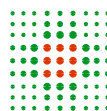


SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Ferrara



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Ospedaliero-Universitaria di Ferrara



SERVIZIO COMUNE TECNICO PATRIMONIALE
AZIENDA USL FERRARA
Via Cassoli 30
44100 Ferrara - tel. 0532 235800

FIRMA / VERIFICA / VALIDAZIONE

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Arch. Giovanni Peressotti

COMMITTENZA

AZIENDA USL FERRARA

DIRETTORE GENERALE
Dott.ssa Monica Calamai

DIRETTORE SANITARIO
Dott. Emanuele Ciotti

DIRETTORE AMMINISTRATIVO
Dott.ssa Anna Gualandi

INTERVENTO

F 06 18

**DISTRETTO OVEST - OSPEDALE "SS. ANNUNZIATA" DI CENTO
RAFFORZAMENTO LOCALE - CORPO F**

PROGETTAZIONE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Ing. Carlo Monzani
Arch. Stefano Quarenghi
Collaboratori:
Ing. Francesca Bianconi
Ing. Andrea Del Furia



STUDIO LENZI & ASSOCIATI
INGEGNERIA E ARCHITETTURA
VIA RIVA RENO 63 B O L O G N A info@studio-lenzi.it
051 229118 - 224455 - 222935 www.studiolenziassociati.it

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Ing. Daniele Biondi
Ing. Nicola Cocca - collaboratore

PROGETTAZIONE IMP. MECCANICO

Ing. Ilir Shehu



TEKIS
DESIGNING FOR SKIN
PROGETTAZIONE INTEGRATA IMPRINTA TECHNOLOGY

STUDIO TEKIS

PROGETTAZIONE IMP. ELETTRICO

P.I. Loris Amaduzzi
Massimo Santucci



STUDIO AZ
s.r.l.

AZ PROGETTI

LIVELLO PROGETTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

CODICE IMMOBILE

D P 1 P 0 3

N. TAV.

P D

S T

R 0 1

SCALA

DATA

2 dicembre 2022

FILE NAME

frontespizi_relazioni.dwg

3				rev. 1
2				
1				
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAITTO	REVISIONE

I. PREMESSA

Formano l'oggetto della presente relazione tecnico illustrativa i principali calcoli e le principali valutazioni sviluppate dallo scrivente al fine di dimensionare gli interventi oggetto del presente studio di fattibilità.

Al fine di rendere più agevole la lettura, giova anticipare sin d'ora che la relazione è così articolata:

- 1- Nella PARTE PRIMA:
 - i- si richiamano i contenuti della richiesta di integrazioni di cui alla nota n. 0061494 che la "Commissione congiunta per l'esame preventivo dei progetti" ha trasmesso all'Azienda U.S.L. di Ferrara in data 06.11.2018;
 - ii- si anticipano i contenuti delle integrazioni, dei completamenti e dei chiarimenti forniti in questa sede.
- 2- Nella PARTE SECONDA:
 - iii - si richiamano gli esiti delle parti di interesse delle verifiche tecniche di vulnerabilità già da tempo sviluppate dallo scrivente per conto dell'Azienda U.S.L. di Ferrara;
 - iv- si pongono in rilievo le più gravi carenze riscontrate in quella sede.
- 3- Nella PARTE TERZA si illustrano nel dettaglio gli interventi di rinforzo previsti per il CORPO F.
- 4- Nella PARTE QUARTA, infine, si mostrano:
 - a- **gli effetti prodotti dagli interventi di rinforzo previsti per il CORPO F sul livello di sicurezza dell'UNITA' STRUTTURALE 1;**
 - b- **gli effetti prodotti sul livello di sicurezza dell'UNITA' STRUTTURALE 1 nel caso in cui, oltre agli interventi di cui alla precedente lettera a-, si operi anche la sostituzione della copertura del CORPO D.**

PARTE PRIMA GENERALITA' E PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

1. La richiesta di integrazioni al progetto (rif. protocollo generale 0061494 Regione Emilia Romagna – Commissione congiunta per l'esame preventivo dei progetti relativi agli edifici sottoposti alla tutela del DLGS 42/2004 e smi del 6.11.2018)

Con riferimento al progetto di fattibilità tecnica ed economica in oggetto, nella nota citata testualmente si legge:

“Esaminata la documentazione relativa al progetto di fattibilità tecnica ed economica dell’immobile in oggetto, alla luce di quanto emerso durante la discussione nella seduta di Commissione Congiunta per l’esame dei progetti degli edifici sottoposti alla tutela del D.Lgs. n. 42/2004 e s.m.i. riunitasi in data 03.10.2018, con riferimento alle istruzioni contenute nell’Allegato E (“Regolamento”) all’ordinanza del Commissario delegato n. 11/2018, si richiedono

integrazioni

Aspetti relativi alla tutela

- a) *si chiede di privilegiare capichiavi a paletto di tipo tradizionale e di evitare capichiavi doppi*
- b) *ai fini di una valutazione sulla corretta disposizione dei capichave in facciata e sulla loro incidenza visiva, si chiede di fornire i prospetti dello stato di progetto.*

Aspetti relativi all’autorizzazione sismica

- 1) *si ribadisce quanto espresso nel precedente parere, emesso con nota prot. PG/2017/0546178 del 25/07/2017, in merito alla necessità di migliorare il rilievo geometrico, strutturale e fotografico poiché risulta attualmente di difficile comprensione lo stato di fatto strutturale ed architettonico generale. In particolare, resta disattesa la richiesta di migliorare la restituzione grafica dello stato di fatto della copertura (rappresentata unicamente in pianta, schema statico non chiaro, specie in corrispondenza dell’incrocio col corpo D), si ravvisa inoltre l’assenza di documentazione fotografica d’insieme, la mancanza di rappresentazione dei prospetti e la presenza di un numero insufficiente di sezioni significative;*
- 2) *non risulta conforme alla normativa il conseguimento del livello di sicurezza valutato su una “sottounità convenzionale” dell’unica unità strutturale presente; in particolare appare inusuale la scelta di rinnovare solo la copertura del Corpo F e la porzione di testata del Corpo D;*
- 3) *con riferimento al livello di sicurezza che si dichiara di raggiungere allo stato di progetto, si rilevano apparenti incongruenze in merito alla geometria del modello di calcolo finora implementato, alle resistenze dei materiali utilizzate per le verifiche numeriche (seppur a livello preliminare le stesse appaiono incongruenti col livello di conoscenza LCI dichiarato), e alla realizzabilità dell’intervento di posa di intonaco armato sulla parete di confine col corpo 2, in quanto la resistenza della parete in questione allo stato di progetto determina la resistenza globale;*

- 4) *il rilievo e lo stato di progetto, nell'ambito del miglioramento sismico di cui trattasi, appaiono carenti nel descrivere quanto segue:*
- *funzione e quota delle catene longitudinali previste sui solai del piano primo;*
 - *opportunità o meno di dotare di architravi resistenti a trazione le aperture interne, qualora non già presenti;*
 - *funzione delle travi di collegamento (cfr. lavorazioni con tratteggio blu tav. s07);*
- 5) *si rilevano incoerenze sostanziali tra lo stato di progetto architettonico e strutturale in merito alla effettiva estensione degli interventi in copertura (vedi sezione AA tav. A05) e della nuova muratura portante al secondo piano (vedi tav. A04 e S07);*
- 6) *ai fini di garantire la completezza della documentazione di indagine prodotta, si chiede di fornire gli allegati citati nell'indice delle indagini sulle strutture (SR2) ed, in particolare, lo "schema ubicazione indagini" per avere il necessario riscontro in merito alla localizzazione dei punti di indagine.*

Aspetti relativi alla finanziabilità

La proposta di ripartizione delle opere fra finanziamento e cofinanziamento risulta coerente con le indicazioni dei precedenti pareri, con i quali la scrivente Commissione ha espresso il proprio assenso al rifacimento della copertura, con alleggerimento del carico sulle strutture sottostanti.

Al fine di definire quanto più compiutamente la perimetrazione delle opere finanziabili, si richiede di relazionare sui seguenti aspetti:

- i. quali impianti del secondo piano dovranno essere necessariamente rimossi e ripristinati in conseguenza della demolizione della copertura e del solaio di controsoffitto;*
- ii. l'impossibilità di mantenere in opera le murature portanti e divisorie del secondo piano con la demolizione della copertura e del controsoffitto.*

2. Le integrazioni apportate al progetto: anticipazioni

2.1. Premessa

Di seguito si espongono, necessariamente in maniera sintetica, le precisazioni, le modifiche ed i completamenti apportati al progetto in questione al fine di rispondere alla richiesta di integrazioni i cui contenuti sono stati riassunti al precedente § 1.

Verranno di seguito trattate le integrazioni riferite agli aspetti relativi alla tutela ed agli aspetti relativi all'autorizzazione sismica; in altra sede si trattano gli aspetti relativi alla finanziabilità.

2.2. Aspetti relativi alla tutela

Con riferimento all'oggetto si fa notare che tutti i capichiave in vista sui prospetti sono del tipo a paletto e non sono previsti capichiave doppi; al riguardo si confrontino gli elaborati:

- INTERVENTI: CATENE A INTRADOSSO DEI PIANI PRIMO E SECONDO – POSIZIONE IN PIANTA E PARTICOLARI,
- INTERVENTI: CATENE A INTRADOSSO DEI PIANI PRIMO E SECONDO – PROSPETTI.

2.3. Aspetti relativi all'autorizzazione sismica

2.3.1. Punto 1) della richiesta di integrazioni

Come si può evincere dall'esame degli elaborati grafici del progetto delle strutture, il rilievo geometrico e strutturale della copertura è stato ulteriormente approfondito, così come richiesto; ulteriori utili indicazioni possono essere reperite nell'elaborato INTERVENTI SULLE STRUTTURE – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.

Analogamente, sono stati rappresentati i prospetti ed è stato aumentato il numero delle sezioni verticali; infine, per quanto riguarda la documentazione fotografica generale si rimanda agli elaborati del progetto architettonico generale.

2.3.2. Punto 2) della richiesta di integrazioni

In merito alla scelta dell'unità strutturale ed alla scelta progettuale di rinnovare solo la copertura del Corpo F (e la porzione di testata del Corpo D) si rimanda alla PARTE SECONDA (§§ 3 e 4) e alla PARTE TERZA (§§ 2.3.1. e 2.3.2.) della presente relazione.

Per chiarezza di esposizione e comodità di lettura si riportano comunque di seguito alcune considerazioni di carattere generale.

Si ricordi in primo luogo che l'insieme delle costruzioni che compongono il complesso ospedaliero in oggetto è raffigurato nella seguente fig. 2.1.



fig. 2.1.

Ciò premesso, dall'estratto della "Relazione Tecnica" prodotta dallo scrivente ing. Daniele Biondi e dall'ing. Gilberto Dallavalle all'atto della esecuzione delle "VERIFICHE TECNICHE DELL'OSPEDALE "SS.MA ANNUNZIATA" IN VIA VICINI N. 2 – CENTO (FE), estratto allegato alle pagine seguenti, si può dedurre:

- la suddivisione del complesso nelle diverse unità strutturali (e la numerazione convenzionale adottata per queste ultime);
- le caratteristiche generali delle strutture delle unità strutturali dianzi richiamate;
- le caratteristiche generali dei modelli numerici utilizzati per lo studio dei livelli di sicurezza delle unità strutturali;
- i livelli di conoscenza adottati per l'esecuzione delle verifiche ed, infine, la normativa tecnica di riferimento.

Infine, per completare il quadro d'insieme, le figure allegate di seguito rappresentano, rispettivamente:

- la fig. 2.2: le unità 1 e 2 (l'unità 2, realizzata con struttura intelaiata in calcestruzzo, è costruita in aderenza all'unità 1),
- la fig. 2.3: la denominazione convenzionale dei corpi che compongono l'unità strutturale 1 di cui alla figura precedente).

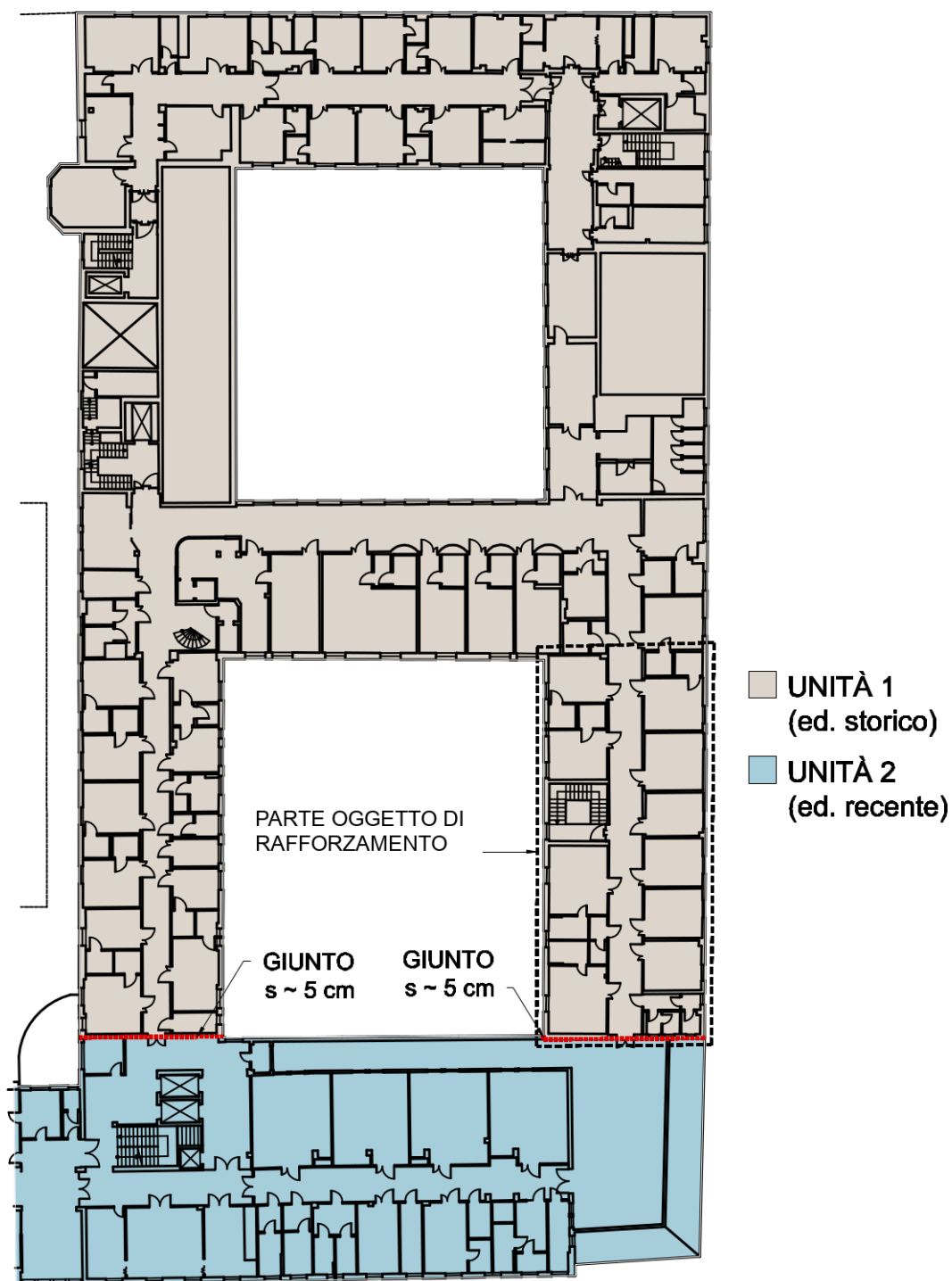


fig. 2.2.

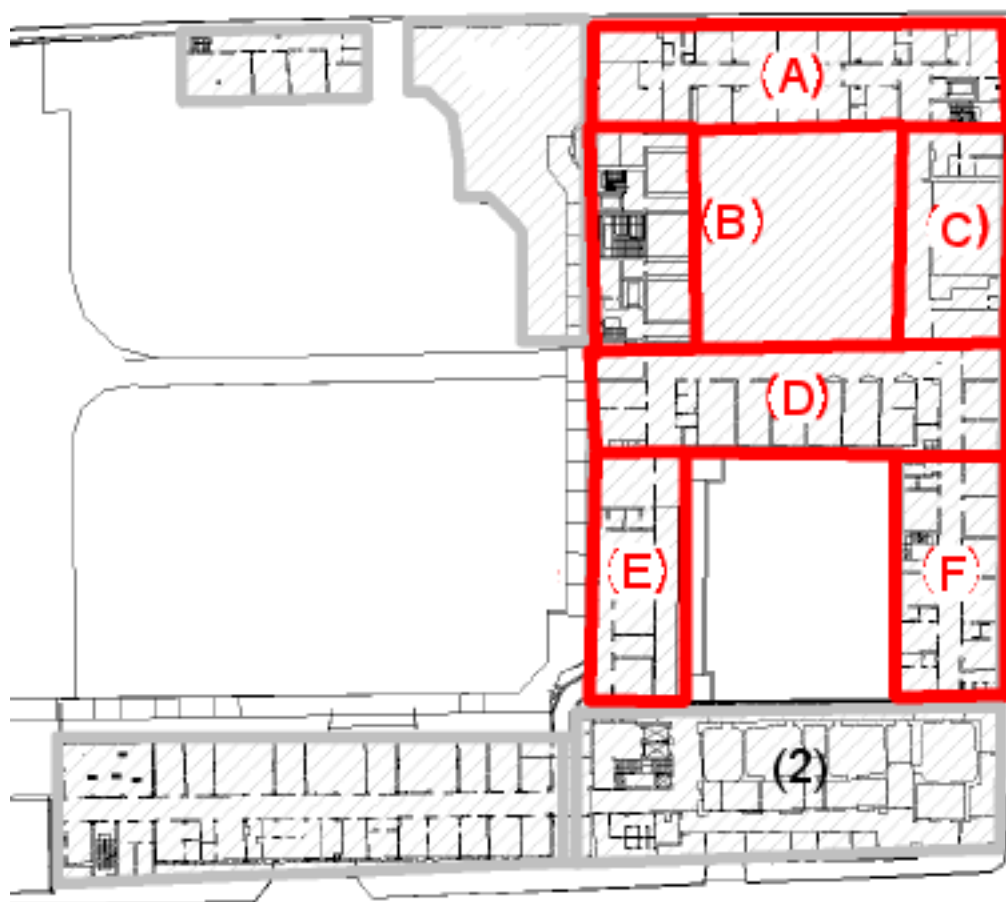


fig. 2.3.

