	13.199	0.076	0.384	1.846e+05	17.7	1390.27	0.1	713.40	6.85e-02
10	13.321	0.075	0.383	1.583e+04	1.5	120.03	1.15e-02	300.87	2.89e-02
11	14.805	0.068	0.373	1.850e+04	1.8	607.59	5.83e-02	1552.54	0.1
12	15.089	0.066	0.371	601.39	5.77e-02	1716.05	0.2	54.51	5.23e-03
Risulta				9.790e+05		9.561e+05		1.037e+06	
In percentuale				93.99		91.73		99.52	

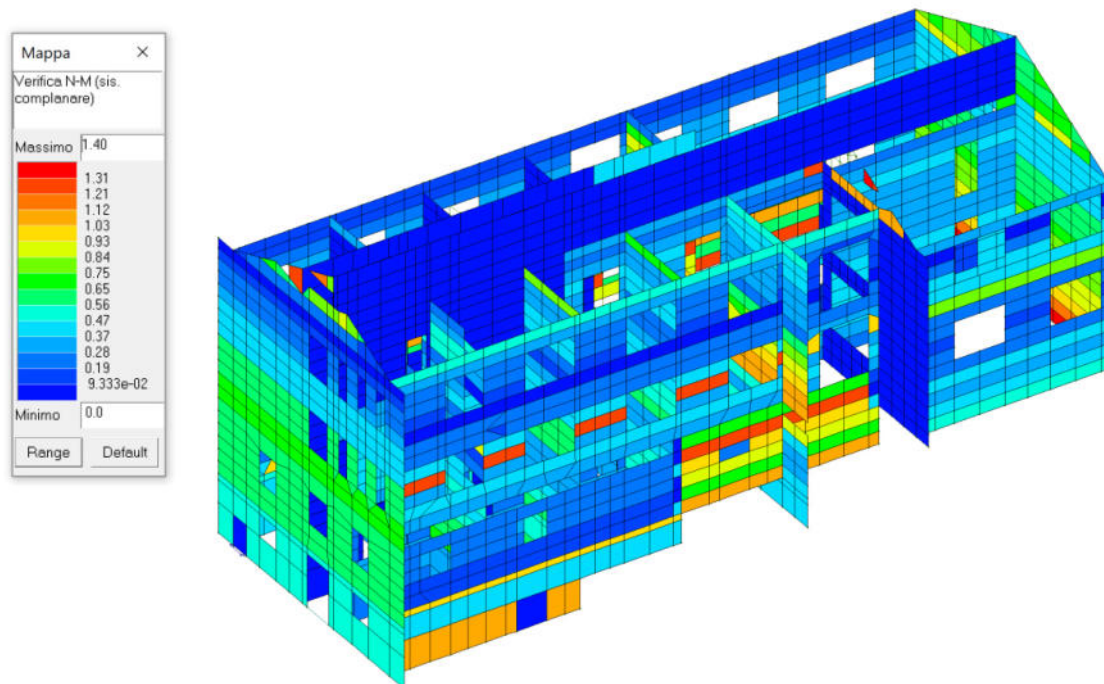
## 11. STATO DI FATTO: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA

Il calcolo delle sollecitazioni derivanti dal sisma di riferimento effettivamente agenti sull'edificio allo stato di fatto, le verifiche di resistenza degli elementi strutturali esistenti, vengono svolti con riferimento ai carichi considerati in dettaglio nell'analisi sviluppata nei Capitoli 8 e 9.

Tramite l'analisi dinamica lineare sviluppata, si individuano gli elementi resistenti alle azioni orizzontali che non soddisfano i criteri di verifica allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Infine, si procede al controllo degli spostamenti della struttura in termini di spostamenti relativi di interpiano (SLD).

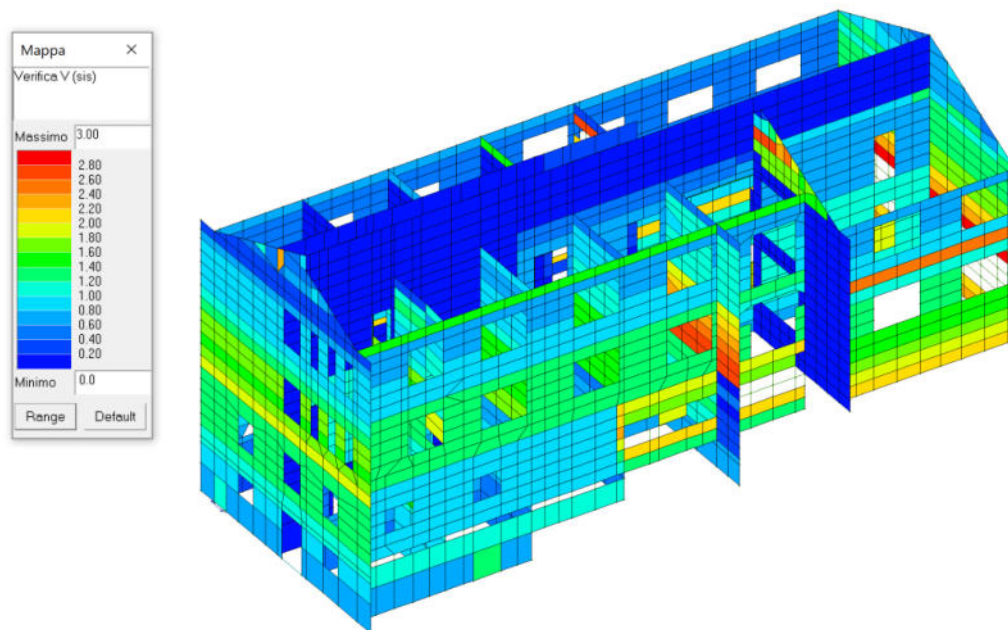
### 11.1 Pareti in muratura – SLV

I valori delle verifiche per le pareti dell'edificio sono riportati sotto forma di mappe di colore, illustrate nelle seguenti figure:



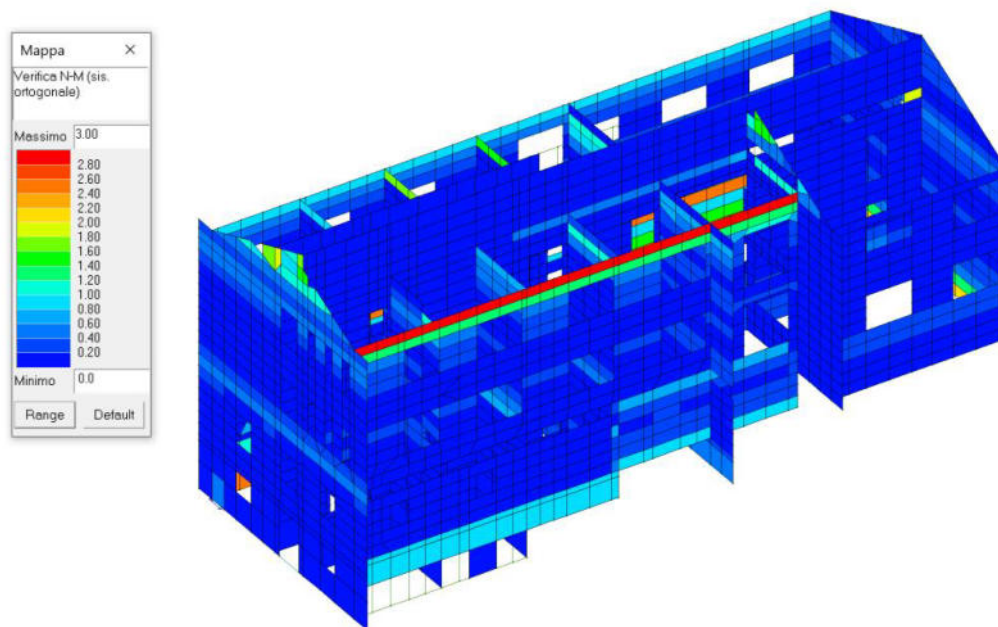
**Verifica N/Mp**

La verifica a pressoflessione nel piano (N/Mp) di alcune porzioni di parete non è soddisfatta in quanto l'indice è maggiore di 1  $I(N/M_p)_{\max} = 1,4$ .



#### Verifica V

La verifica a taglio (V) di alcune porzioni di parete non è soddisfatta in quanto l'indice è maggiore di 1  $I(V)_{\max} = 3,0$ .



#### Verifica N/Mo

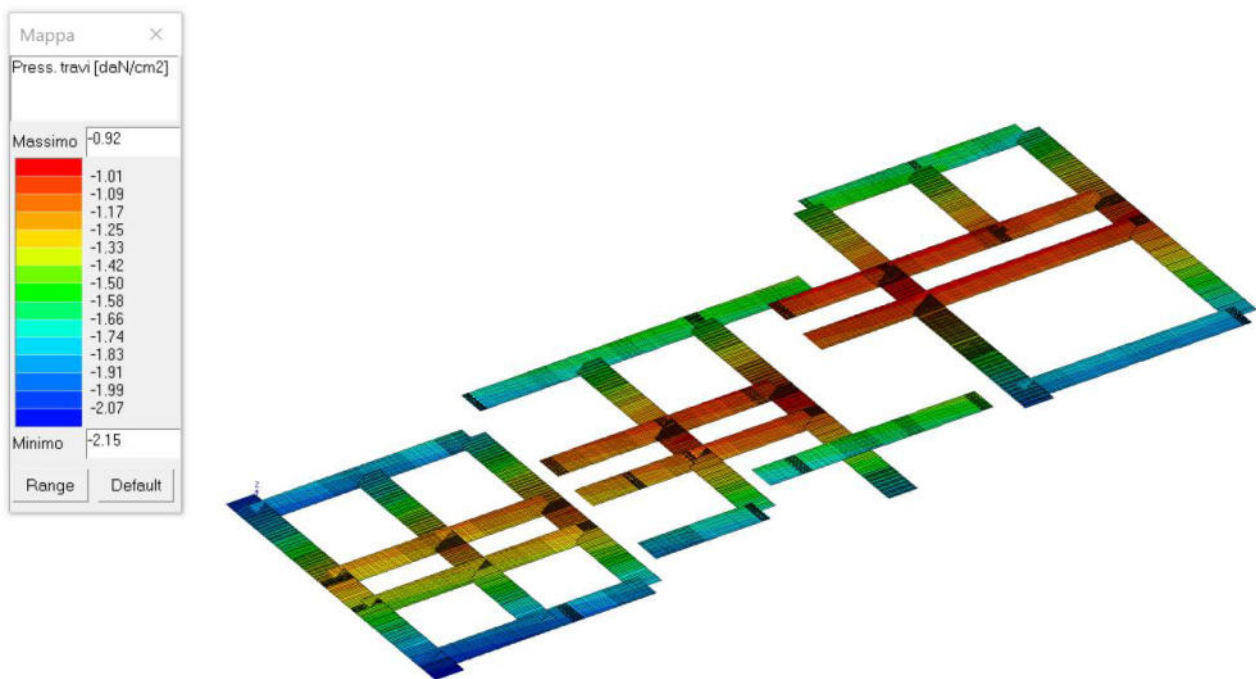
La verifica a pressoflessione fuori dal piano (N/Mo) di alcune porzioni di parete non è soddisfatta in quanto l'indice è maggiore di 1  $I(N/M_o)_{\max} = 3,0$ .

## 11.2 Pressione di contatto fondazione/terreno – SLV

La valutazione della portanza ultima del terreno (effettuata sulla base dei parametri geologici della relazione geologica) conduce al seguente valore:

$$q_{lim} = 6,04 daN / cm^2$$

Il valore massimo di pressione sul terreno (riportato per via grafica sotto forma di mappe di colore, illustrate nelle seguenti figure) delle fondazioni esistenti è pari a  $\sigma_{t/max} = 2,15 daN / cm^2$ .