2.3.3. Punto 3) della richiesta di integrazioni

Per quanto attiene le apparenti incongruenze della geometria del modello di calcolo si rimanda alle parti seguenti della relazione.

Per ciò che riguarda le caratteristiche dei materiali utilizzate per l'esecuzione delle verifiche, esse risultano congruenti con il livello di conoscenza LC1 dichiarato, come chiarito nella PARTE TERZA della presente relazione.

Infine, tenuto conto della circostanza che le unità strutturali 1 e 2 sono fra loro separate da un giunto "di costruzione", l'intervento di posa di intonaco armato sulla parete di confine del corpo 2 è fattibile.

2.3.4. Punto 4) della richiesta di integrazioni

Per quanto riguarda la funzione delle catene si rimanda alla PARTE TERZA della presente relazione; per quanto riguarda la posizione delle catene, queste sono poste ad intradosso solaio in entrambe le direzioni.

All'atto della messa a punto dei successivi sviluppi della progettazione gli architravi resistenti a trazione, laddove assenti, verranno previsti (si confronti l'elaborato S04: "INTERVENTI SU PARETI E SOLAI").

La funzione delle travi di collegamento è chiarita nella PARTE TERZA della presente relazione.

2.3.5. Punto 5) della richiesta di integrazioni

Le incongruenze, dovute prevalentemente ad una rappresentazione grafica non sufficientemente chiara, sono state eliminate.

2.3.6. Punto 6) della richiesta di integrazioni

Lo "schema ubicazione indagini" è riportato nella PARTE A dell'elaborato SR2 "INTERVENTI SULLE STRUTTURE – RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA – Indagini e prove sperimentali sui materiali".

dott.ing. Daniele Biondi – dott. ing. Gilberto Dallavalle
Piazza di Porta Maggiore, 5 - 40137 Bologna
tel. 051 399542 fax 051 399512 e.mail: ceccoliassociati@ceccoliassociati.it

VERIFICHE TECNICHE DELL' OSPEDALE "SS.MA ANNUNZIATA" - VIA VICINI N. 2 –CENTO (FE)
RELAZIONE TECNICA (ESTRATTO N.1)

1. PREMESSA

Formano oggetto della presente relazione tecnica i principali calcoli svolti per:

- le verifiche tecniche dei livelli di sicurezza strutturale dell'Ospedale “Santissima Annunziata” di Cento (Ferrara), al fine di stabilire il comportamento dinamico della struttura al passaggio del sisma, e individuarne le vulnerabilità, che operativamente saranno espresse in termini di accelerazioni o periodi di ritorno a correlati a determinati e specifici stati limite di verifica.
- l’indicazione di massima degli interventi di consolidamento necessari al miglioramento della risposta strutturale, qualora si evidenziasse la loro necessità di realizzazione.

I risultati delle analisi svolte evidenziano, in alcuni casi, la necessità di un miglioramento della risposta sismica di alcuni corpi di cui è composto il complesso ospedaliero, intendendo con esso l’esecuzione di un insieme di opere ed interventi sufficienti a far conseguire ad ogni edificio un maggior grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

Il Complesso Ospedaliero “SS.ma Annunziata” è situato nel Comune di Cento, per cui, secondo la classificazione sismica allegata all’Ordinanza PCM n 3274 del 20/03/03 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” il Comune è situato in zona 3.



Fig. 1: vista aerea

Sulla base dei sopralluoghi condotti e della campagna di indagini distruttive e non distruttive effettuata, è stata identificata una differente suddivisione dei corpi rispetto a quanto indicato nella "Relazione

Metodologica". Di seguito si riportano le due planimetrie con la diversa identificazione dei corpi distinti del complesso ospedaliero:

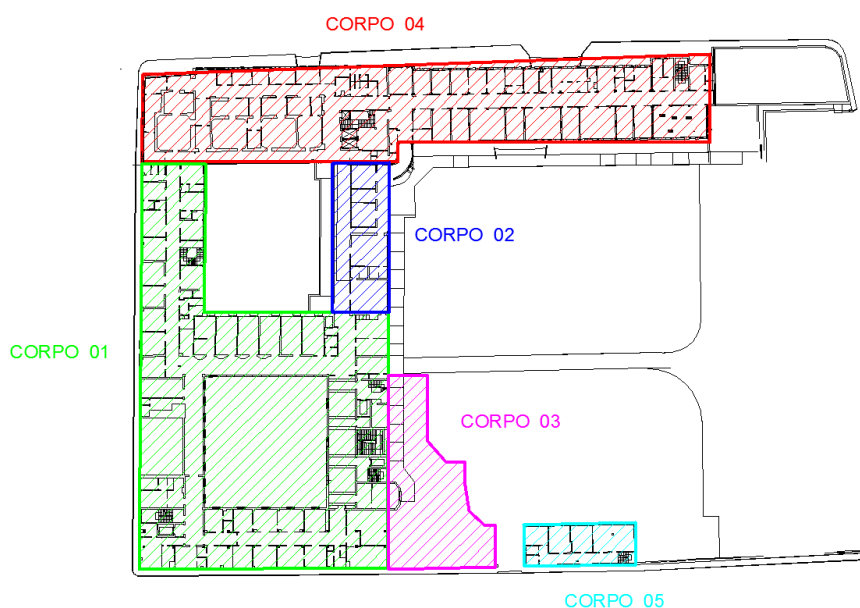


Fig. 2: planimetria dell'area e suddivisione dei corpi del complesso ospedaliero, ipotizzata prima dei sopralluoghi e riportata nella "Relazione Metodologica"

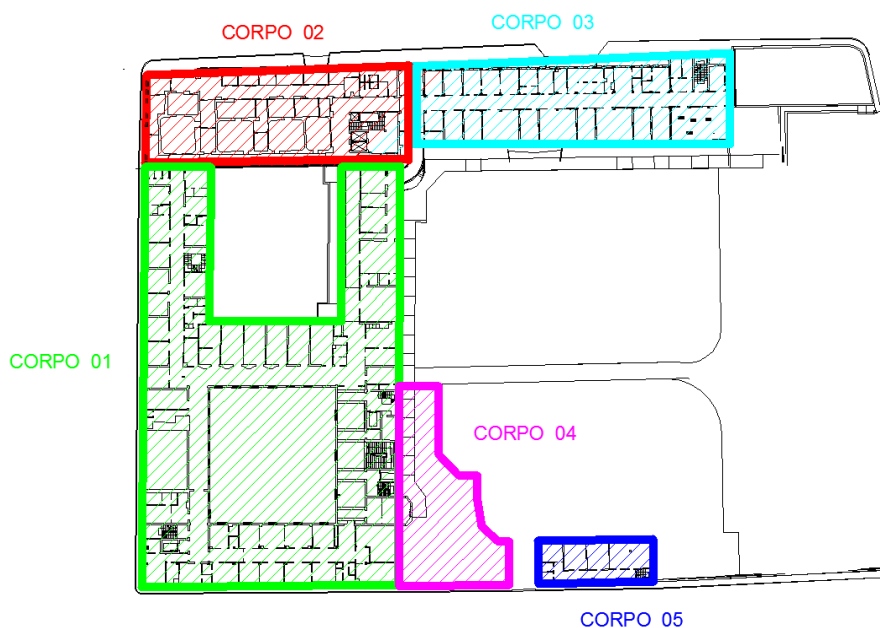


Fig. 3: planimetria dell'area e suddivisione dei corpi del complesso ospedaliero, a seguito dei sopralluoghi e oggetto delle presenti verifiche tecniche

La valutazione della sicurezza dell'Ospedale nei confronti dei carichi sismici è condotta sulla base delle prescrizioni fornite dal D.M 14/01/2008, dalla Circolare Ministeriale di applicazione del D.M 14/01/2008 n. 617 del 02/02/2009 e dalla OPCM 3274 in merito al caso di edifici esistenti in c.c.a. e in muratura. La valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi per tali edifici 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.

Sulla base della documentazione in possesso della Committenza in merito al progetto delle strutture dei vari corpi del complesso, in accordo con la Committenza, si è considerato un unico Livello di Conoscenza per tutti i corpi di cui è composto l'intero Ospedale (si veda in merito il capitolo successivo).

La geometria della struttura e i dettagli strutturali sono noti in base al rilievo architettonico e alla documentazione tecnica messa a disposizione della committenza e al rilievo strutturale effettuato in situ. Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono stati ottenuti mediante verifiche in situ ad opera di Laboratorio di Prova Specializzato, certificato RINA ISO9001-ISO14001 (TECNO IN s.p.a. di Napoli).

Oltre alle verifiche previste dal D.M. 14/01/2008 per le costruzioni in generale, sulla base dell'aspettativa di prestazioni che la comunità ha nei confronti degli ospedali, per questi ultimi sembra opportuno rispettare anche le seguenti indicazioni:

- valutare se l'ospedale rientra nel campo di applicazione delle "Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali in Italia" del Ministero della Salute (2000), ovvero è per acuti e sorge in zona sismica 1, 2 o 3;
- individuare le parti dell'ospedale che ospitano i servizi essenziali (selezionati seguendo le indicazioni delle cit. Raccomandazioni);
- per le zone che ospitano i servizi essenziali verificare il soddisfacimento delle prestazioni, per i corrispondenti periodi di ritorno, suggeriti dalle cit. Raccomandazioni e di seguito riportati:
- la funzionalità dei servizi essenziali dell'ospedale per un sisma la cui intensità ha probabilità di superamento relativamente elevata (10% in 50 anni);
- l'assenza di crolli di importanti parti strutturali (non collasso) per un sisma la cui intensità ha probabilità di superamento molto bassa (2% in 50 anni).

Il precedente requisito di funzionalità si può far corrispondere allo SLO del D.M. 14/01/2008, il secondo requisito si può far corrispondere a SLC delle D.M. 14/01/2008.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLV o SLC; nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLO o SLD i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente. Le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

2. DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE E LIVELLI DI CONOSCENZA

2.1 Documentazione esaminata

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

Progetto architettonico esecutivo nell'ambito di "intervento n. 50 dell'accordo di programma 1° lotto funzionale schema direttore Ospedale di Cento, ristrutturazione geriatria (ex Villa Verde), recante data dicembre 1999, effettuato dal Dipartimento DAPT dell'Università di Bologna:

- 1-OC-E001/1-3: Prospetto Nord-Est / Sud-Ovest / Nord-Ovest
- 1-OC-E002/1-3: Sezioni A-A / B-B / C-C
- 1-OC-E003/1-3: Sezioni D-D / E-E

Progetto architettonico esecutivo del Nucleo Servizi dell'Ospedale di Cento, recante data gennaio 2002, effettuato dal Dipartimento DAPT dell'Università di Bologna:

- 2-OC-E001/2-3: Prospetti
- 2-OC-E002/2-3: Sezioni
- 1-OC-E003/1-3: Sezioni D-D / E-E

Rilievo architettonico dello stato di fatto dell'Ospedale nell'ambito del progetto di "adeguamento e modifica dello schema direttore del presidio ospedaliero", recante data gennaio 2000 e aggiornamento aprile 2010, effettuato dal Dipartimento DAPT dell'Università di Bologna:

- 2-VF-D002/1-3: Pianta piano terra (pratica per esame progetto VV.F.)
- X-OC-D010/2-1: Pianta piano primo
- Pianta piano secondo
- X-OC-E001/2-1: Prospetti C-C / D-D
- X-OC-E002/2-1: Prospetti A-A / B-B
- X-OC-E003/2-1: Prospetti E-E / F-F / G-G
- X-OC-E004/2-1: Sezioni H-H / I-I

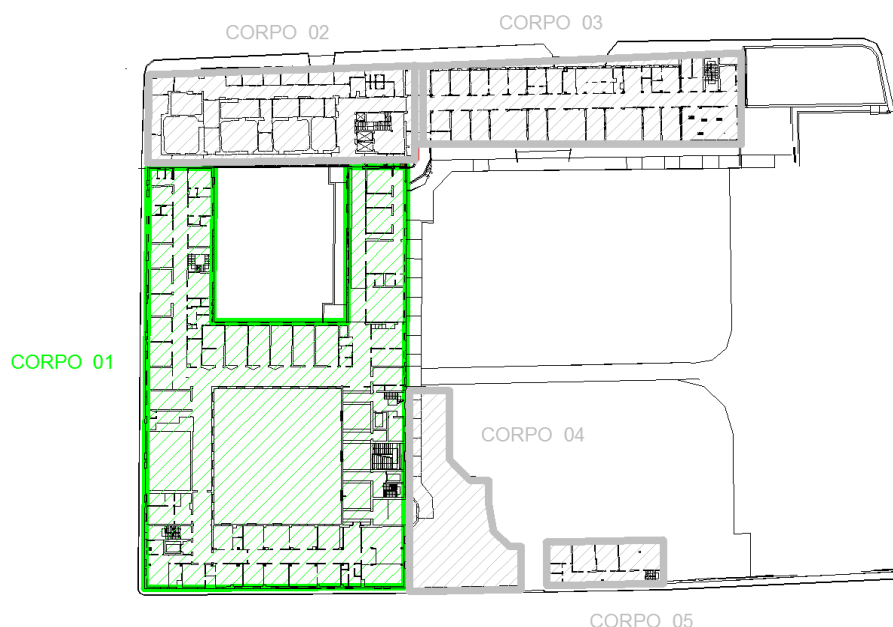
Relazione geologico - geotecnica in merito agli interventi di ristrutturazione di cui allo schema direttore dell'Ospedale di Cento (realizzazione camera mortuaria e corpo degenze), recante data 20/11/1999, a firma prof. ing. Gianfranco Marchi.

2.2 Le tipologie strutturali

A seguito dell'esame della documentazione disponibile, dei sopralluoghi volti alla conoscenza della struttura, si è individuata la tipologia strutturale dei corpi del Complesso Ospedaliero oggetto delle verifiche tecniche.

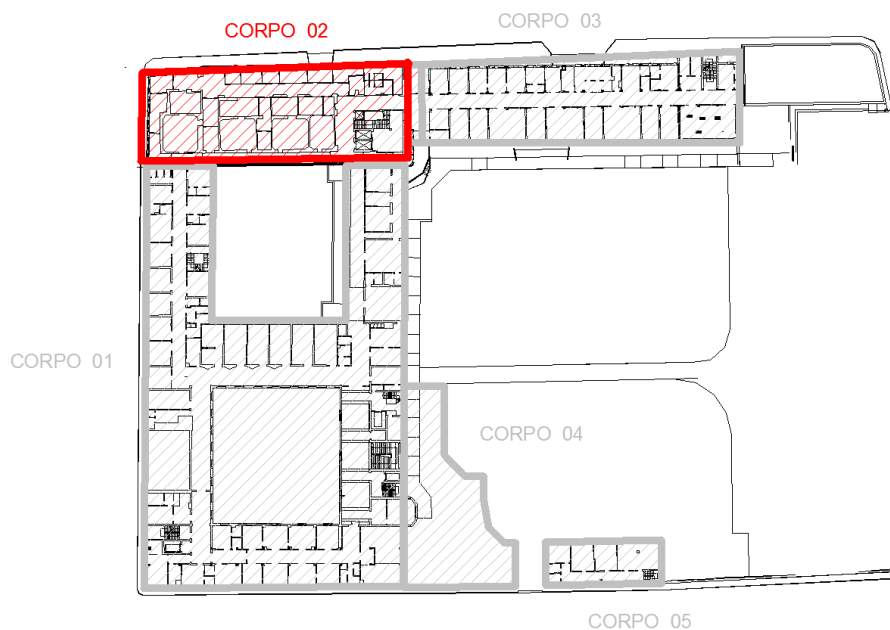
Il Complesso Ospedaliero è costituito da diversi fabbricati, di seguito elencati:

1. Corpo 01: fabbricato storico monumentale con un fronte principale di estensione pari a circa 75m e laterale di circa 45m, caratterizzato da una corte interna, costituito da un piano terra, un piano primo, piano secondo, sottotetto e copertura. La struttura portante è mista a pareti in muratura ed elementi (travi e pilastri) in c.a. e acciaio (pilastri). La concezione strutturale è probabilmente basata sull'affidamento delle azioni orizzontali alle pareti portanti perimetrali ed interne in muratura, e sull'affidamento delle azioni verticali a pilastri interni, che possono essere identificati come elementi secondari (non resistenti alle azioni orizzontali). Di seguito si riporta la planimetria del Corpo 01.



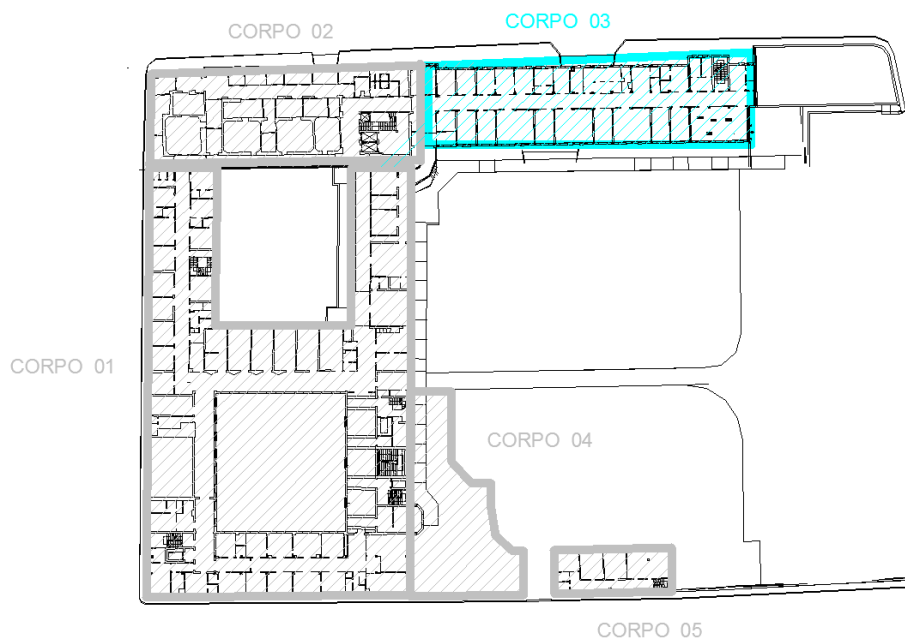
Corpo 01: indicazione planimetrica

2. Corpo 02, realizzato negli anni '70, con pianta iscrivibile in un rettangolo di dimensioni pari a circa 50mx18m, costituito da un piano terra, un piano primo, un piano secondo, sottotetto e copertura. La struttura portante è mista a telaio in c.a. e vano ascensore in muratura. Di seguito si riporta la planimetria del Corpo 02.



Corpo 02: indicazione planimetrica

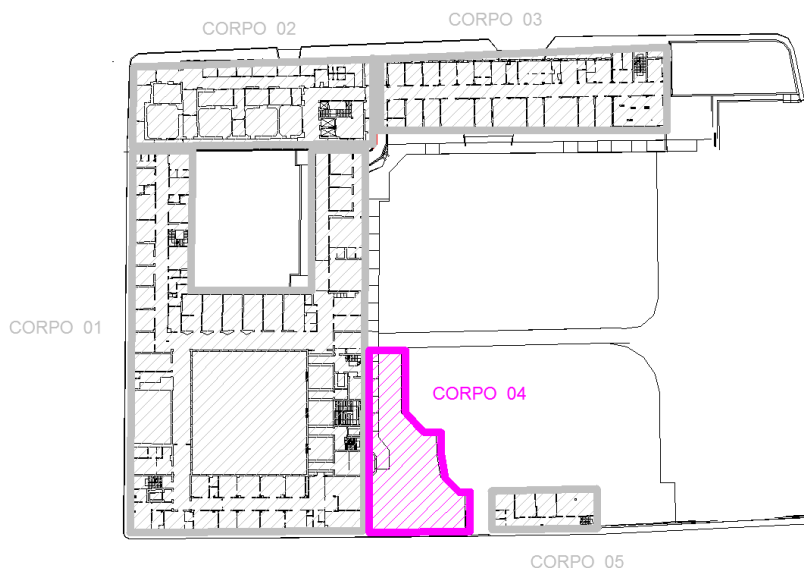
3. Corpo 03, realizzato negli anni '70, con pianta iscrivibile in un rettangolo di dimensioni pari a circa 50mx18m, costituito da un piano terra, un piano primo, un piano secondo, sottotetto e copertura. La struttura portante è a telaio in c.a. Di seguito si riporta la planimetria del Corpo 03.



Corpo 03: indicazione planimetrica

4. Corpo 04: ampliamento dell'Ospedale realizzato nel 2000, in aderenza al Corpo 01, a pianta non regolare. E' costituito da una porzione ad un solo piano fuori terra e da una porzione a due piani, con struttura portante a telaio in c.a.

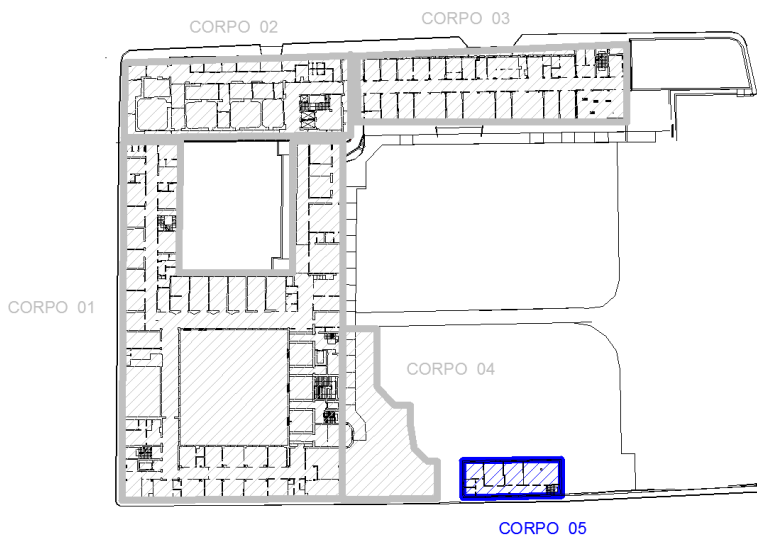
Di seguito si riporta la planimetria del Corpo 04.



Corpo 04: indicazione planimetrica

5. Corpo 05: fabbricato a pianta rettangolare di lati pari a circa 21mx7,5m, caratterizzato da un piano terra, un piano primo e una copertura. La struttura portante è a setti in muratura. Il fabbricato è isolato dagli altri corpi.

Di seguito si riporta la planimetria del Corpo 05.



Corpo 05: indicazione planimetrica

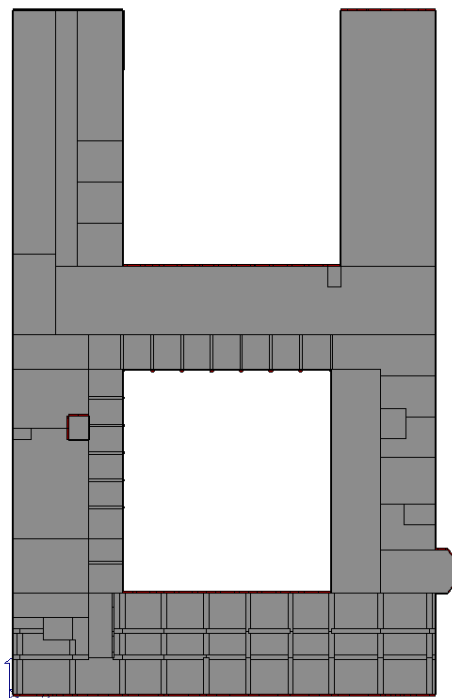
2.2.1 Le caratteristiche delle strutture - Sintesi

Quanto dianzi illustrato può venire utilmente così riepilogato:

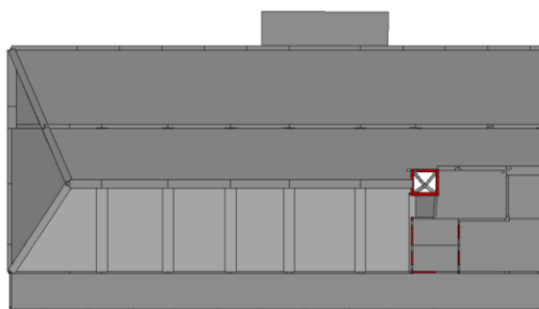
- Corpo 01: struttura portante per azioni verticali a setti in muratura e pilastri in c.a. e acciaio interni alla pianta, struttura portante per azioni orizzontali a setti in muratura.
- Corpo 02: struttura verticale portante mista a telai in c.a. e setti in muratura (vano ascensore)
- Corpo 03: struttura verticale portante a telai in c.a.
- Corpo 04: struttura verticale portante a telai in c.a.
- Corpo 05: struttura verticale portante a setti in muratura.

Si evidenzia che l'edificio Corpo 04, ampliamento dell'Ospedale ad un piano in c.a. realizzato in epoca recente (2000) e l'edificio Corpo 05, che non riveste particolari funzioni strategiche, in accordo con la Committenza, non rientrano nelle presenti verifiche.

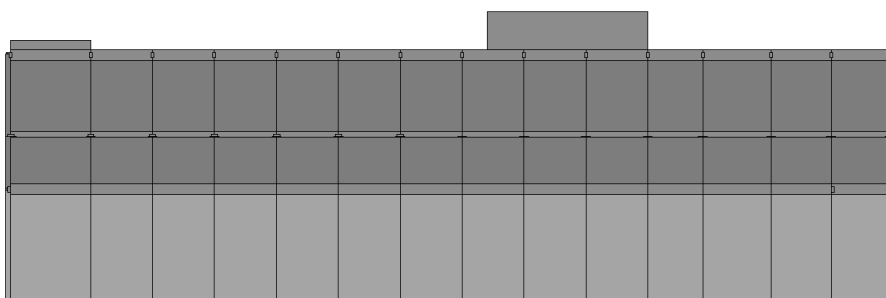
Le figure seguenti illustrano in pianta i modelli computazionali FEM degli edifici a struttura portante in c.a. utilizzati per le analisi:



Pianta modello FEM Corpo 01



Pianta modello FEM Corpo 02



Pianta modello FEM Corpo 03

2.3 I livelli di conoscenza

Tenuto conto dei contenuti della documentazione messa a disposizione dello scrivente, al fine della valutazione dei fattori di confidenza, si è valutato in accordo con la Committenza l'adozione dei livelli di conoscenza di seguito elencati:

Identificazione edificio	Livello di conoscenza
Corpo 01	LC2
Corpo 02	LC2
Corpo 03	LC2

2.4 Normativa Tecnica di Riferimento

Le valutazioni sono effettuate sulla base delle seguenti normative:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 “*Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici*” e s.m.i. (nel seguito del testo richiamata come OPCM3274)
- D.M. 14/01/2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” (nel seguito del testo richiamato come DM08),

- Circolare Ministeriale n. 617 del 02/02/2009 *“Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”* (nel seguito del testo richiamata come CM617)
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1154/2010 *"Approvazione ripartizione e assegnazione finanziamenti alle Aziende Sanitarie per l'esecuzione delle verifiche tecniche di vulnerabilità sismica delle strutture sanitarie in attuazione dell'art. 33 della L. R. n. 24/2009"*, Allegato 2, Sub-Allegato 2A, Allegato 3, Sub-Allegato 3-A e Sub-Allegato 3B (nel seguito del testo richiamato come DGRER1154).

PARTE SECONDA

GLI ESITI DELLE VERIFICHE TECNICHE DI VULNERABILITA' CONDOTTE PER L' UNITA' STRUTTURALE 1 - RICHIAMI

1. PREMESSA

Alle pagine seguenti si riporta un secondo estratto della Relazione Tecnica prodotta all' atto della esecuzione delle verifiche di vulnerabilità dell' Ospedale "SS. Annunziata" di Cento.

In particolare, l' estratto in questione illustra (per l' unità strutturale 1):

- le caratteristiche generali del modello numerico approntato per il calcolo dei livelli di sollecitazione e di deformazione (e la conseguente esecuzione delle verifiche di sicurezza);
- la distribuzione, a ciascun piano, delle strutture verticali portanti;
- le caratteristiche, ad ogni piano, degli orizzontamenti;

Vengono poi esposti i primi modi di vibrare della struttura (si ricorda, in questa sede, che, per la struttura in oggetto, si ha:

$$T_1 = 1.92 \text{ s,}$$

$$T_2 = 1.09 \text{ s.}$$

2. LE PIU' GRAVI VULNERABILITA' RILEVATE: SINTESI

I sopralluoghi condotti, le indagini eseguite e le valutazioni numeriche sviluppate hanno consentito di rilevare le seguenti carenze e/o vulnerabilità strutturali:

- 1- I corpi convenzionalmente indicati dalle lettere D, E ed F sono caratterizzati da una grave carenza di controventamento verticale nella loro direzione trasversale. Detta carenza è dovuta in parte alle caratteristiche costruttive originarie dei corpi di fabbrica in oggetto ed in parte agli interventi ed alle manomissioni successivamente operate, in più riprese, sulle strutture di detti corpi.
- 2- Le conseguenze di questa carenza di controventamento verticale nella direzione trasversale sono, per così dire, "esaltate" per il Corpo F per il quale le pareti della facciata monumentale lungo Via Facchini risultano fortemente penalizzate dalle ampie aperture a doppia altezza che impediscono ai sia pur pochi setti trasversali presenti di fornire un contributo apprezzabile in termini di vincolo per le citate pareti di facciata
- 2- Le coperture dei corpi di fabbrica D ed F, realizzate con un sistema costruttivo del tutto particolare, si trovano in pessimo stato di consistenza e di conservazione, come peraltro ampiamente documentato negli elaborati di progetto e come illustrato dalle fotografie allegate alla pagina seguente.

Non si può che concludere che, al fine di elevare in maniera significativa il livello di sicurezza dell'unità strutturale 1 (e delle sue parti), gli interventi da adottare sono:

- 1- l' integrazione del sistema dei controventamenti verticali dei corpi D, E ed F,
- 2- la sostituzione delle coperture dei corpi di fabbrica D ed F.



Fotografia 1



Fotografia 2

3. GLI INTERVENTI PROPOSTI NEL PRESENTE STUDIO DI FATTIBILITA'

L' Azienda U.S.L. di Ferrara, tenuto conto degli esiti delle verifiche di vulnerabilità e delle indicazioni fornite dagli estensori di dette verifiche ha prontamente adottato i provvedimenti necessari al fine di garantire l'avvio del programma di rinforzo dianzi delineato.

Allo scopo l'Azienda ha provveduto allo "sgombero" temporaneo del Corpo F al fine di garantirsi la possibilità di operare sul medesimo un esteso intervento di rinforzo volto ad aumentare in maniera significativa il livello di sicurezza della costruzione sia nei confronti delle azioni di normale esercizio, sia nei confronti di quelle di natura sismica.

L' intervento sulle strutture del CORPO F, così come illustrato negli elaborati del presente studio di fattibilità (e come i più sedi illustrato) prevede, nella sostanza:

- la riparazione dei danni che il corpo ha subito a causa delle scosse sismiche del 2012,
- l' integrazione del sistema dei controventamenti verticali,
- la sostituzione della copertura esistente con una di nuova realizzazione (l' ovvia scelta adottata per la realizzazione di detta nuova copertura è quella della struttura "leggera" metallica).

4. NOTA SULL' INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DELLA COPERTURA DEL CORPO D (OPERA COMPLEMENTARE E SUCCESSIVA AGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE DEL CORPO F)

Nella citata nota della Commissione congiunta, al punto 2) degli § titolato "Aspetti relativi all' autorizzazione sismica" si legge:

"(...omissis...) in particolare appare inusuale la scelta di rinnovare solo la copertura del Corpo F e la porzione di testata del Corpo D".

A questo proposito si fa rilevare che:

- da un lato si ricorda che, come anticipato alle pagine precedenti, al fin e di ottenere un miglioramento significativo del livello di sicurezza d' insieme del Corpo F occorrerebbe prevedere un insieme di interventi simile, per gli aspetti generali, a quello previsto per il Corpo F;
- d' altro canto si può comunque osservare che anche la sola sostituzione della copertura del Corpo D si traduce nella eliminazione di una evidente e grave vulnerabilità.

Fatte queste premesse, e precisato che gli indirizzi assunti dall' Amministrazione prevedono anche la sostituzione della copertura del Corpo D, occorre tuttavia precisare che per operare detto intervento è necessario:

- i- interdire completamente l'uso perlomeno dell' intero piano secondo (la sostituzione della copertura rende infatti necessario il completo rifacimento anche dell' attuale piano sottotetto) o, più probabilmente, l' uso dell' intero fabbricato;

- ii- provvedere preliminarmente ad una pesante riorganizzazione degli impianti a servizio del Corpo D (parte consistente di essi sono ospitati nel piano sottotetto).

Secondo quanto riferito allo scrivente dai Tecnici dell' Azienda U.S.L., i provvedimenti di cui alle precedenti lettere i- ed ii- non potranno materialmente essere adottati prima che vengano completati gli interventi previsti e proposti per il Corpo F (e naturalmente prima che vengano programmate e formate le necessarie coperture economiche).

Per le ragioni appena esposte, nella PARTE QUARTA della presente relazione verranno valutati gli effetti sull' unità strutturale 1:

- a- **per la configurazione “a breve termine”:**
dell' adozione degli interventi di rinforzo per il Corpo F, della sostituzione della copertura del **Corpo F e della porzione di testata della copertura del Corpo D** (così come previsto nel presente studio di fattibilità);
- b- **per la configurazione “a lungo termine”:**
dell' adozione degli interventi di rinforzo per il Corpo F, della sostituzione della copertura del **Corpo F e della sostituzione della copertura del Corpo D per la totalità della sua estensione.**

L' intervento di sostituzione della copertura del Corpo D è schematicamente illustrato nell' elaborato S.06 “OPERE COMPLEMENTARI E SUCCESSIVE AGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE DEL CORPO F: LA SOSTITUZIONE DELLA COPERTURA DEL CORPO D”.