**Pressione massima di contatto fondazione/terreno**

La verifica è soddisfatta in quanto il coefficiente di sicurezza vale:

$$FS = \frac{q_{lim}}{\sigma_{t/max}} = 2,87$$



### 11.3 Verifiche di deformabilità SLD

Lo spostamento limite di interpiano ricavabile dalla normativa (D.M. 17/01/2018 paragrafo 7.3.6.1) vale, per strutture in muratura:

$$qd_u = 0,002h$$

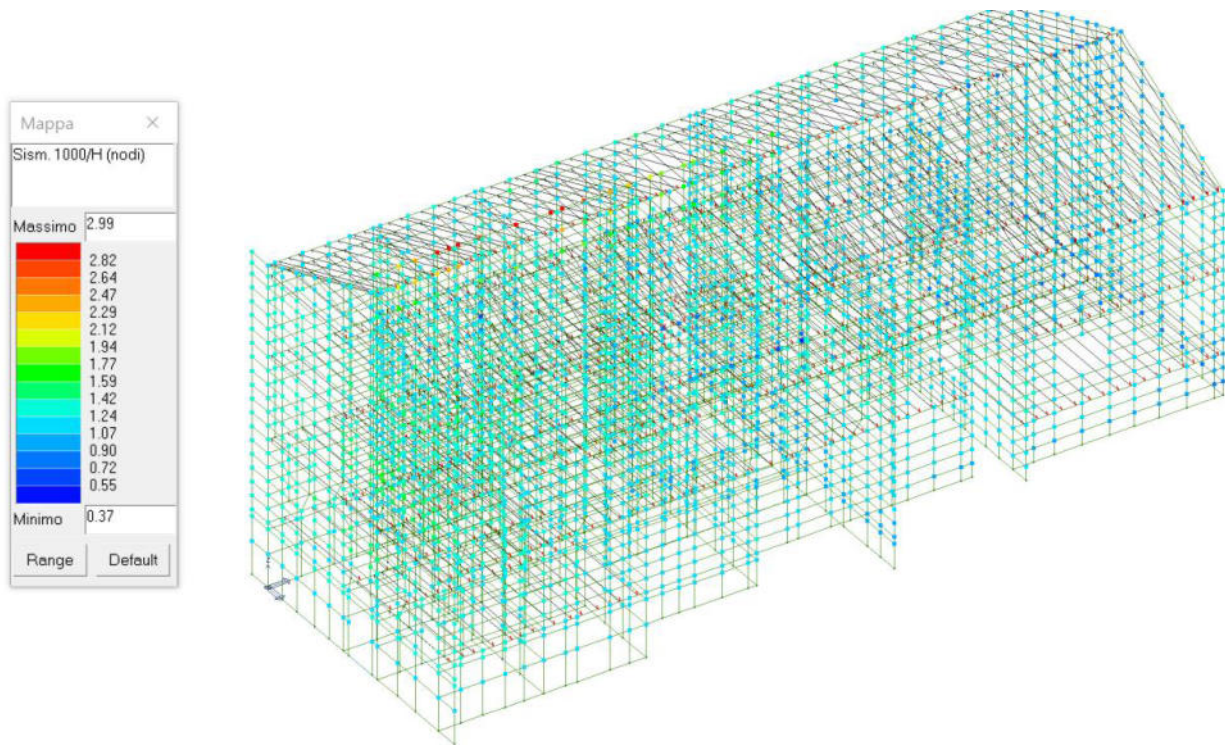
Dove:

$d_u$  lo spostamento di interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e di quello inferiore,

$h$  altezza di piano.

#### 11.3.1 Spostamento di interpiano in direzione x

La verifica non è soddisfatta in quanto lo spostamento massimo di interpiano in direzione x è maggiore dello 0,2%, così come è mostrato nella figura seguente:

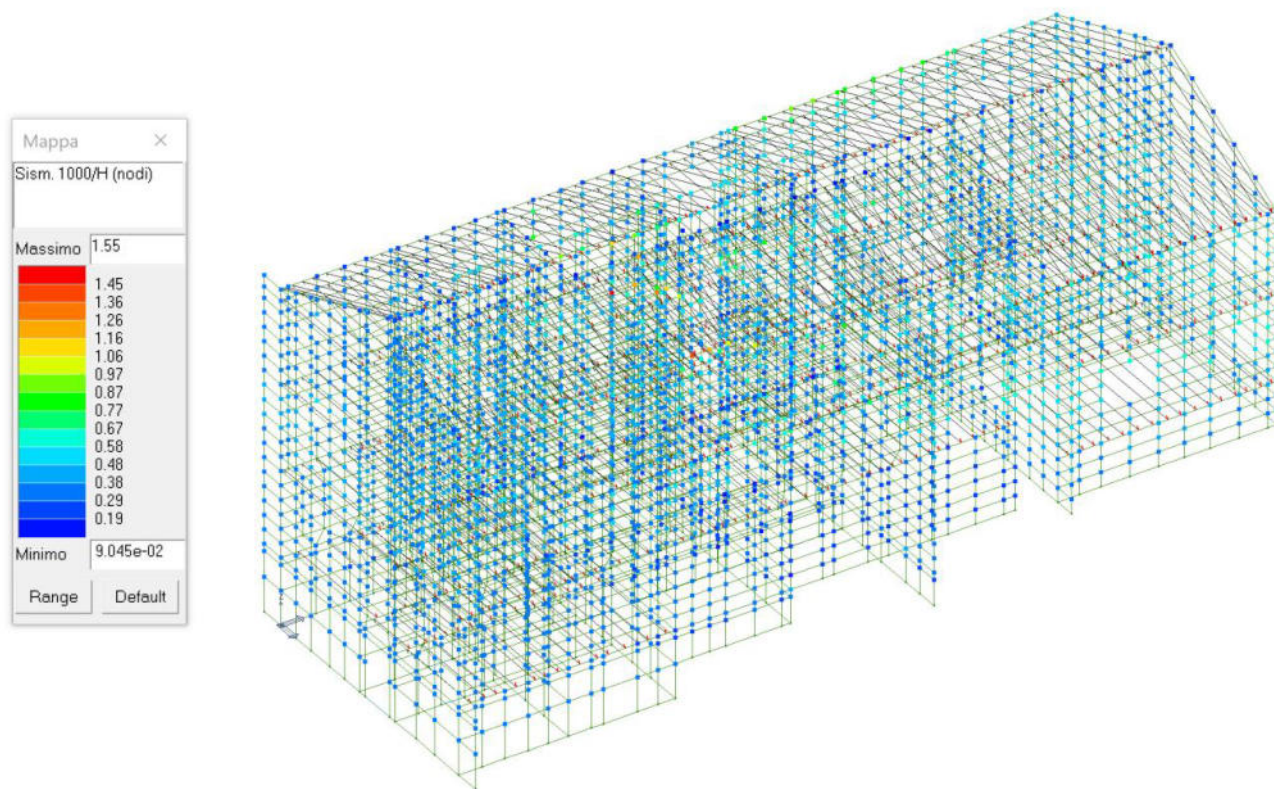


**Valori dello spostamento massimo di interpiano in direzione x allo SLD**

$$\delta_{\max-rel-x} = 0,30\% > 0,20\% \quad \text{spostamento di interpiano lungo x}$$

### 11.3.2 Spostamento di interpiano in direzione y

La verifica è soddisfatta in quanto lo spostamento massimo di interpiano in direzione y è minore dello 0,2%, così come è mostrato nella figura seguente:



**Valori dello spostamento massimo di interpiano in direzione y allo SLD**

$$\delta_{\max-rel-y} = 0,15\% < 0,2\% \quad \text{spostamento di interpiano lungo y}$$

## 11.4 STATO DI FATTO: Vulnerabilità globale – indici di rischio SLV

Sono stati considerati diversi meccanismi di collasso che interessano i vari elementi della struttura, di seguito riassunti.