VERIFICHE TECNICHE DELL' OSPEDALE "SS. ANNUNZIATA" – VIA VICINI N. 2 – CENTO (FE)
RELAZIONE TECNICA (ESTRATTO N. 2)

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.

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.

10.2.1 Modellazione Corpo 01 - Edificio Storico

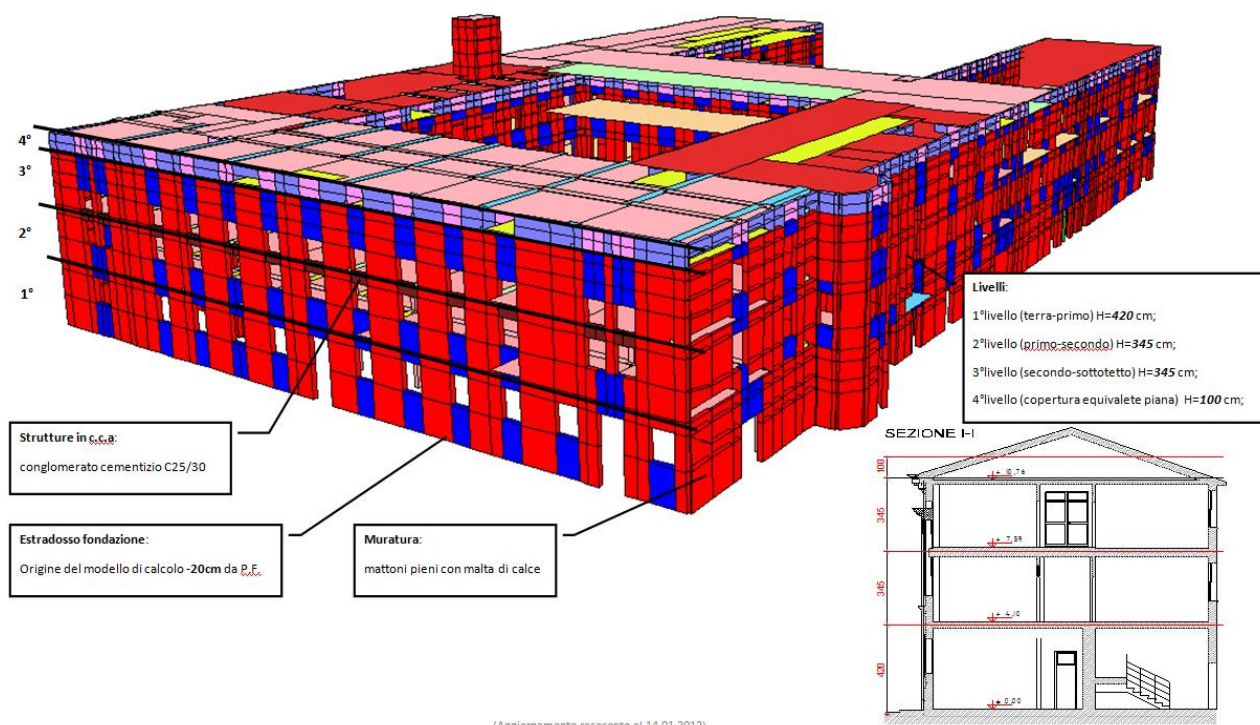
Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	9667
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	484
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	8274
elementi solaio	331
elementi solidi	0
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	-0.00
Xmax =	4855.00
Ymin =	-2.80
Ymax =	7557.21
Zmin =	-0.00
Zmax =	1665.00
Strutture verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	SI
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO

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

L'analisi dinamica modale di tipo lineare con spettro di risposta e' stata condotta considerando i primi 150 modi di vibrare che forniscono una massa partecipante totale pari al 88% (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).

Nelle seguenti figure è rappresentato il modello tridimensionale agli elementi finiti sviluppato:

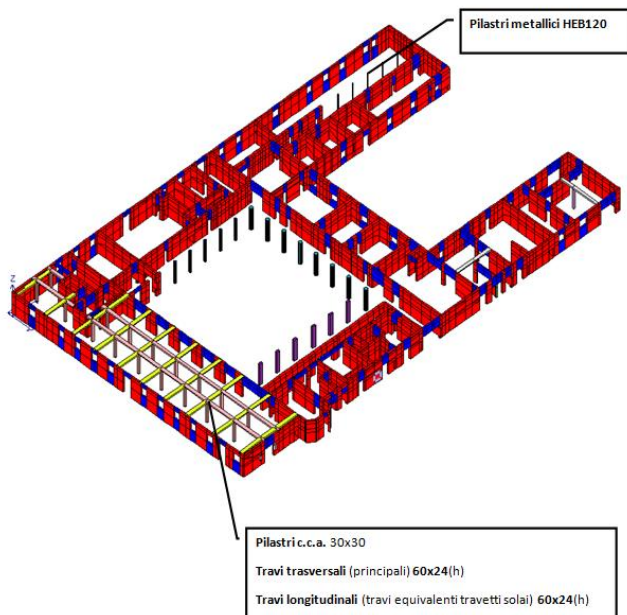
GEOMETRIA E MATERIALI



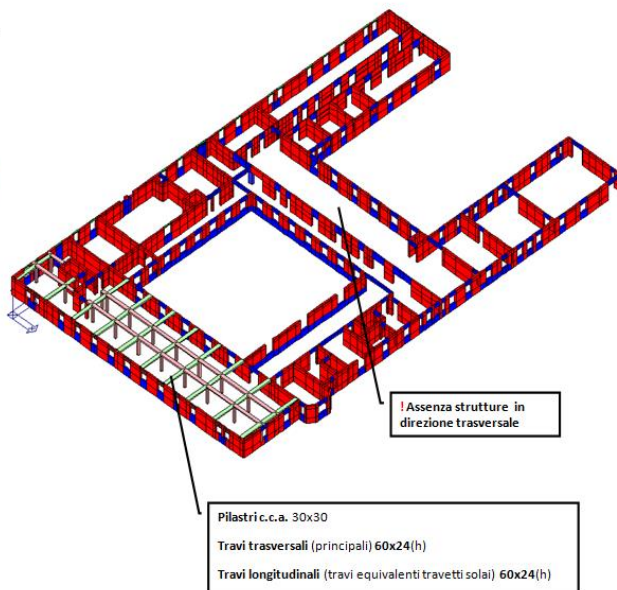
Modello FEM sviluppato con alcune caratteristiche introdotte

STRUTTURE PORTANTI

PRIMO LIVELLO

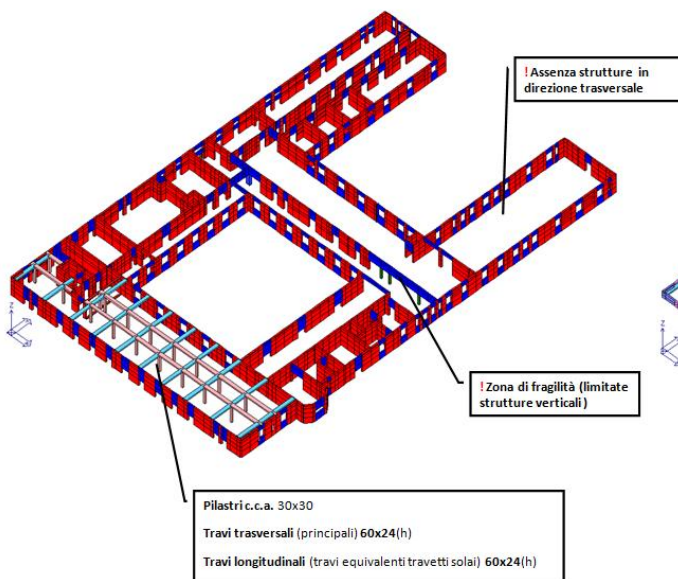


SECONDO LIVELLO

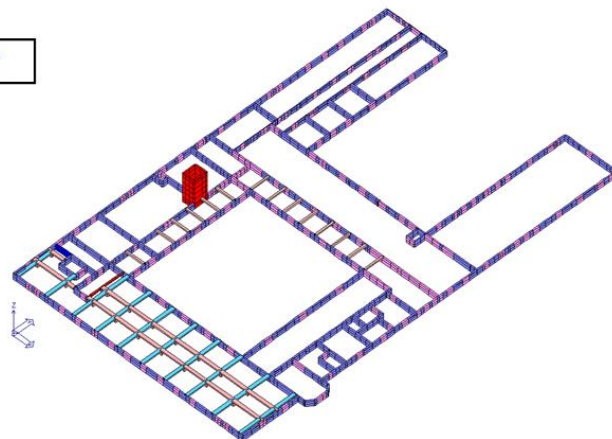


STRUTTURE PORTANTI

TERZO LIVELLO

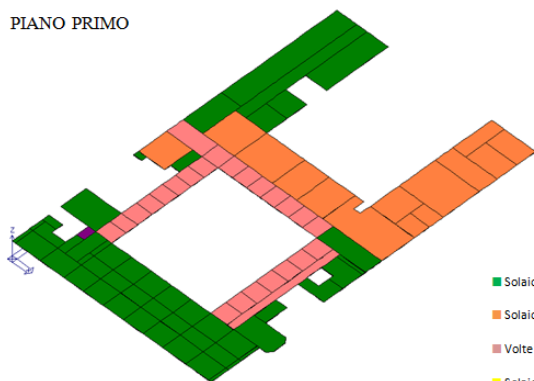


COPERTURA

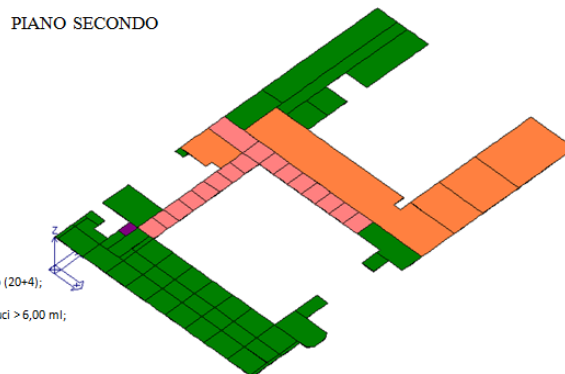


SOLAI E VOLTE

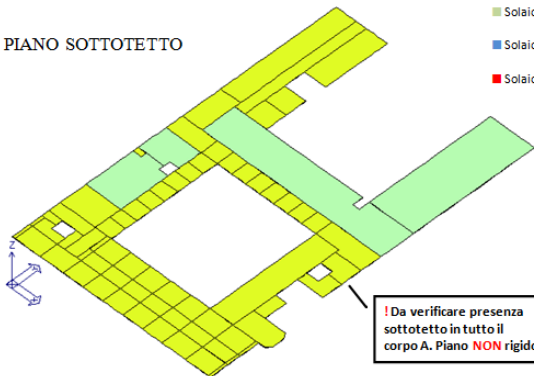
PIANO PRIMO



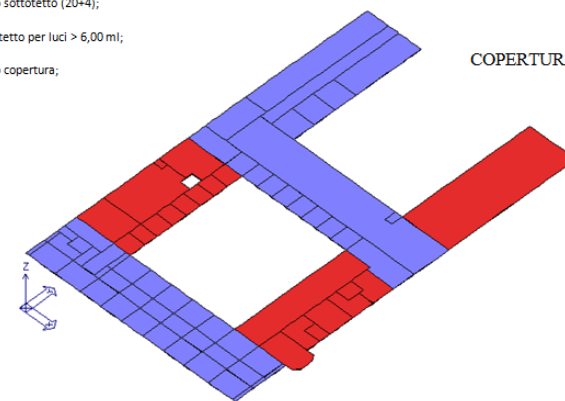
PIANO SECONDO



PIANO SOTTOTETTO

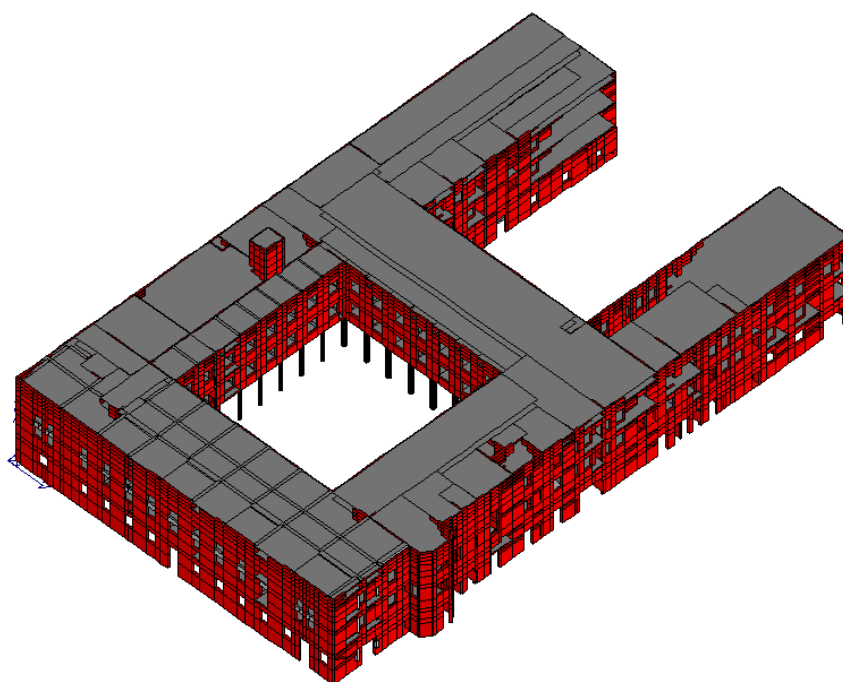


COPERTURA

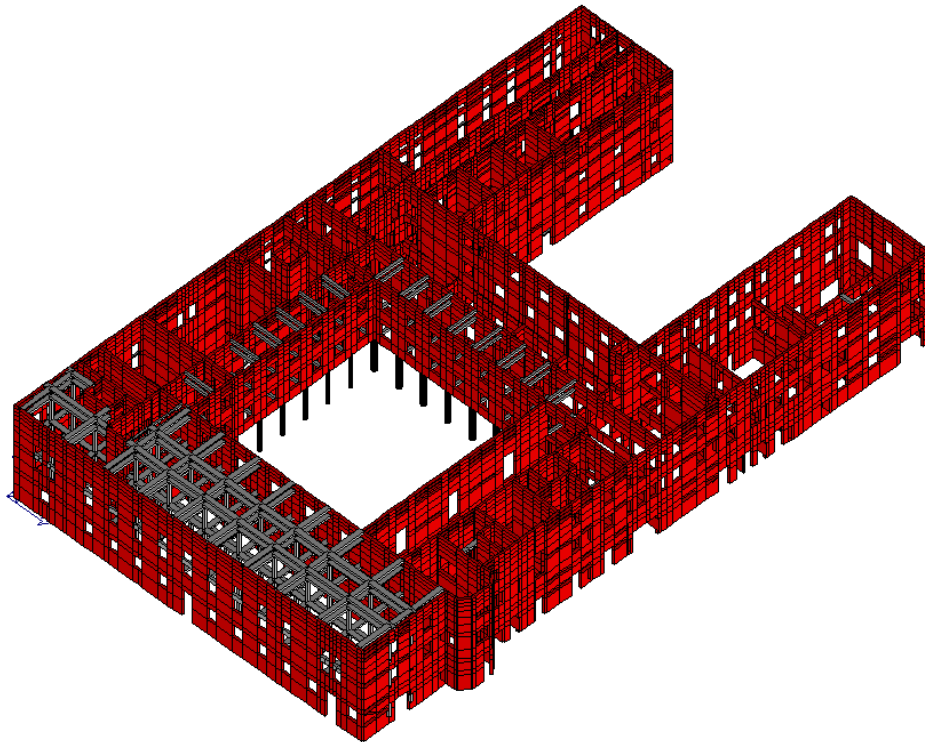


- Solai latero cemento tipico (20+4);
- Solai latero cemento per luci > 6,00 ml;
- Volte a vela e a crociera;
- Solai latero cemento sottotetto (20+4);
- Solai latero cemento sottotetto per luci > 6,00 ml;
- Solai latero cemento tipico copertura;
- Solai coperture lignee;

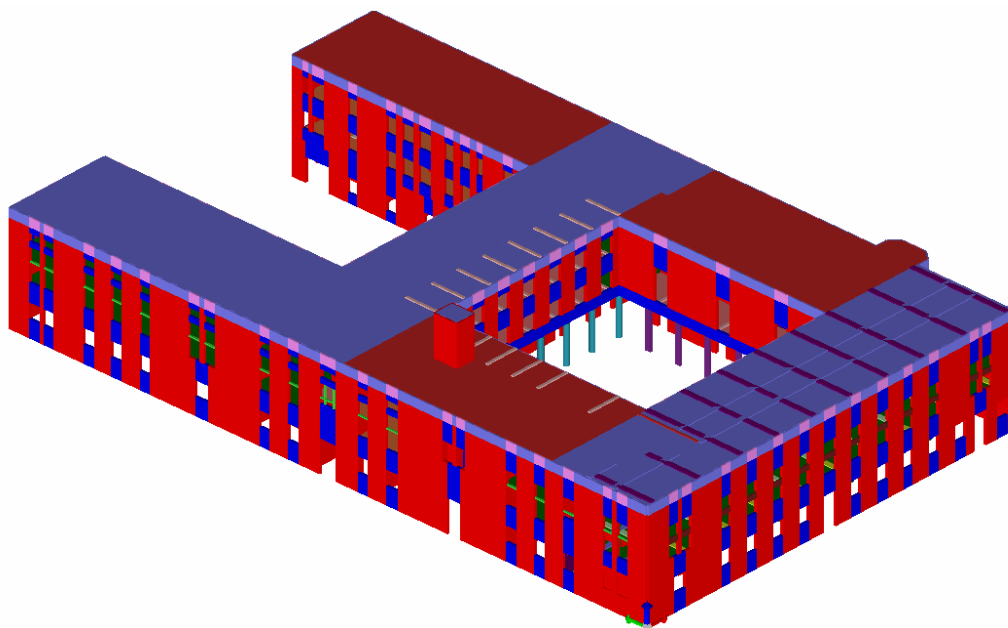
! Da verificare presenza
sottotetto in tutto il
corpo A. Piano **NON** rigido



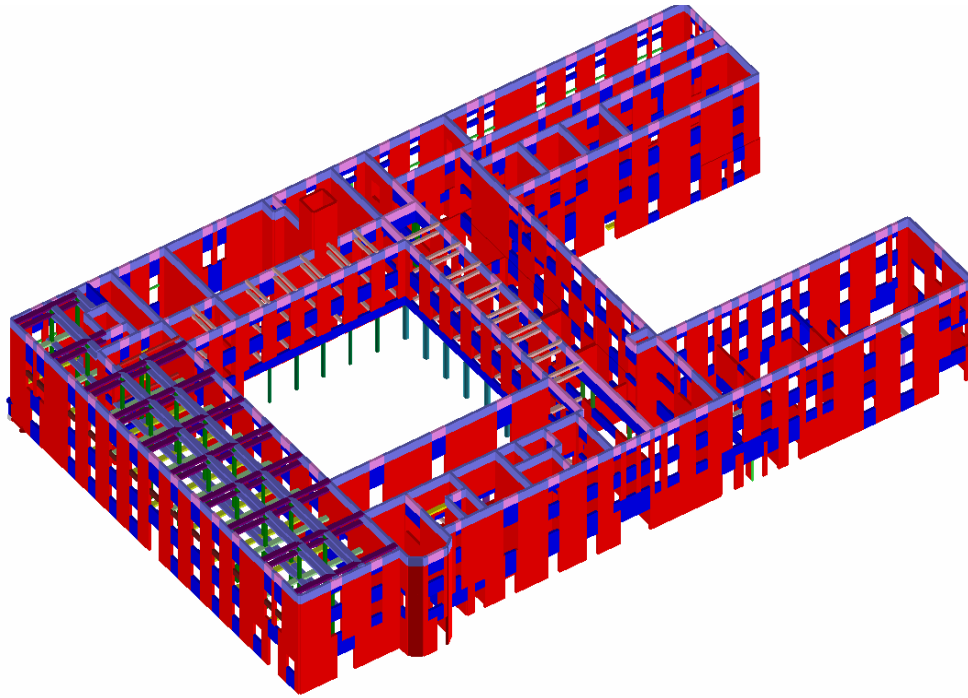
Vista 1: modello solido con solai



Vista 2: modello solido senza solai

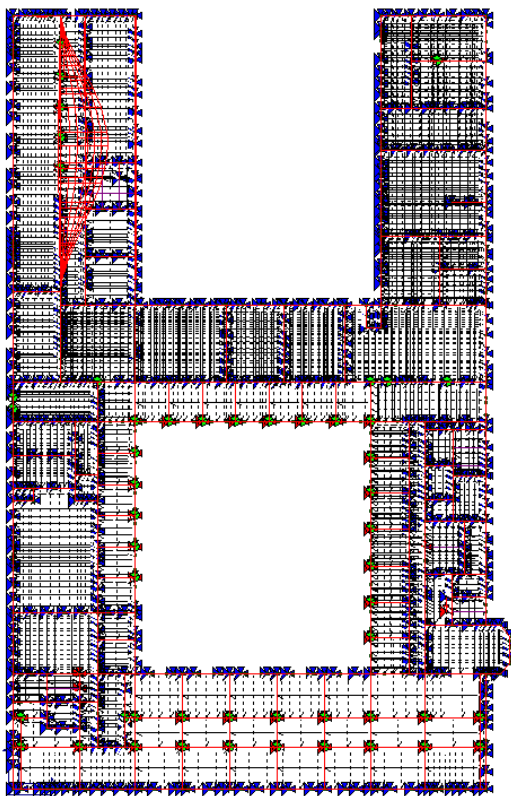


Vista 3

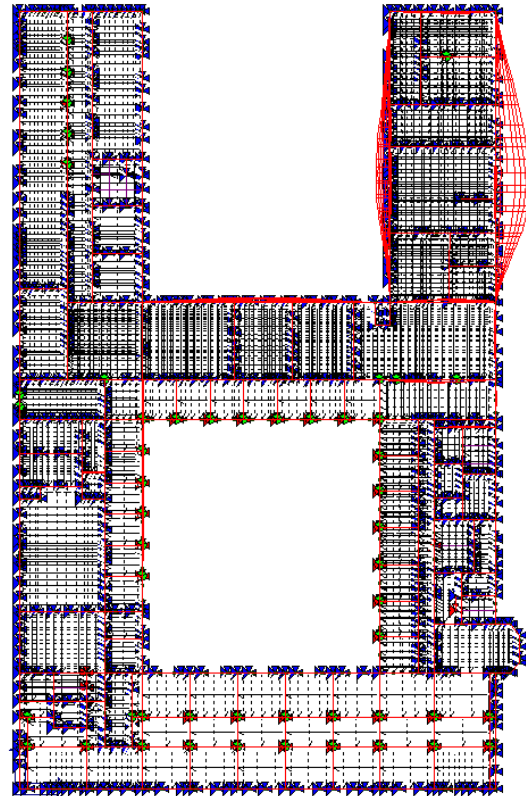


Vista 4

L'analisi modale agli elementi finiti ha portato alla identificazione dei primi 150 modi di vibrare. Il primo modo di vibrare ha un periodo molto elevato e coinvolge la parte dell'edificio che ha pareti non controventate, ed è pari a $T_1=1,92\text{sec}$; dal modo 2 ($T_{38}=1,09\text{sec}$) in poi si attivano i meccanismi locali delle varie pareti notevolmente forate.



Primo modo di vibrare



Ottavo modo di vibrare

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.227 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.293 sec.
			numero di modi considerati:150
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1665.00	3723.31	712.51	2946.78	0.0	-12.85	712.51	2946.78	1.497	0.0	0.0
1610.00	3951.17	712.51	2946.78	0.0	-12.85	712.51	2946.78	1.497	0.0	0.0
1510.00	5098.28	712.51	2946.78	0.0	-12.85	712.51	2946.78	1.497	0.0	0.0
1410.00	5098.28	712.51	2946.78	0.0	-12.85	712.51	2946.78	1.497	0.0	0.0
1310.00	5098.28	712.51	2946.78	0.0	-12.85	712.51	2946.78	1.497	0.0	0.0
1210.00	1.084e+06	2268.25	3215.01	0.0	-378.00	3693.17	2452.70	0.675	0.814	0.377
1160.00	1.907e+05	2221.91	3388.67	0.0	-378.00	3693.52	2453.38	0.675	0.841	0.462
1110.00	9.986e+05	2283.63	3212.77	0.0	-378.00	3646.58	2452.70	0.684	0.769	0.368
1055.00	2.396e+05	2200.38	3293.14	0.0	-378.00	1880.87	1956.61	0.733	0.092	0.703
970.00	2.478e+05	2305.34	3213.50	0.0	-378.00	0.69	3749.20	0.073	12.212	0.249
915.00	8.745e+04	517.19	2884.04	0.0	-378.00	0.0	3769.23	0.075	2.920	0.407
895.00	5.496e+04	1307.06	5634.91	0.0	-176.37	1213.00	5389.25	0.510	0.048	0.290
890.00	2.055e+04	2388.65	-2.79	0.0	-5.24e-03	2366.05	-2.79	0.114	0.017	0.0
875.00	1.489e+05	3688.85	3162.19	0.0	-369.48	3790.40	1551.91	0.672	0.038	1.002
765.00	2.178e+06	2249.78	3483.56	0.0	-378.00	1748.11	2795.16	0.968	0.130	0.274
710.00	3.240e+05	2534.19	3330.09	0.0	-378.00	0.0	3709.04	0.070	13.961	0.171
650.00	3.788e+04	1517.05	4799.72	0.0	-174.00	596.18	3975.91	0.144	3.991	3.034
660.00	2.401e+05	845.88	3195.36	0.0	-378.00	0.0	3775.38	0.070	4.703	0.265
530.00	2.305e+05	3628.33	3430.14	0.0	-369.48	2905.03	3535.43	0.508	0.587	0.067
420.00	2.415e+06	2363.26	3429.84	0.0	-378.00	1917.94	3167.89	1.141	0.131	0.088
360.00	3.688e+05	2215.57	3763.58	0.0	-378.00	0.0	3762.42	0.048	17.900	5.3942e-04
260.00	3.399e+05	2569.89	4032.35	0.0	-369.48	2378.15	3608.56	1.153	0.058	0.145
195.00	4.349e+05	2014.90	3283.53	0.0	-378.00	0.01	3864.84	0.055	14.211	0.264
100.00	7.887e+04	2240.65	5364.23	0.0	-316.59	1868.52	4839.01	0.526	0.334	0.317
1.82e-04	208.67	1195.00	5816.78	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	9.745e+06									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M eccitata X x g	%	M eccitata Y x g	%	M eccitata Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	0.521	1.920	0.050	4.479e+04	0.5	1.08	1.11e-05	1.53e-04	0.0
2	0.697	1.434	0.069	8.189e+04	0.8	2.04	2.09e-05	0.58	5.97e-06
3	0.699	1.430	0.069	899.87	9.23e-03	0.60	6.13e-06	1.14e-03	0.0
4	0.748	1.337	0.074	2.322e+04	0.2	0.03	0.0	7.28e-05	0.0
5	0.985	1.015	0.098	8980.15	9.21e-02	3.61	3.71e-05	9.10e-03	0.0
6	1.224	0.817	0.122	1.409e+05	1.4	525.26	5.39e-03	0.02	0.0
7	1.261	0.793	0.125	2.863e+04	0.3	1123.99	1.15e-02	0.02	0.0
8	1.267	0.789	0.126	1803.97	1.85e-02	1.007e+05	1.0	1.14e-06	0.0
9	1.331	0.751	0.132	527.91	5.42e-03	4.455e+04	0.5	0.18	1.81e-06
10	1.417	0.706	0.141	0.91	9.30e-06	25.76	2.64e-04	0.02	0.0
11	1.435	0.697	0.143	513.63	5.27e-03	18.48	1.90e-04	0.02	0.0
12	1.443	0.693	0.143	2.198e+04	0.2	10.63	1.09e-04	2.24e-03	0.0
13	1.508	0.663	0.150	4460.79	4.58e-02	14.82	1.52e-04	8.42e-04	0.0
14	1.514	0.660	0.150	5.636e+04	0.6	24.53	2.52e-04	4.74e-03	0.0
15	1.525	0.656	0.151	1630.49	1.67e-02	2645.16	2.71e-02	0.01	0.0
16	1.546	0.647	0.154	479.28	4.92e-03	739.06	7.58e-03	0.02	0.0
17	1.747	0.572	0.174	4.21e-03	0.0	655.07	6.72e-03	4.77e-03	0.0
18	1.784	0.561	0.177	6.308e+04	0.6	315.68	3.24e-03	0.72	7.44e-06
19	1.828	0.547	0.182	29.02	2.98e-04	4.032e+04	0.4	0.32	3.32e-06
20	1.932	0.518	0.192	37.72	3.87e-04	154.11	1.58e-03	0.03	0.0
21	1.972	0.507	0.196	7363.85	7.56e-02	54.58	5.60e-04	0.09	0.0
22	2.063	0.485	0.205	2.782e+04	0.3	3071.72	3.15e-02	0.03	0.0
23	2.071	0.483	0.206	4415.88	4.53e-02	1.745e+04	0.2	0.11	1.10e-06
24	2.089	0.479	0.207	3.366e+04	0.3	617.36	6.34e-03	0.01	0.0
25	2.204	0.454	0.219	1.95	2.00e-05	3.777e+05	3.9	0.14	1.41e-06
26	2.496	0.401	0.227	2.123e+04	0.2	2.503e+05	2.6	3.92	4.02e-05
27	2.518	0.397	0.227	1.053e+04	0.1	5.301e+05	5.4	11.87	1.22e-04
28	2.556	0.391	0.227	5859.87	6.01e-02	271.30	2.78e-03	0.06	0.0
29	2.591	0.386	0.227	128.59	1.32e-03	5512.41	5.66e-02	6.68e-04	0.0

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M eccitata X x g	%	M eccitata Y x g	%	M eccitata Z x g	%
30	2.610	0.383	0.227	5841.73	5.99e-02	16.26	1.67e-04	0.04	0.0
31	2.623	0.381	0.227	111.75	1.15e-03	1.143e+04	0.1	0.04	0.0
32	2.648	0.378	0.227	2622.60	2.69e-02	4.56	4.68e-05	0.04	0.0
33	2.812	0.356	0.227	1076.34	1.10e-02	352.53	3.62e-03	0.05	0.0
34	2.834	0.353	0.227	2151.66	2.21e-02	5.539e+04	0.6	0.60	6.17e-06
35	2.851	0.351	0.227	746.95	7.66e-03	698.42	7.17e-03	0.09	0.0
36	2.908	0.344	0.227	4.405e+05	4.5	1304.00	1.34e-02	61.00	6.26e-04
37	3.063	0.326	0.227	103.94	1.07e-03	3.007e+04	0.3	0.23	2.33e-06
38	3.304	0.303	0.227	9.987e+04	1.0	1016.05	1.04e-02	4.40	4.52e-05
39	3.365	0.297	0.227	4.398e+05	4.5	5.065e+04	0.5	0.19	1.99e-06
40	3.411	0.293	0.227	1.851e+06	19.0	1.149e+04	0.1	1.29	1.32e-05
41	3.451	0.290	0.227	429.72	4.41e-03	477.68	4.90e-03	0.22	2.28e-06
42	3.543	0.282	0.227	1374.56	1.41e-02	1899.64	1.95e-02	2.43	2.49e-05
43	3.545	0.282	0.227	9.50	9.75e-05	436.73	4.48e-03	0.72	7.39e-06
44	3.551	0.282	0.227	5479.74	5.62e-02	2391.56	2.45e-02	0.43	4.44e-06
45	3.565	0.280	0.227	686.54	7.04e-03	1.689e+05	1.7	0.52	5.31e-06
46	3.590	0.279	0.227	3524.96	3.62e-02	37.40	3.84e-04	0.34	3.47e-06
47	3.711	0.269	0.227	144.61	1.48e-03	1.451e+05	1.5	1.14	1.17e-05
48	3.742	0.267	0.227	4343.14	4.46e-02	3715.30	3.81e-02	9.38e-05	0.0
49	3.768	0.265	0.227	1.723e+04	0.2	70.36	7.22e-04	0.04	0.0
50	3.785	0.264	0.227	1.980e+04	0.2	1.393e+04	0.1	0.33	3.35e-06
51	3.803	0.263	0.227	2.589e+04	0.3	1916.42	1.97e-02	4.93	5.06e-05
52	3.836	0.261	0.227	636.90	6.54e-03	2256.20	2.32e-02	0.24	2.42e-06
53	3.979	0.251	0.227	2.659e+04	0.3	6065.67	6.22e-02	0.49	5.06e-06
54	4.006	0.250	0.227	3.028e+04	0.3	4.420e+04	0.5	6.64	6.81e-05
55	4.094	0.244	0.227	2.277e+05	2.3	1.07	1.10e-05	0.31	3.14e-06
56	4.104	0.244	0.227	198.22	2.03e-03	7021.88	7.21e-02	0.10	1.02e-06
57	4.244	0.236	0.227	7.104e+05	7.3	1.385e+05	1.4	0.65	6.72e-06
58	4.324	0.231	0.227	4.178e+04	0.4	4.652e+04	0.5	1.96	2.01e-05
59	4.346	0.230	0.227	1.135e+05	1.2	1.154e+06	11.8	1.69	1.74e-05
60	4.364	0.229	0.227	5814.53	5.97e-02	8.744e+05	9.0	124.24	1.28e-03
61	4.468	0.224	0.227	8.378e+05	8.6	7.077e+05	7.3	14.02	1.44e-04
62	4.527	0.221	0.227	9383.95	9.63e-02	5.949e+04	0.6	37.23	3.82e-04
63	4.577	0.219	0.227	1049.89	1.08e-02	1.864e+06	19.1	0.10	1.06e-06
64	4.667	0.214	0.227	6.091e+05	6.2	2.289e+04	0.2	0.17	1.75e-06
65	4.700	0.213	0.227	8822.59	9.05e-02	9983.19	0.1	13.80	1.42e-04
66	4.859	0.206	0.227	1.913e+05	2.0	1.522e+04	0.2	233.02	2.39e-03
67	4.862	0.206	0.227	1.652e+05	1.7	8817.84	9.05e-02	439.73	4.51e-03
68	4.909	0.204	0.227	3.655e+04	0.4	1.273e+04	0.1	0.04	0.0
69	4.919	0.203	0.227	229.64	2.36e-03	1.927e+04	0.2	1.78	1.83e-05
70	4.959	0.202	0.227	5979.84	6.14e-02	5.658e+04	0.6	26.28	2.70e-04
71	5.003	0.200	0.227	2.163e+05	2.2	1.603e+04	0.2	212.32	2.18e-03
72	5.133	0.195	0.227	2.545e+04	0.3	6.253e+04	0.6	55.89	5.74e-04
73	5.201	0.192	0.227	1.783e+05	1.8	2.353e+04	0.2	68.29	7.01e-04
74	5.226	0.191	0.227	8.233e+04	0.8	1.661e+04	0.2	1.15	1.18e-05
75	5.271	0.190	0.227	5.329e+04	0.5	1.553e+04	0.2	11.79	1.21e-04
76	5.303	0.189	0.227	4776.03	4.90e-02	2667.12	2.74e-02	2.42	2.48e-05
77	5.328	0.188	0.227	2.394e+04	0.2	3678.37	3.77e-02	10.95	1.12e-04
78	5.375	0.186	0.227	2.457e+05	2.5	7.066e+04	0.7	229.14	2.35e-03
79	5.407	0.185	0.227	3.080e+05	3.2	8.000e+04	0.8	173.53	1.78e-03
80	5.473	0.183	0.227	55.30	5.67e-04	9513.08	9.76e-02	0.26	2.67e-06
81	5.548	0.180	0.227	728.23	7.47e-03	1.005e+04	0.1	0.10	1.08e-06
82	5.550	0.180	0.227	3.098e+04	0.3	66.28	6.80e-04	6.77	6.95e-05
83	5.679	0.176	0.227	964.17	9.89e-03	1.840e+05	1.9	20.76	2.13e-04
84	5.706	0.175	0.227	2278.46	2.34e-02	2040.25	2.09e-02	0.87	8.90e-06
85	5.723	0.175	0.227	2.496e+04	0.3	9634.31	9.89e-02	5.46	5.61e-05
86	5.764	0.173	0.227	9.681e+04	1.0	3.466e+04	0.4	13.10	1.34e-04
87	5.840	0.171	0.227	1.366e+05	1.4	4780.51	4.91e-02	81.38	8.35e-04
88	5.867	0.170	0.227	5.726e+04	0.6	2.41	2.48e-05	25.18	2.58e-04
89	5.876	0.170	0.227	1.042e+05	1.1	30.01	3.08e-04	49.02	5.03e-04
90	6.001	0.167	0.227	2.015e+04	0.2	2.173e+05	2.2	51.42	5.28e-04
91	6.098	0.164	0.227	52.24	5.36e-04	64.34	6.60e-04	0.08	0.0
92	6.121	0.163	0.227	1.417e+04	0.1	3.758e+04	0.4	15.05	1.54e-04
93	6.163	0.162	0.227	2.844e+04	0.3	7095.90	7.28e-02	55.29	5.67e-04
94	6.215	0.161	0.227	3.882e+04	0.4	7264.51	7.45e-02	26.07	2.68e-04
95	6.235	0.160	0.227	6.03	6.18e-05	4581.90	4.70e-02	3.84	3.94e-05
96	6.274	0.159	0.227	73.88	7.58e-04	6.893e+04	0.7	45.60	4.68e-04
97	6.288	0.159	0.227	25.69	2.64e-04	2.447e+04	0.3	3.29	3.38e-05
98	6.358	0.157	0.227	4.187e+04	0.4	4894.89	5.02e-02	16.96	1.74e-04
99	6.403	0.156	0.227	1.375e+05	1.4	1955.93	2.01e-02	136.45	1.40e-03
100	6.449	0.155	0.227	8216.52	8.43e-02	5064.67	5.20e-02	38.34	3.93e-04
101	6.464	0.155	0.227	173.17	1.78e-03	1303.98	1.34e-02	1.34	1.38e-05
102	6.505	0.154	0.227	4135.46	4.24e-02	8.651e+04	0.9	45.17	4.64e-04