### Verifiche in termini di resistenza SLV

Elementi in muratura:

- pressoflessione nel piano (N/Mp), fuori dal piano (N/Mo) e taglio (V) delle pareti.

### Verifica in termini di capacità limite del terreno di fondazione (SLV)

- stima della capacità limite del terreno di fondazione (portanza)

$$a_{g-SLV-fondazioni} = 0,548g > a_{g-SLV,rif} \quad T_{R-SLV-fondazioni} > 2475 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

### Verifica in termini di deformabilità SLD

- deformazione di interpiano.

I risultati ottenuti sono sinteticamente riassunti nella tabella di seguito riportata:

STATO DI FATTO									
SLV									
Muratura		valori da modello SLV		PGA - SLV		ag - SDF		TR - SLV	TR - SDF
Pareti	N/Mp	1,4		0,196		0,140		712	256
	V	3		0,196		0,065		712	35
	N/Mo	3		0,196		0,065		712	35
SLD									
		valori da modello SLD (%)		PGA - SLD	limite interpiano (%)	ag - SDF		TR - SLD	TR - SDF
Spostamento	x	0,3		0,090	0,2	0,060		75	30
	y	0,15		0,090	0,2	0,120		75	165

Dai valori ricavati si ottengono i seguenti indicatori di rischio:

INDICATORI DI RISCHIO - SDF					
<b>SLV</b>					
Muratura			alfa - SLV	beta - SLV	(beta - SLV)^0,41
Pareti	N/Mp		0,71	0,36	0,66
	V		0,33	0,05	0,29
	N/Mo		0,33	0,05	0,29
<b>SLD</b>					
			alfa - SLD	beta - SLD	(beta - SLD)^0,41
Spostamento	x		0,67	0,40	0,69
	y		1,33	2,20	1,38

Considerando il primo meccanismo che si attiva (ovvero quello caratterizzato dal valore più basso di accelerazione) si ottengono i seguenti valori:

L'indicatore di rischio calcolato in base al rapporto tra le accelerazioni vale:

$$a_{V-PGA} = \frac{a_{g-SLV}}{a_{g-SLV,rif}} = \frac{0,065}{0,196} = 0,33 \quad \text{taglio (e pressoflessione fuori dal piano) nelle pareti in muratura (SLV)}$$

$$a_{D-PGA} = \frac{a_{g-SLD}}{a_{g-SLD,rif}} = \frac{0,060}{0,090} = 0,67 \quad \text{deformazione di piano lungo x (SLD)}$$

**Allo stato di fatto, quindi si è stimato che la struttura non sia verificabile per valori di PGA superiori al 33% dell'azione di riferimento del sisma allo SLV.**

Come riportato nel capitolo 8.4.2 del DM 17/01/2018, per la combinazione sismica SLV, il valore di  $\zeta_E$  per la struttura allo stato di fatto vale:

$$\zeta_{E-sdf} = \alpha_{V-PGA} = 0,33$$

## **12. PROGETTO: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA**

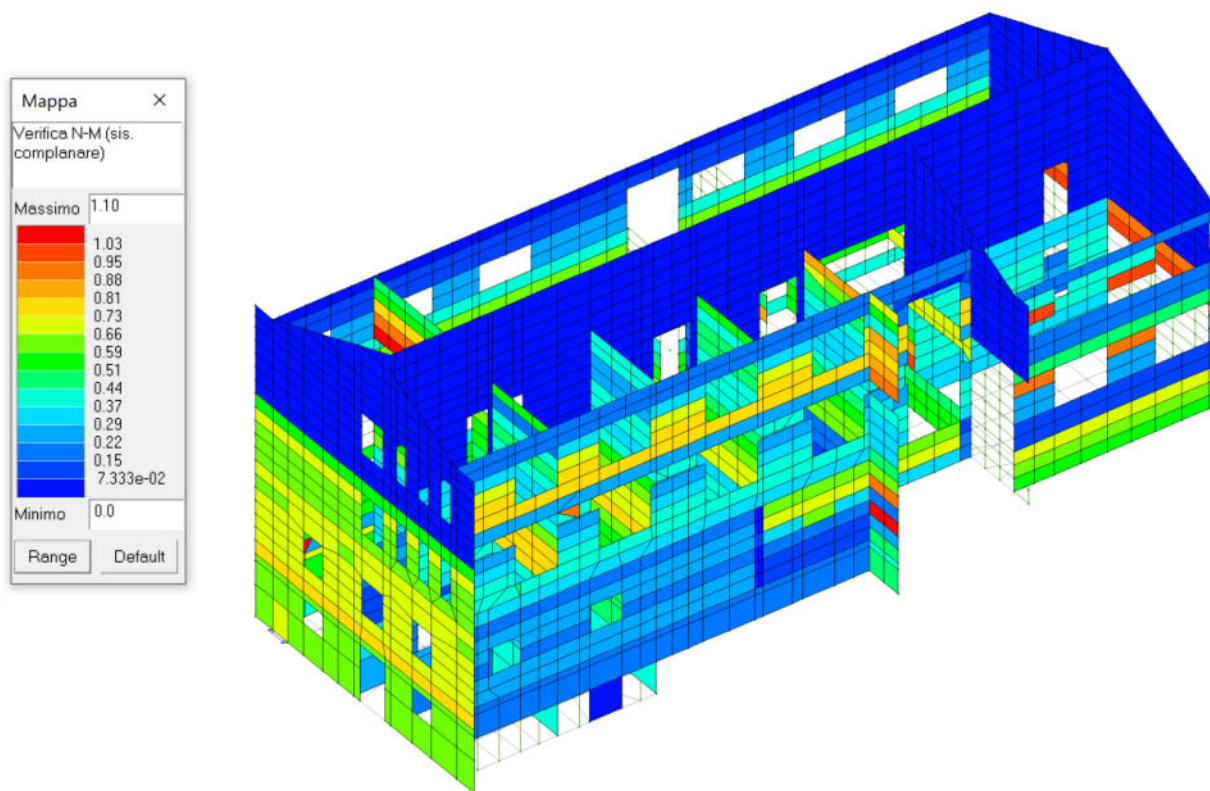
Il calcolo delle sollecitazioni derivanti dal sisma di riferimento effettivamente agenti sull'edificio a seguito della messa in opera degli interventi di miglioramento progettati e le verifiche di resistenza degli elementi strutturali esistenti, vengono svolti con riferimento ai carichi considerati in dettaglio nell'analisi sviluppata nei Capitoli 8 e 9.