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M eccitata X x g	%	M eccitata Y x g	%	M eccitata Z x g	%
103	6.530	0.153	0.227	1556.94	1.60e-02	1992.65	2.04e-02	0.21	2.11e-06
104	6.580	0.152	0.227	2.992e+04	0.3	1.404e+04	0.1	179.90	1.85e-03
105	6.615	0.151	0.227	702.09	7.20e-03	150.07	1.54e-03	0.22	2.24e-06
106	6.621	0.151	0.227	404.96	4.16e-03	8894.02	9.13e-02	33.44	3.43e-04
107	6.719	0.149	0.227	5813.77	5.97e-02	185.51	1.90e-03	14.96	1.54e-04
108	6.747	0.148	0.227	632.58	6.49e-03	1036.06	1.06e-02	0.71	7.32e-06
109	6.785	0.147	0.227	3873.39	3.97e-02	4.877e+04	0.5	47.20	4.84e-04
110	6.875	0.145	0.227	1209.12	1.24e-02	382.75	3.93e-03	5.31	5.45e-05
111	6.921	0.144	0.226	4887.53	5.02e-02	4.760e+04	0.5	181.22	1.86e-03
112	6.935	0.144	0.226	12.54	1.29e-04	385.08	3.95e-03	5.83	5.99e-05
113	6.945	0.144	0.225	59.18	6.07e-04	3.109e+04	0.3	639.17	6.56e-03
114	6.980	0.143	0.225	52.34	5.37e-04	399.54	4.10e-03	0.03	0.0
115	7.064	0.142	0.223	615.92	6.32e-03	1211.34	1.24e-02	0.44	4.55e-06
116	7.126	0.140	0.222	719.18	7.38e-03	1.849e+04	0.2	0.70	7.22e-06
117	7.149	0.140	0.222	5162.71	5.30e-02	2.43e-03	0.0	13.98	1.43e-04
118	7.229	0.138	0.220	4188.66	4.30e-02	2.955e+04	0.3	2.44	2.51e-05
119	7.236	0.138	0.220	1.474e+04	0.2	34.77	3.57e-04	18.62	1.91e-04
120	7.266	0.138	0.220	1347.64	1.38e-02	120.11	1.23e-03	3.69e-03	0.0
121	7.340	0.136	0.218	8.32	8.53e-05	1.766e+04	0.2	0.17	1.79e-06
122	7.363	0.136	0.218	1375.11	1.41e-02	3134.22	3.22e-02	5.64	5.79e-05
123	7.449	0.134	0.216	0.04	0.0	1535.39	1.58e-02	18.91	1.94e-04
124	7.455	0.134	0.216	183.64	1.88e-03	249.90	2.56e-03	0.76	7.79e-06
125	7.464	0.134	0.216	132.88	1.36e-03	46.06	4.73e-04	38.75	3.98e-04
126	7.491	0.133	0.216	16.24	1.67e-04	4.58	4.70e-05	0.18	1.87e-06
127	7.551	0.132	0.215	510.89	5.24e-03	4998.58	5.13e-02	116.78	1.20e-03
128	7.572	0.132	0.214	1400.35	1.44e-02	42.61	4.37e-04	64.23	6.59e-04
129	7.609	0.131	0.214	180.60	1.85e-03	1.381e+04	0.1	6.84	7.02e-05
130	7.649	0.131	0.213	277.43	2.85e-03	2.697e+04	0.3	48.21	4.95e-04
131	7.776	0.129	0.211	5.199e+04	0.5	696.85	7.15e-03	873.46	8.96e-03
132	7.812	0.128	0.211	874.25	8.97e-03	1080.49	1.11e-02	23.44	2.41e-04
133	7.871	0.127	0.210	223.90	2.30e-03	7415.90	7.61e-02	15.82	1.62e-04
134	7.892	0.127	0.209	308.97	3.17e-03	550.98	5.65e-03	35.42	3.63e-04
135	7.954	0.126	0.208	5687.33	5.84e-02	2.169e+04	0.2	11.71	1.20e-04
136	8.011	0.125	0.208	1.343e+04	0.1	1283.86	1.32e-02	120.77	1.24e-03
137	8.032	0.125	0.207	3969.77	4.07e-02	2.070e+04	0.2	3.89	3.99e-05
138	8.153	0.123	0.206	1986.14	2.04e-02	4.527e+04	0.5	13.23	1.36e-04
139	8.219	0.122	0.205	6365.11	6.53e-02	8455.54	8.68e-02	7.90	8.11e-05
140	8.280	0.121	0.204	3549.63	3.64e-02	6693.58	6.87e-02	18.38	1.89e-04
141	8.435	0.119	0.202	5545.32	5.69e-02	1.078e+04	0.1	8.23	8.45e-05
142	8.456	0.118	0.202	95.92	9.84e-04	3093.31	3.17e-02	44.25	4.54e-04
143	8.519	0.117	0.201	1000.88	1.03e-02	226.09	2.32e-03	372.93	3.83e-03
144	8.534	0.117	0.201	6446.12	6.61e-02	1.048e+04	0.1	1110.51	1.14e-02
145	8.556	0.117	0.200	2027.75	2.08e-02	629.12	6.46e-03	0.43	4.45e-06
146	8.587	0.116	0.200	1.128e+04	0.1	4251.73	4.36e-02	144.76	1.49e-03
147	8.637	0.116	0.199	98.58	1.01e-03	1.592e+04	0.2	59.24	6.08e-04
148	8.673	0.115	0.199	7100.32	7.29e-02	9.59	9.84e-05	9.19	9.43e-05
149	8.734	0.114	0.198	1314.22	1.35e-02	2618.37	2.69e-02	57.34	5.88e-04
150	8.814	0.113	0.197	423.85	4.35e-03	3956.60	4.06e-02	36.06	3.70e-04
Risulta				8.626e+06		8.380e+06		6818.85	
In percentuale				88.52		85.99		0.07	

PARTE TERZA

IL PROGETTO DEGLI INTERVENTI SUL CORPO F

TABLE OF CONTENTS

PREMESSA.....	2
Le fasi precedenti della progettazione: richiami.....	2
La richiesta di integrazioni della Commissione Congiunta del 6/11/2018: Risposte, integrazioni e chiarimenti.....	3
Dati generali e di contesto.....	4
Norme di riferimento.....	4
Norme di livello nazionale.....	4
Norme di livello regionale.....	4
Riferimenti normativi complementari.....	4
Contesto edilizio.....	4
Unità strutturale oggetto di intervento e rapporto con le unità adiacenti.....	5
L'unità strutturale oggetto di interventi.....	5
La copertura esistente.....	8
Le strutture di piano.....	9
Le pareti di controventamento trasversale.....	9
La struttura di fondazione.....	10
Valutazioni della sicurezza.....	10
Richiami ai risultati delle verifiche di vulnerabilità sismica già eseguite per l'intero complesso.....	10
Quantificazione del livello di vulnerabilità sismica delle strutture esistenti.....	11
Criteri generali di intervento.....	13
Quadro complessivo degli interventi proposti.....	13
Destinazioni d'uso e carichi sui solai.....	14
Classificazione.....	15
Proprietà dei materiali.....	15
Materiali esistenti.....	15
Prescrizioni sui materiali di nuova fornitura e sulle modalità operative.....	15
Requisiti generali per il progetto di miglioramento.....	15
Livelli di sicurezza.....	15
Vita nominale.....	16
Classe d'uso.....	16
Classe di duttilità.....	16
Gli interventi previsti.....	16
Breve descrizione degli interventi proposti.....	16
Interventi sulle strutture di fondazione.....	16
Interventi sulle pareti verticali.....	16
Interventi sulle strutture di piano.....	17
Sostituzione della struttura di copertura e nuovo cordolo perimetrale in c.a.....	17
Considerazioni sul livello di sicurezza di progetto.....	19

1. PREMESSA

1.1. Le fasi precedenti della progettazione: richiami

Il progetto esaminato dalla Commissione Congiunta e fatto oggetto della comunicazione prot. 0061494 del 6/11/2018 conteneva già la risposta a precedenti richieste di integrazione e chiarimento avanzate dalla Commissione stessa.

Nel seguito si riporta, per chiarezza, un estratto della precedente relazione tecnica illustrativa, estratto nel quale, per sommi capi, si illustrano i criteri posti alla base delle precedenti fasi della progettazione.

Formano l'oggetto della presente relazione tecnica illustrativa i principali calcoli e le principali valutazioni sviluppati dallo scrivente con riferimento al PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA degli interventi di MIGLIORAMENTO DEL CORPO F dell'Ospedale SS. Annunziata di Cento.

Quasi superfluo segnalare che il presente progetto di fattibilità è stato elaborato tenuto conto dei contenuti del parere n. 0042972 del 28 luglio 2017 espresso dalla "Commissione congiunta per l'esame preventivo dei progetti preliminari relativi agli edifici sottoposti alla tutela del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i".

Per chiarezza di esposizione e comodità di lettura si riportano di seguito le principali indicazioni e/ richieste di chiarimenti contenute in detto parere e si illustrano i provvedimenti adottati.

- Livello di sicurezza

La Commissione congiunta osserva che "(...omissis...) il livello di sicurezza sismica globale che si prevede di raggiungere allo stato di progetto è pari al 10% di quello atteso per un edificio nuovo (...omissis...). Ciò non appare a priori coerente con il carattere strategico dell'edificio (...omissis...)".

Tenuto conto di questa osservazione, il progetto è stato modificato: la nuova distribuzione e tipologia degli interventi proposti garantisce il raggiungimento di livelli di sicurezza ben superiori a quelli del progetto precedente (si confronti in proposito il § della relazione dedicato al tema).

- Rilievo geometrico

Gli approfondimenti ed i miglioramenti richiesti sono stati eseguiti (si confrontino in proposito gli elaborati grafici del presente progetto di fattibilità).

- Grado di ammassamento del CORPO F con i corpi di fabbrica adiacenti

Come si potrà più chiaramente evincere dall'esame di quanto riportato di seguito:

- *il CORPO F "confina" con il CORPO D e con il CORPO 2,*
- *il CORPO F è strutturalmente connesso con il CORPO D,*
- *il CORPO F è disgiunto dal CORPO 2.*

- *Destinazioni d'uso degli ambienti*

Le destinazioni d'uso degli ambienti sono riportate negli elaborati del progetto architettonico; i "carichi di progetto" per i diversi ambienti sono riportati invece sugli elaborati del progetto delle strutture (per la valutazione di detti carichi si rimanda a quanto riportato di seguito).

- *Dimensionamento delle catene*

Con riferimento a questo aspetto, come dianzi anticipato, gli interventi di progetto attualmente previsti differiscono da quelli in precedenza proposti; il dimensionamento delle catene è coerente con gli interventi attualmente proposti.

- *Modalità e finalità del rifacimento cornicioni*

Sul tema si rimanda a quanto riportato nel seguito ed agli elaborati grafici di progetto.

- *Relazione geologica ed ubicazione dei punti di sondaggio*

Per chiarezza di esposizione e comodità di lettura la relazione geologica utilizzata per il progetto di fattibilità è nuovamente consegnata in allegato; come si può evincere dalla figura riportata alla pag. 6 della citata relazione, le due prove penetrometriche statiche sono state condotte in prossimità del CORPO F.

- *Indagini e caratteristiche dei materiali riconducibili al CORPO F*

Con riferimento ai contenuti dell'elaborato "INDAGINI E PROVE SPERIMENTALI SUI MATERIALI", sono riconducibili al CORPO F quelli dalla pag. 20 alla pag. 43.

1.2. La richiesta di integrazioni della Commissione Congiunta del 6/11/2018: Risposte, integrazioni e chiarimenti

Per le considerazioni di carattere generale riferite ai contenuti del progetto con particolare ma non esclusivo riferimento alle risposte alla nota della Commissione Congiunta citata, si rimanda alla PARTE PRIMA della



2.6. Unità strutturale oggetto di intervento e rapporto con le unità adiacenti

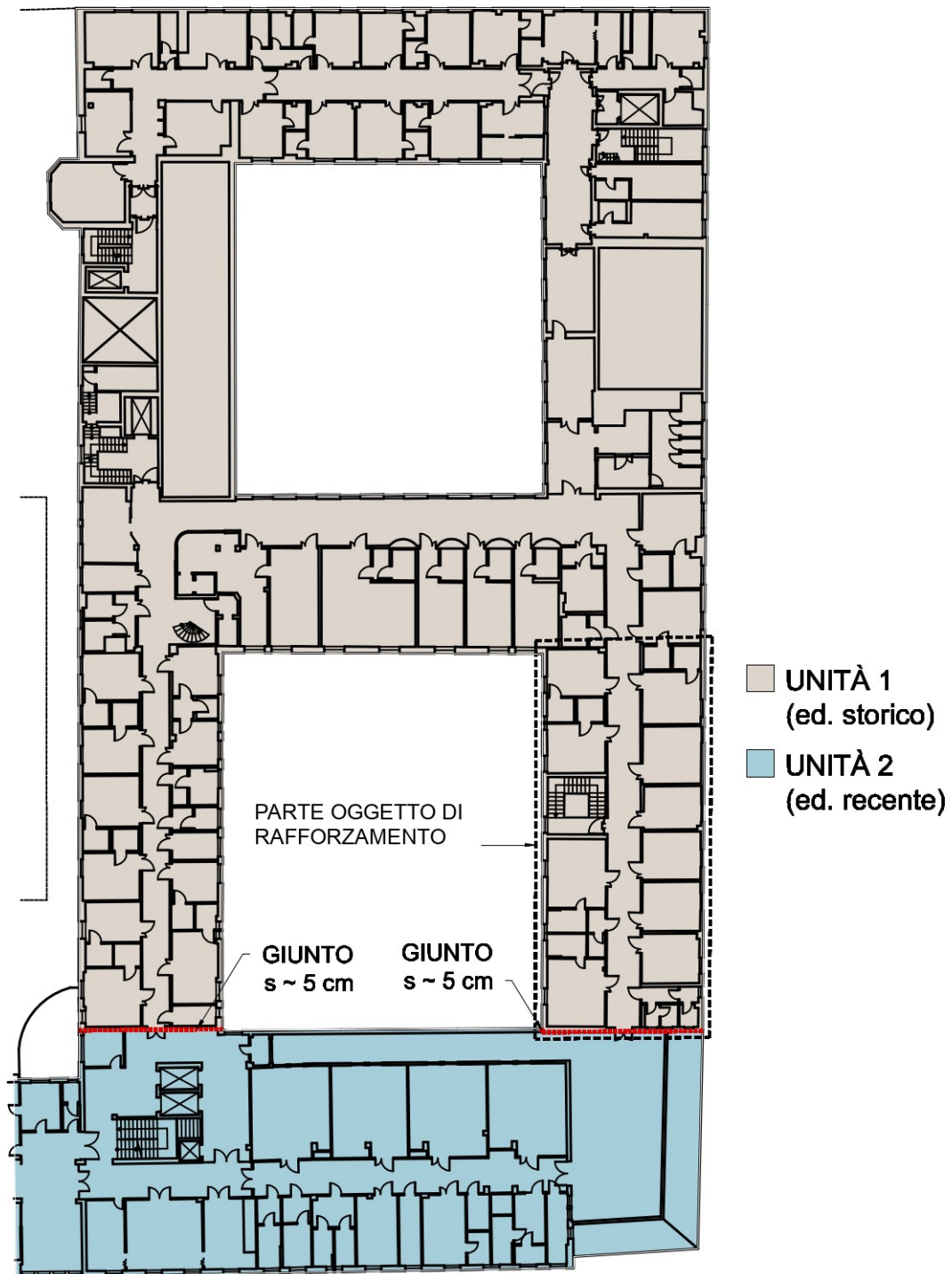
2.6.1. *L'unità strutturale oggetto di interventi*

Il corpo principale dell'Ospedale SS. Annunziata è costituito, nel suo complesso, da due unità strutturali indipendenti:

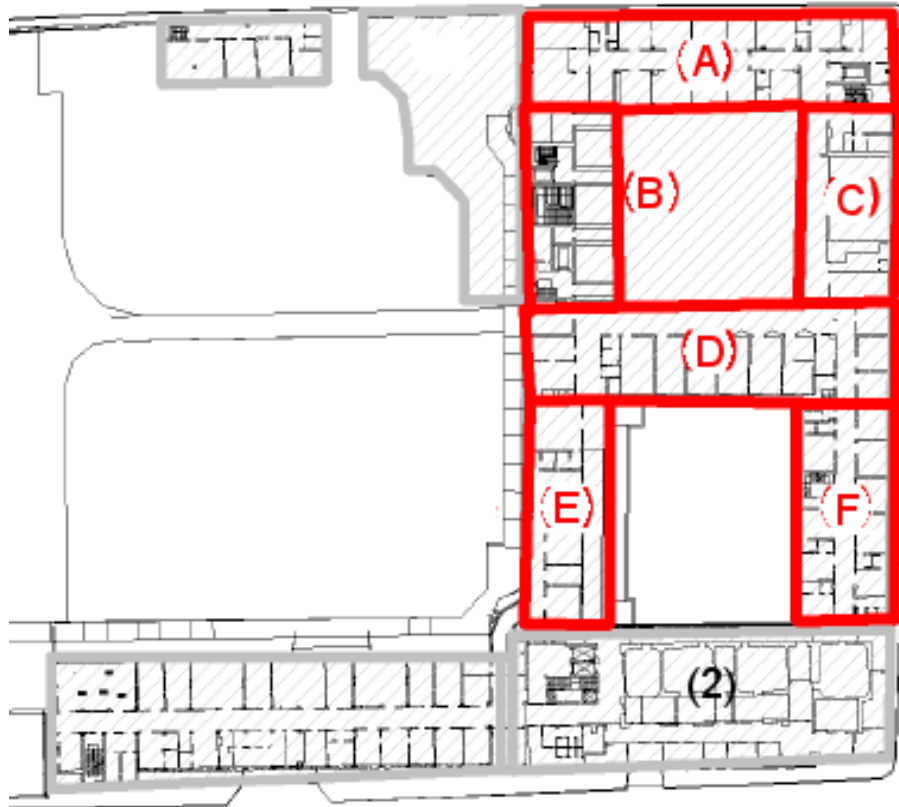
- l'unità 1 è costituita dal corpo storico in muratura
- l'unità 2 è costituita da un più recente edificio in c.a.

Le due unità sono separate da giunti costruttivi di ampiezza pari a circa 5 cm. 4

L'estensione e la configurazione in pianta delle due unità è rappresentata nella figura seguente.



Sotto l'aspetto morfologico e funzionale, l'unità 1 è stata a sua volta suddivisa in "corpi" fra loro connessi strutturalmente, la cui denominazione è richiamata nella figura seguente:



Il presente progetto prevede interventi limitatamente alle strutture del "CORPO F" e di una parte del "CORPO D" ad essa adiacente.

Al riguardo si precisa che la porzione di copertura esistente in corrispondenza della intersezione tra il CORPO F ed il CORPO D costituisce una delle più rilevanti cause di vulnerabilità per il CORPO D medesimo. Per questa ragione il progetto prevede anche la realizzazione di strutture metalliche di copertura afferenti al CORPO D, ma dette strutture vengono mantenute disgiunte mediante completa separazione da quelle del CORPO F.

In definitiva la parte dell'edificio soggetta ad interventi (CORPO F) risulta collegata ai corpi adiacenti nel seguente modo:

- con le strutture del CORPO D (parte della medesima unità strutturale 1) vi è completa continuità strutturale da cielo a terra; il confine fra i due corpi è, sotto ogni aspetto, convenzionale e dato esclusivamente dall'estensione dell'area oggetto di interventi;

- con l'unità strutturale 2 vi è completa separazione per mezzo di un giunto, di spessore pari a circa 5 cm, continuo da cielo a terra.

Per una più precisa valutazione degli effetti degli interventi sul comportamento globale dell'intera unità 1 si rimanda alla PARTE QUARTA della presente relazione.

2.6.2. La copertura esistente

La copertura esistente, che ha sostituito nel tempo l'originaria struttura lignea, è realizzata con capriate composte da travetti prefabbricati in c.a.p. del tipo "varese", giuntati fra loro con getti in c.a. in opera.

La catena di ciascuna capriata svolge inoltre la funzione di supporto per il controsoffitto, per gli impianti e per il passaggio calpestabile per la manutenzione. Per sorreggere la catena in mezzzeria, la stessa è stata quindi sospesa al colmo del tetto con tondini per c.a. di 20 mm di diametro (si confronti in proposito la tavola S.06 di progetto).



Fotografia 1



Fotografia 2

In corrispondenza dell'intersezione dei due corpi D ed F è realizzato un complesso sistema di pesanti capriate e travi in c.a. gettate in opera, dall'incerta concezione e con pericolosi appoggi “in falso”.

Nel complesso l'intera copertura risulta disfunzionale, mal concepita ed in pessimo stato di conservazione.

Sul lato lungo il chiostro la copertura appoggia su un cordolo in c.a. che funge anche da sostegno per lo sporto di gronda; dal lato del cornicione monumentale, lungo la Via Facchini, le capriate poggiano direttamente sulla muratura. Il manto di copertura è realizzato con tegole in laterizio di tipo “marsigliese”.

Tale schema strutturale è stato già individuato come una delle principali vulnerabilità di questa parte di edificio nei confronti delle azioni sismiche. Esso infatti da un lato ha determinato un significativo incremento della massa della copertura, senza essere in grado di fornire un adeguato vincolo di sommità per le murature del piano secondo.

Il rilievo strutturale completo del tratto di copertura è riportato nella tavola S06 del presente progetto di fattibilità tecnica ed economica.

La relativa documentazione fotografica è riportata nell'elaborato SR3 del presente progetto di fattibilità tecnica ed economica.

2.6.3. Le strutture di piano

I solai del piano primo sono sorretti in parte da volte in muratura di mattoni, ed in parte da un solaio laterocementizio su travetti prefabbricati in c.a.p.

Tutti i solai del piano secondo sono laterocementizi su travetti prefabbricati in c.a.p. All'estradosso è presente un getto non armato di calcestruzzo con spessore assai variabile.

2.6.4. Le pareti di controventamento trasversale

Le pareti esistenti di controventamento trasversale sono realizzate in muratura di mattoni pieni e calce aerea e presentano spessori variabili fra i circa 45 cm (tre teste) e i 15 cm (una testa). La disposizione in pianta è fortemente asimmetrica ed in molti casi la continuità da cielo a terra è stata compromessa nel corso di successivi interventi. In particolare al piano terra tutte le pareti trasversali a destra del vano scala sono state demolite, assieme alla parete di spina, per far posto ad un'ampia stanza in uso all'ospedale. Al piano secondo, infine le pareti di controventamento trasversale risultano pressoché assenti per l'intera lunghezza

dell'edificio, con la sola eccezione delle due pareti che fiancheggiano la scala.

2.6.5. La struttura di fondazione

La struttura di fondazione, indagata mediante due saggi eseguiti in corrispondenza di una parete di bordo e della parete di spina, sono di tipo superficiale, con piano di posa alla profondità di circa 80 cm dal piano di campagna, e sono realizzate dal semplice allargamento della sezione delle murature. Allo spiccato delle pareti è stato rilevato un letto di mattoni di colore scuro parzialmente vetrificati sulla superficie, probabilmente inseriti per ridurre la risalita capillare dell'acqua dal terreno.

3. VALUTAZIONI DELLA SICUREZZA

3.1. Richiami ai risultati delle verifiche di vulnerabilità sismica già eseguite per l'intero complesso

Giova richiamare in questa sede la circostanza che, per incarico dell' Azienda USL di Ferrara, il sottoscritto ha eseguito le verifiche di vulnerabilità per i fabbricati principali che compongono il complesso ospedaliero in oggetto. Gli esiti di dette verifiche sono raccolti nel documento “ VERIFICHE TECNICHE DELL ' OSPEDALE SS . ANNUNZIATA IN VIA VICINI N . 2 – CENTO (FE)” prodotto dallo scrivente in data 17.09.2012.

Come si può evincere dall' esame della relazione citata, la dovuta e particolare attenzione è stata naturalmente dedicata al fabbricato monumentale; le analisi sono state condotte mediante l' elaborazione di complessi modelli numerici agli elementi finiti.

I risultati ottenuti sono, in sintesi, i seguenti:

a- Le resistenze

- a1- Come peraltro facile supporre, i livelli di sicurezza garantiti dalle strutture nella configurazione corrispondente allo stato di fatto, sono in generale nettamente inferiori rispetto a quelli richiesti dalle norme vigenti.
- a2- Per le murature verticali nessuna delle convenzionali verifiche di resistenza allo SLV (presso-flessione nel piano, taglio e pressoflessione fuori dal piano) è soddisfatta,
- a3- Per le “fasce di piano” poste in corrispondenza delle facciate, nessuna delle convenzionali verifiche allo SLV (flessione e taglio) è soddisfatta.

b- L' organizzazione strutturale e le vulnerabilità

Con le premesse di cui alla precedente lettera a-, si fa rilevare che:

- b1- L' organizzazione strutturale dei corpi di fabbrica A, B e C, pur con le carenze dianzi poste in evidenza, appare più razionale rispetto a quella dei corpi di fabbrica D, E ed F.
- b2- Questi ultimi infatti evidenziano una palese carenza di controvento trasversale, come peraltro

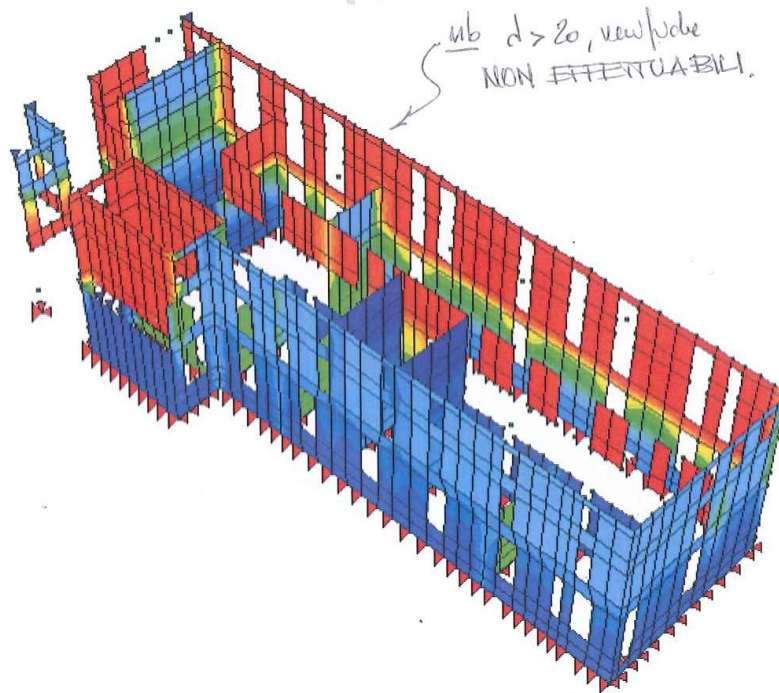
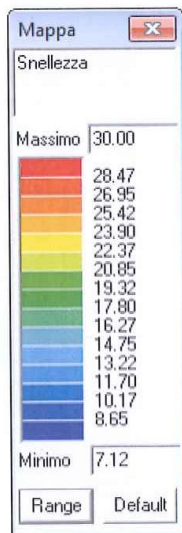
chiaramente illustrato dalle figure allegate alle pagine seguenti (entrambe le figure sono riferite al Corpo F, ma la situazione per il Corpo D, per ciò che riguarda questo aspetto, è del tutto paragonabile). A ciò si aggiunge che:

- la copertura dei corpi di fabbrica D ed F è realizzata mediante pesanti ed insicure strutture in calcestruzzo (peraltro in avanzato stato di degrado), poggiate esclusivamente sulle fragili ed ampiamente forate murature longitudinali.
- Per il Corpo F le potenziali conseguenze della carenza di controventamento verticale trasversale sono aggravate dalla elevatissima snellezza della parete del fronte principale (si confronti in proposito il successivo § 3.2).

3.2. Quantificazione del livello di vulnerabilità sismica delle strutture esistenti

Scendendo nello specifico della parte dell'unità 1 oggetto di interventi (CORPO F) le verifiche formali di vulnerabilità sismica rendono molto difficile fornire una quantificazione affidabile del livello di sicurezza della struttura esistente. Questo fatto dipende in massima parte da due fattori.

Il **primo fattore** è certamente l'incapacità delle strutture di piano esistenti di fornire un efficace vincolo per le pareti esterne nei confronti dell'instabilità fuori dal piano. Le pareti della facciata monumentale lungo Via Facchini, in particolare, risultano fortemente penalizzate dalle ampie aperture a doppia altezza che impediscono ai sia pur pochi setti trasversali presenti di fornire un contributo significativo in termini di vincolo per le pareti. Questo fatto determina un elevatissimo valore della snellezza delle pareti che portano i carichi verticali ai piani primo e secondo. Il valore di calcolo delle snellezze degli elementi parete nella configurazione attuale è rappresentato nella figura seguente.



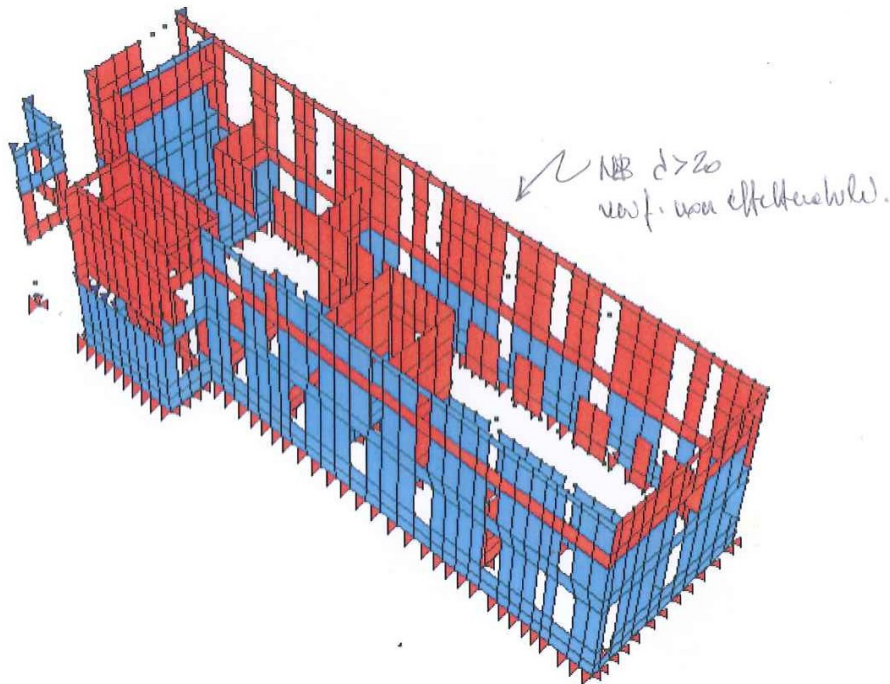
F17B-3_pre_SLU_snellezze.png

Come è noto, per valori di snellezza convenzionale delle pareti superiori a 20 le verifiche secondo i criteri di norma non sono effettuabili e perdono di significato fisico.