Tramite l'analisi dinamica lineare sviluppata, si individuano gli elementi resistenti alle azioni orizzontali che non soddisfano i criteri di verifica allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Infine, si procede al controllo degli spostamenti della struttura in termini di spostamenti relativi di interpiano (SLD).



## 12.1 Pareti in muratura – verifica SLV

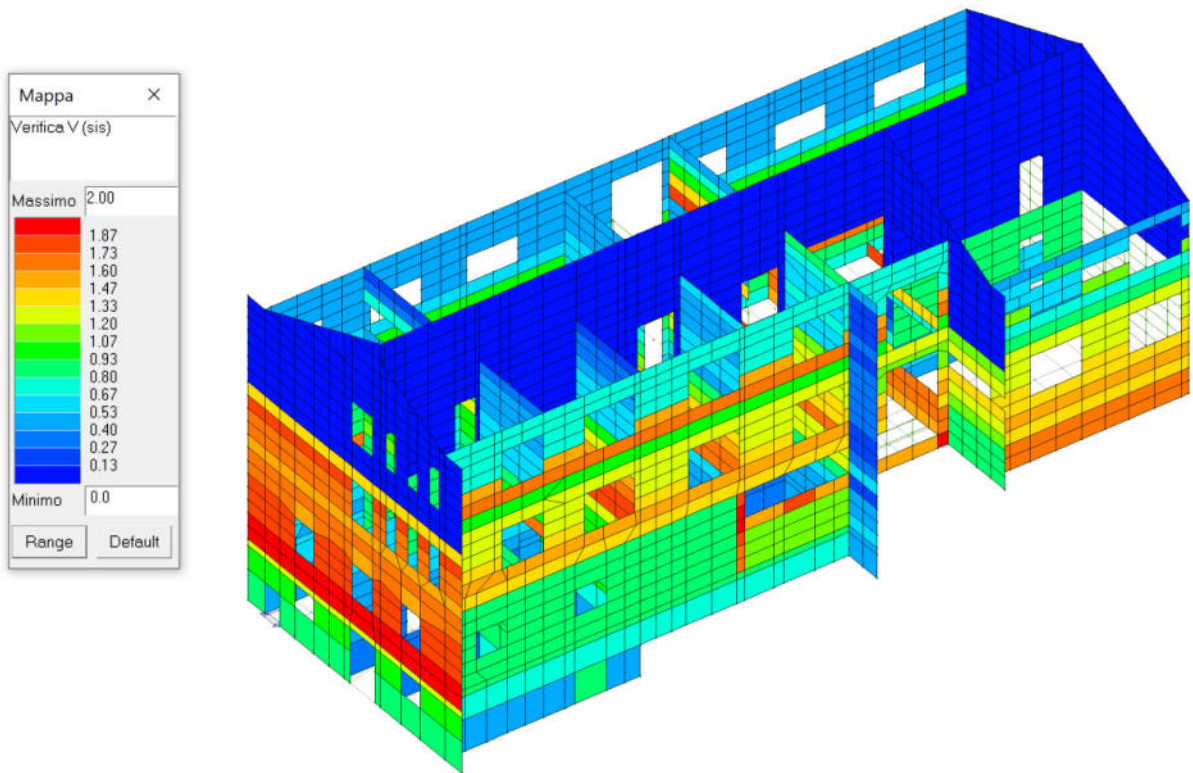
I valori delle verifiche SLV per le pareti in muratura dell'edificio a seguito della messa in opera dell'intervento progettato sono riportati sotto forma di mappe di colore, illustrate nelle seguenti figure:



**Verifica N/Mp**

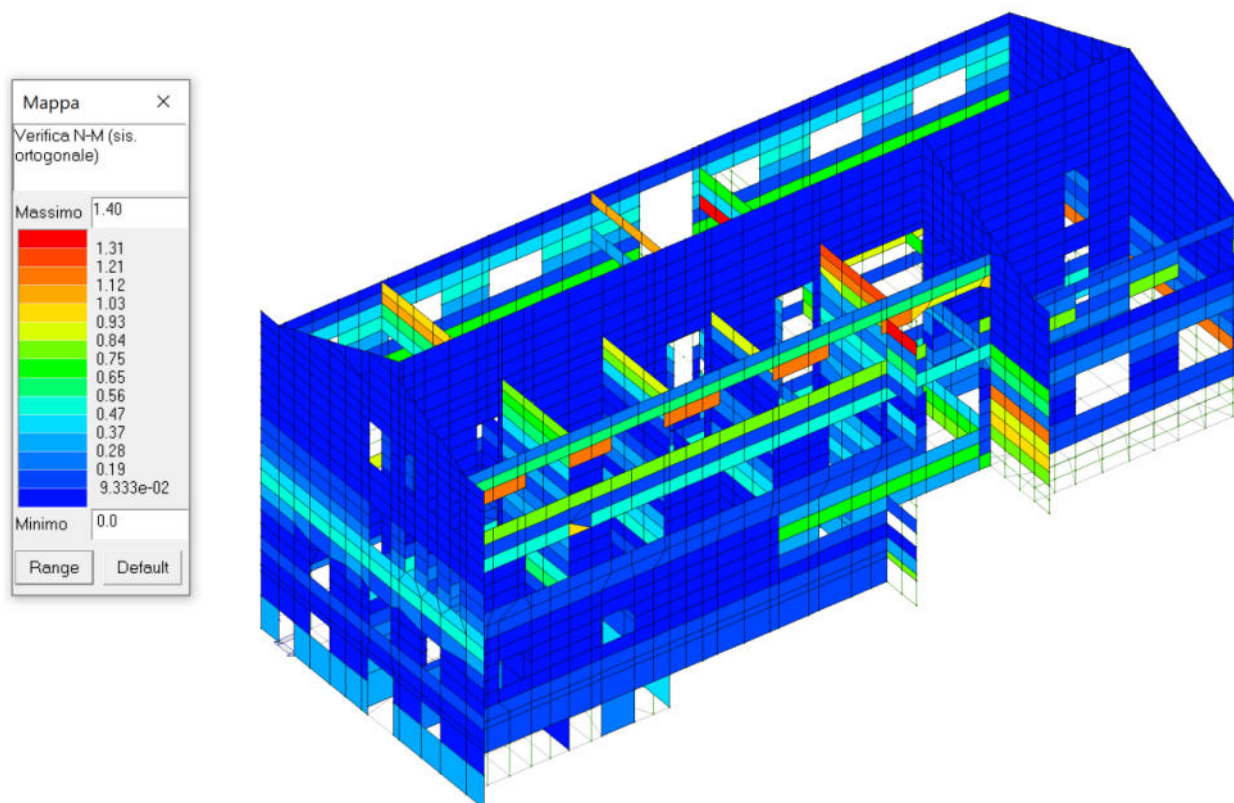
La verifica a pressoflessione nel piano (N/Mp) di alcune pareti ancora non è soddisfatta in quanto l'indice è maggiore di 1, ma è minore dell'indice ottenuto nell'edificio privo degli interventi proposti:

$$I(N/M_p)_{\max} = 1,1.$$



### Verifica V

La verifica a taglio (V) di alcune pareti ancora non è soddisfatta in quanto l'indice è maggiore di 1, ma è minore dell'indice ottenuto nell'edificio privo degli interventi proposti:  $I(V)_{\max} = 2,0$

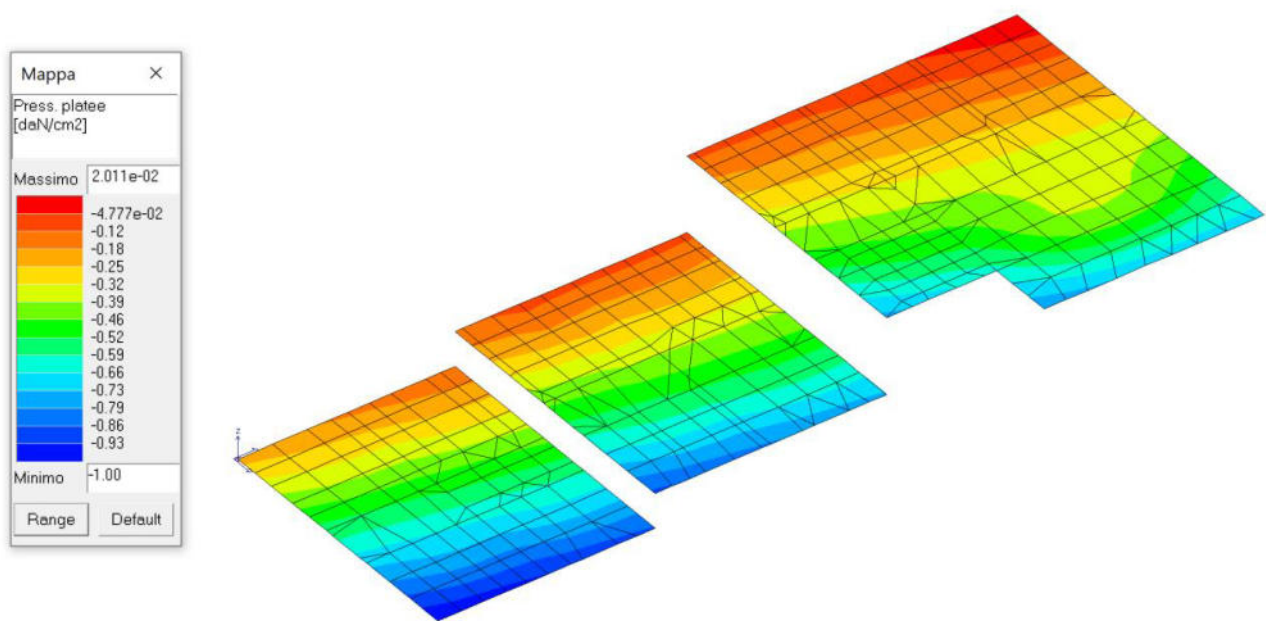


### Verifica N/Mo

La verifica a pressoflessione fuori dal piano (N/Mo) di alcune pareti ancora non è soddisfatta in quanto l'indice è maggiore di 1, ma è minore dell'indice ottenuto nell'edificio privo degli interventi proposti:  $I(N/M_o)_{\max} = 1,40$ .

## 12.2 Pressione di contatto fondazione/terreno – verifica SLV

Considerando che il valore massimo di pressione sul terreno (riportato per via grafica sotto forma di mappe di colore, illustrate nelle seguenti figure), per le fondazioni consolidate (realizzazione di platea in c.a. armata di collegamento tra le fondazioni esistenti) è pari a  $\sigma_{t/\max} = 1,0 \text{ daN} / \text{cm}^2$ , il coefficiente di sicurezza rispetto al valore ultimo di  $q_{Lim}$  vale:  $FS = \frac{q_{lim}}{\sigma_{t/\max}} = 6,04$ .



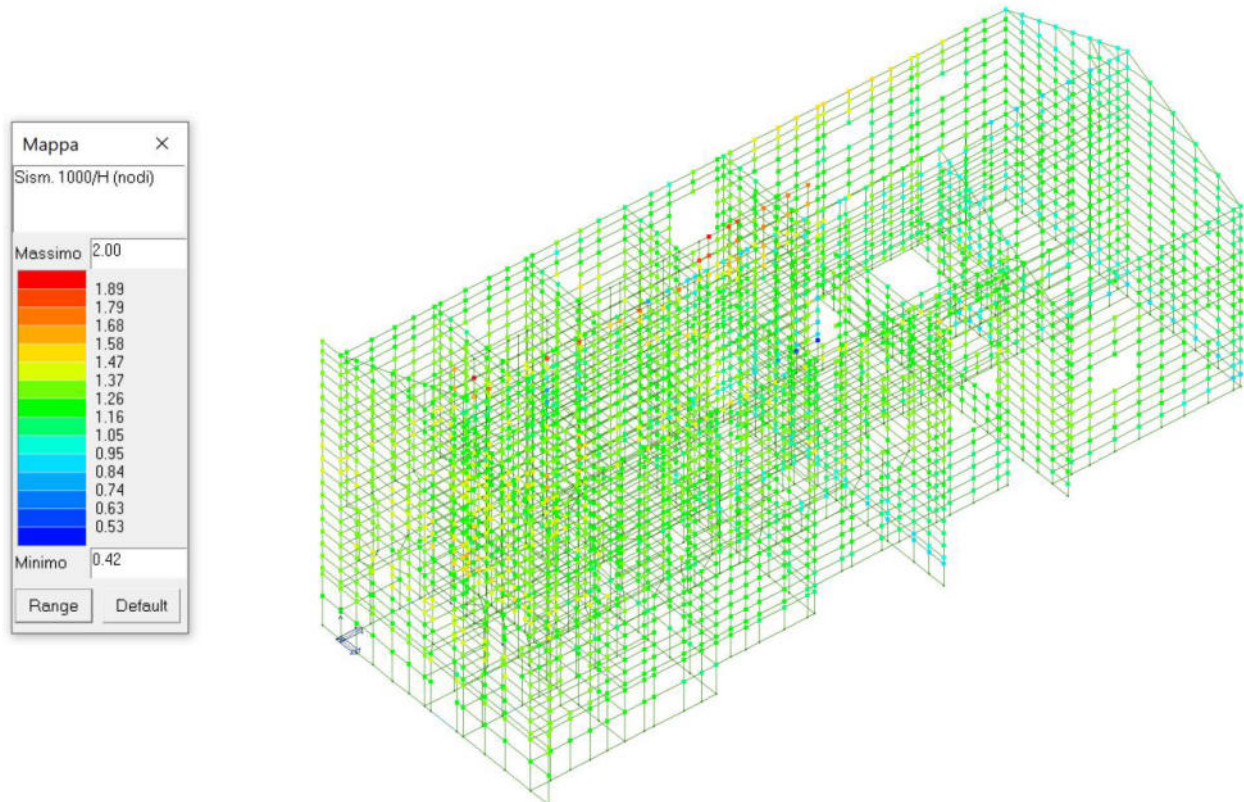
**Pressione massima di contatto fondazione/terreno –platea di fondazione di nuova realizzazione**



## 12.3 Verifiche di deformabilità SLD

### 12.3.1 Spostamento di interpiano in direzione x

La verifica è soddisfatta in quanto lo spostamento massimo di interpiano in direzione x è uguale allo 0,2%, così come è mostrato nella figura seguente:



**Valori dello spostamento massimo longitudinale di interpiano in direzione x allo SLD**

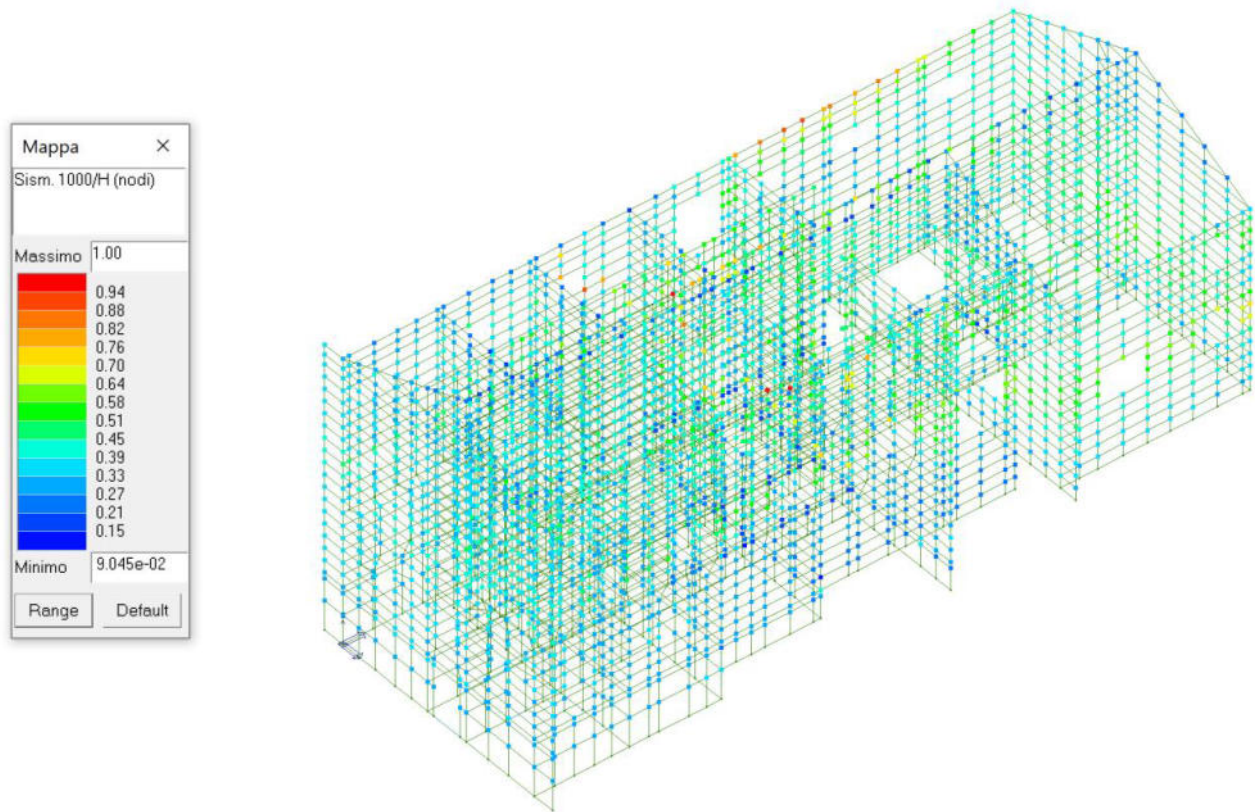
$$\delta_{\max-rel-x-migliorato} = 0,20\% = 0,2\% \quad \text{spostamento di interpiano lungo x}$$

Inoltre, il valore trovato a seguito del miglioramento è minore di quello ottenuto per la struttura allo stato di fatto  $\delta_{\max-rel-x-migliorato} = 0,20\% < 0,30\%$ .



### 12.3.2 Spostamento di interpiano in direzione y

La verifica è soddisfatta in quanto lo spostamento massimo di interpiano in direzione y è minore dello 0,2%, così come è mostrato nella figura seguente:



#### **Valori dello spostamento massimo longitudinale di interpiano in direzione y allo SLD**

$$\delta_{\max-rel-y-migliorato} = 0,10\% < 0,20\% \quad \text{spostamento di interpiano lungo y}$$

Inoltre, il valore trovato a seguito del miglioramento è minore di quello ottenuto per la struttura allo stato di fatto  $\delta_{\max-rel-y-migliorato} = 0,10\% < 0,15\%$ .

## 12.4 PROGETTO: Vulnerabilità globale – indici di rischio SLV

Sono stati considerati diversi meccanismi di collasso che interessano i vari elementi della struttura, di seguito riassunti.

### Verifiche in termini di resistenza SLV

Elementi in muratura:

- pressoflessione nel piano (N/Mp), fuori dal piano (N/Mo) e taglio (V) delle pareti.

### Verifica in termini di capacità limite del terreno di fondazione (SLV)

- stima della capacità limite del terreno di fondazione (portanza)

$$a_{g-SLV-fondazioni} = 1,17g > a_{g-SLV,rif} \quad T_{R-SLV-fondazioni} > 2475 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

### Verifica in termini di deformabilità SLD

- deformazione di interpiano.

I risultati ottenuti sono sinteticamente riassunti nella tabella di seguito riportata:

MIGLIORAMENTO							
<b>SLV</b>							
Muratura	valori da modello SLV			PGA - SLV	ag - MIGL	TR - SLV	TR - MIGL
Pareti	N/Mp	1,1		0,196	0,178	712	545
	V	2		0,196	0,098	712	97
	N/Mo	1,4		0,196	0,140	712	257
<b>SLD</b>							
	valori da modello SLD (%)			PGA - SLD	limite interpiano (%)	ag - MIGL	TR - SLD
Spostamento	x	0,2		0,090	0,2	0,090	75
	y	0,1		0,090	0,2	0,180	75
							565

Dai valori ricavati si ottengono i seguenti indicatori di rischio:

INDICATORI DI RISCHIO - MIGLIORAMENTO					
SLV					
Muratura		alfa - SLV		beta - SLV	
				(beta - SLV)^0,41	
Pareti	N/Mp	0,91	0,77	0,90	
	V	0,50	0,14	0,44	
	N/Mo	0,71	0,36	0,66	
SLD					
Spostamento		alfa - SLD		beta - SLD	
				(beta - SLD)^0,41	
	x	1,00	1,00	1,00	
	y	2.00	7.53	2.29	

Considerando il primo meccanismo che si attiva (ovvero quello caratterizzato dal valore più basso di accelerazione) si ottengono i seguenti valori:

L'indicatore di rischio calcolato in base al rapporto tra le accelerazioni vale:

$$a_{V-PGA} = \frac{a_{g-SLV}}{a_{g-SLV,rif}} = \frac{0,098}{0,196} = 0,50 \quad \text{taglio nelle pareti in muratura (SLV)}$$

$$a_{D-PGA} = \frac{a_{g-SLD}}{a_{g-SLD,rif}} = \frac{0,090}{0,090} = 1,0 \quad \text{deformazione di piano lungo x (SLD)}$$

**Dopo la messa in opera degli interventi di miglioramento, la struttura non è verificabile per valori di PGA superiori al 50% dell'azione di riferimento del sisma allo SLV.**

Come riportato nel capitolo 8.4.2 del DM 17/01/2018, per la combinazione sismica SLV, il valore di  $\zeta_E$  per la struttura a seguito dell'intervento di miglioramento vale:

$$\zeta_{E-migl} = \alpha_{V-PGA} = 0,50$$

## 13. CONCLUSIONI

### 13.1 Stato di fatto

Indice di rischio calcolato sul meccanismo che prima si attiva a livello di vulnerabilità globale della struttura, caratterizzato dal valore più basso di accelerazione, ottenuto sulla base del rapporto tra la accelerazione di attivazione del meccanismo e la accelerazione di riferimento allo SLV:

- crisi per rottura a taglio della muratura -  $\zeta_{E-sdf} = \alpha_{V-PGA} = 0,33$

(la resistenza a taglio delle murature della struttura è pari al 33% dell'azione di riferimento del sisma allo SLV)

### 13.2 Stato di Progetto

Indice di rischio calcolato sul meccanismo che prima si attiva a livello di vulnerabilità globale della struttura, caratterizzato dal valore più basso di accelerazione, ottenuto sulla base del rapporto tra la accelerazione di attivazione del meccanismo e la accelerazione di riferimento allo SLV:

- crisi per rottura a taglio della muratura a seguito degli interventi di miglioramento –

$$\zeta_{E-migl} = \alpha_{V-PGA} = 0,50$$

(il meccanismo di crisi per rottura a taglio delle murature della struttura si attiva per un valore di accelerazione pari al 50% dell'azione di riferimento del sisma allo SLV)

### 13.3 Osservazioni finali

Dalle analisi condotte si evince quanto segue:

	Percentuale di accelerazione di riferimento allo SLV (0,196g) che può tollerare la struttura prima di innescare il primo meccanismo di crisi - SDF	Percentuale di accelerazione di riferimento allo SLV (0,196g) che può tollerare la struttura prima di innescare il primo meccanismo di crisi - PROGETTO	Percentuale di miglioramento ottenuto
RSA	33%	50%	51%

Nel caso in esame l'incremento del valore di  $\zeta_E$  ( $\Delta\zeta_E$ ) ottenuto con il progetto di consolidamento statico e miglioramento sismico della struttura è maggiore di 0,1, così come prescritto per gli interventi di miglioramento al capitolo 8.4.2 per le strutture di classe III.

#### 8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\zeta_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1,0$ .

$$\Delta\zeta_E = \zeta_{E-migl} - \zeta_{E-sdf} = 0,5 - 0,33 = 0,17 > 0,1$$