Il **secondo fattore** critico per la sicurezza della struttura esistente è dato dal fatto che ampie porzioni di una delle pareti longitudinali interne, al piano terra, sono state sostituite nel corso di interventi relativamente recenti con esili pilastri metallici. L'intervento ha reso da un lato di non facile interpretazione il percorso dei carichi verticali verso il suolo e dall'altro, per quanto attiene la sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, determina un forte aggravio delle sollecitazioni sulle pareti longitudinali esterne, già affette dai problemi di elevata snellezza ricordati sopra.

A ciò occorre aggiungere l'impossibilità di considerare come efficaci le strutture di piano al fine di trasferire effettivamente le azioni orizzontali alle stesse pareti.

Complessivamente il quadro delle verifiche sulle pareti risulta dalla seguente figura dove in blu sono indicati gli elementi che garantiscono un livello minimo di sicurezza pari al 60% del requisito per le nuove costruzioni.



F17B-3_pre_SLV_sintesi.png

4. CRITERI GENERALI DI INTERVENTO

4.1. Quadro complessivo degli interventi proposti

L'intervento proposto nel presente stralcio è volto al conseguimento di un effettivo miglioramento della sicurezza strutturale intervenendo sui seguenti fattori:

1. il rinforzo del sistema delle pareti longitudinali di spina che portano i carichi verticali;
2. l'eliminazione della grave vulnerabilità costituita dalla copertura esistente in c.a.;
3. la riduzione della lunghezza libera di inflessione delle murature del piano secondo attraverso il miglioramento delle condizioni di vincolo ai solai ed alla copertura;

4. la riduzione della lunghezza libera di inflessione delle murature dei piani terra e primo attraverso il miglioramento delle condizioni di vincolo ai solai e mediante il miglioramento dell'efficacia del sistema di controventamento orizzontale;
5. il miglioramento ed integrazione del sistema di controventamento verticale in direzione trasversale e longitudinale;
6. il consolidamento delle strutture di fondazione.

4.2. Destinazioni d'uso e carichi sui solai

L'intervento **non prevede alcuna modifica delle destinazioni d'uso** degli ambienti né dell'entità dei carichi accidentali gravanti sulle strutture; pertanto sono da escludersi le condizioni di cui al punto 8.4.1., del DM 14.01.2008, che stabiliscono ove vi sia obbligo di adeguamento alle norme tecniche vigenti.

Il quadro complessivo nello stato di fatto e di progetto dei carichi accidentali sulla costruzione è riportato sulle tavole degli interventi strutturali ed è richiamato di seguito.

CARICHI - STATO DI FATTO

PIANO	DESTINAZIONE D'USO (d.m. 14.01.2008)	CARICO ACCIDENTALE (Q _k)
TERRA:	Cat. C1: Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00 kN/m ²
PRIMO:	Cat. C1: Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00 kN/m ²
SECONDO:	Cat. C1: Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00 kN/m ²
SOTTOTETTO:	Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50 kN/m ² + impiantistica esistente

CARICHI - STATO DI PROGETTO

PIANO	DESTINAZIONE D'USO (d.m. 14.01.2008)	CARICO ACCIDENTALE (Q _k)
TERRA:	Cat. C1: Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00 kN/m ²
PRIMO:	Cat. C1: Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00 kN/m ²
SECONDO:	Cat. C1: Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00 kN/m ²
SOTTOTETTO:	Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50 kN/m ² + impiantistica esistente

Si osserva in merito che il fatto di avere esplicitamente previsto, fra i carichi di progetto della nuova copertura, una quota di carico per macchinari ed attrezzature impiantistiche, non ha altro significato se non quello di prevedere esplicitamente il peso dovuto al ripristino della presenza di macchinari ed installazioni già attualmente presenti in condizioni di sicurezza insufficienti, sull'intera copertura, e non costituisce pertanto un incremento della massa effettivamente presente sulla costruzione.

4.3. Classificazione

L'intervento agisce su alcuni dei meccanismi resistenti di una porzione limitata della costruzione (sottonuità F), meccanismi che si sono rivelati avere il maggior livello di vulnerabilità. Gli interventi del presente stralcio sono quindi classificabili, ai sensi del punto 8.4.1 delle vigenti norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018), come:

RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE.

4.4. Proprietà dei materiali

Rinviando alle relazioni specialistiche dei successivi livelli di approfondimento della progettazione strutturale, si richiamano in questa sede alcuni dati essenziali relativi al livello di conoscenza dei materiali esistenti conseguito con le indagini eseguite per le verifiche generali di vulnerabilità e si forniscono alcuni requisiti per i materiali di nuova fornitura da utilizzare nel progetto degli interventi.

4.4.1. Materiali esistenti

Tenuto conto delle indicazioni fornite al § C8A.1.A.4 della circolare citata, si precisa:

- 1- Essendo stati effettuati il rilievo geometrico e verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi ed indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali, il livello di conoscenza raggiunto è classificabile come:

LC1.

- 2- Il corrispondente fattore di confidenza è:

$FC = 1.35$.

- 3- I valori di resistenza delle murature, assumendo i valori minimi dati nella tabella C8A.2.1 della circolare corretti in base ai pertinenti fattori della tabella C8A.2.2 e tenendo presente il livello di conoscenza, risultano:

$$f_{m,LC1} = 1,5 \times 1,3 \times f_{m,min} / 1,35 = 1,5 \times 1,3 \times 2,40 / 1,35 = 3,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{0,LC1} = 1,5 \times 1,3 \times \tau_{0,min} / 1,35 = 1,5 \times 1,3 \times 0,06 / 1,35 = 0,087 \text{ N/mm}^2$$

valori compatibili con i risultati delle prove eseguite con i martinetti.

4.4.2. Prescrizioni sui materiali di nuova fornitura e sulle modalità operative

Trattandosi di edificio soggetto alla tutela del D.Lgs. n. 42/2004, anche la scelta dei materiali da utilizzarsi nei successivi livelli di approfondimento progettuale dovrà essere attentamente studiata in modo da garantire la compatibilità sia estetica sia materica con i materiali storici presenti.

4.5. Requisiti generali per il progetto di miglioramento

4.5.1. Livelli di sicurezza

L'insieme degli interventi di rinforzo e l'eliminazione di alcune delle più gravi vulnerabilità riscontrate consentono di fissare, quale obiettivo di riferimento per le fasi successive di approfondimento progettuale, un livello di protezione sismica pari a circa il 40% di quello previsto dalle norme per le nuove costruzioni di

pari classe d'uso.

4.5.2. Vita nominale

Quale parametro di riferimento si è assunta una vita nominale

$$V_N = 50 \text{ anni.}$$

4.5.3. Classe d'uso

L'edificio si classifica secondo le indicazioni contenute nel §2.4.2. del DM 14.01.2015 in

Classe IV.

Il relativo coefficiente d'uso è

$$C_u = 2,00.$$

4.5.4. Classe di duttilità

Gli interventi saranno progettati in classe di duttilità CD B.

5. GLI INTERVENTI PREVISTI

5.1. Breve descrizione degli interventi proposti

Con riferimento alle tavole del progetto di fattibilità tecnica ed economica allegate alla presente relazione.

5.1.1. Interventi sulle strutture di fondazione

La struttura è al momento priva di un efficace sistema di fondazione. Le pareti, con un piccolo allargamento di sezione, poggiano direttamente sul terreno, ad una profondità di circa 80 cm. La falda freatica variabile, ad una profondità minima di circa un metro. Le pareti non sono fra loro collegate in alcun modo.

L'intervento prevede la realizzazione di una platea continua efficacemente ammortata alle pareti. La nuova platea, oltre a fornire un adeguato piano di appoggio per il pavimento del piano terra, al di sotto del quale si prevede di realizzare un vespaio aerato, consente un sicuro collegamento al piede per tutte le murature verticali.

5.1.2. Interventi sulle pareti verticali

Il miglioramento del sistema sismoresistente è dato principalmente dal rinforzo delle pareti in muratura. Sono previsti, in sintesi, due tipi di intervento:

1. la realizzazione di nuove pareti od il completamento di parti di parete la cui continuità da cielo a terra risulta compromessa da interventi pregressi;
2. il rinforzo di pareti esistenti mediante placcaggio su entrambe le facce con strati di malta ad alta resistenza compatibile con la muratura esistente, rinforzata con rete metallica.

Gli interventi interessano sia le murature trasversali, sia uno dei setti di spina che ha subito in epoca recente un esteso intervento di demolizione e sua sostituzione con esili pilastri metallici.

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole di progetto allegate alla presente relazione.

5.1.3. Interventi sulle strutture di piano

Si prevedono in questa fase interventi differenziati per i solai del piano primo ed i solai del piano secondo.

Sui solai del piano primo.

I solai del piano primo sono in parte realizzati su volte in muratura ed in parte con solai laterocementizi privi di soletta armata di estradosso.

Se da un lato per quelle porzioni realizzate su volte in muratura è ipotizzabile una certa efficacia del comportamento a diaframma rigido del solaio, le parti realizzate con solai laterocementizi non consentono di garantire con un sufficiente livello di affidabilità la distribuzione delle azioni orizzontali fra gli elementi resistenti.

La ragione di ciò risiede in due carenze essenziali rilevate:

1. l'incapacità del solaio di resistere ad azioni di trazione nella direzione ortogonale ai travetti;
2. l'inadeguato ammorsamento degli stessi solai alle murature esterne.

In questa fase, per le ragioni chiaramente esposte, si prevede per questi solai un intervento di miglioramento del sistema di ammorsamento alle murature mediante catene metalliche ancorate con piastre capochiave. La forma effettiva delle piastre capochiave sarà sviluppata tenendo presenti le esigenze di tutela dell'edificio da parte della competente Soprintendenza, in particolare per quanto riguarda gli elementi sulla facciata monumentale su Via Facchini.

Le nuove catene sono dimensionate in modo da fornire un minimo livello di resistenza a trazione della struttura attraverso l'esplicitarsi di meccanismi tipo tirante-puntone nello spessore della soletta.

Sui solai del piano secondo.

I solai del piano secondo sono interamente laterocementizi, su travetti in c.a. e tavelloni in laterizio e non è presente una soletta armata di estradosso.

Rispetto a quanto osservato per i solai del piano primo, si richiama il fatto che al piano superiore dell'edificio le azioni da trasferire alle pareti risultano più elevate e risulta pertanto indispensabile realizzare un massetto armato con calcestruzzo leggero strutturale, posto ad estradosso ed esteso su tutta la superficie del piano.

Il nuovo massetto sarà, ove possibile, ammorsato alle murature perimetrali mediante barre ancorate con resina epossidica. Data tuttavia l'assenza di un cordolo perimetrale in cemento armato, si è infine deciso, a favore dell'affidabilità complessiva del sistema di controventamento di piano, di realizzare anche al piano secondo un sistema di catene metalliche analogo a quello già descritto per il piano primo.

Infine, per tener conto del "non allineamento" in pianta delle pareti trasversali controventanti, si è ritenuto opportuno introdurre fasce piene in c.a. di collegamento tra fasce opposte di soletta e murature trasversali che collegano fronti opposti del fabbricato.

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole di progetto allegate alla presente relazione.

5.1.4. Sostituzione della struttura di copertura e nuovo cordolo perimetrale in c.a.

La pesante ed insicura struttura di copertura in c.a. esistente è sostituita da una più leggera struttura metallica reticolare.

La nuova struttura è progettata in modo tale da svolgere inoltre la funzione di controvento di piano e di vincolo di sommità per le pareti verticali, contribuendo significativamente alla riduzione della snellezza convenzionale delle stesse.

Al fine di uniformare, da un lato, il carico sulle pareti perimetrali di appoggio, e dall'altro per favorire il trasferimento alle pareti delle azioni sismiche dovute alla copertura, si prevede inoltre di realizzare un cordolo perimetrale in c.a. esteso sull'intero perimetro dell'edificio. Allo stato attuale, infatti, è presente un cordolo in c.a. solamente sulla parete che si affaccia sul chiostro interno.

Il cordolo esistente, su cui non è stato possibile ricavare dati certi in merito a qualità dei materiali impiegati, epoca di costruzione e livello di armatura, ingloba inoltre il cornicione della facciata prospiciente il chiostro. Tale cornicione è privo di interesse storico o artistico e pertanto se ne prevede il rifacimento contestualmente alla realizzazione del nuovo cordolo.

Diversa è la situazione del cornicione monumentale su Via Facchini. Il cornicione è infatti realizzato essenzialmente in muratura di mattoni pieni, con l'inserimento di alcune mensoline in cemento armate con anche metalliche di varia fattura.

In questo caso il nuovo cordolo sarà realizzato sostituendo parzialmente la muratura esistente, previa puntellatura in transitorio del cornicione..

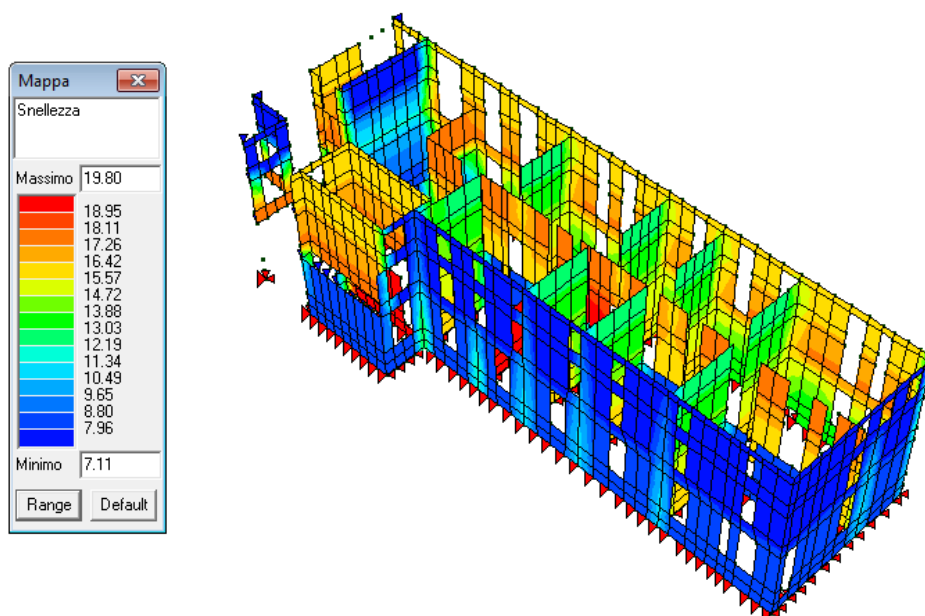
5.2. Considerazioni sul livello di sicurezza di progetto

Come si è già rilevato, l'insieme degli interventi di rinforzo consente di fissare, quale obiettivo di riferimento per le fasi successive di approfondimento progettuale, un livello di protezione sismica pari a circa il 40% di quello previsto dalle norme per le nuove costruzioni di pari classe d'uso.

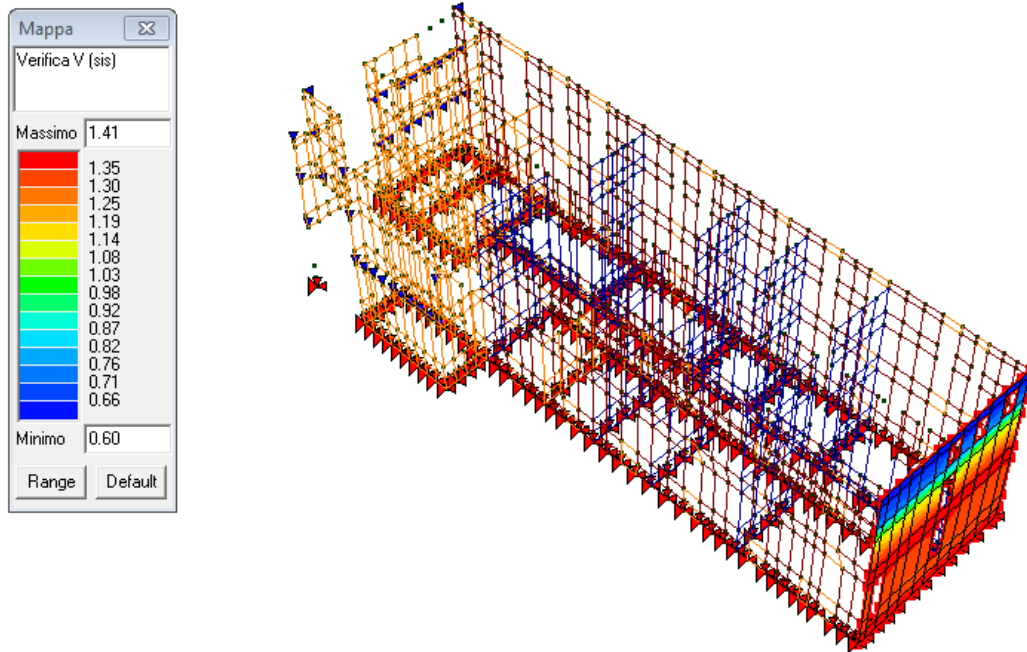
La possibilità effettiva di conseguire tale obiettivo è stata verificata analiticamente mediante alcuni semplici modelli numerici della struttura post intervento.

I modelli prevedono l'efficacia del pieno comportamento a diaframma rigido delle strutture orizzontali del piano secondo, della nuova copertura, e di quelle parti del piano primo che poggiano su strutture a volta. Si è invece trascurata la capacità di funzionamento a diaframma dei rimanenti solai laterocementizi del piano primo.

L'esito dell'intervento in termini di rigidezza convenzionale delle pareti è rappresentato nella figura seguente, in cui si vede che il valore della snellezza è ricondotto entro il limite superiore di 20, consentendo una verifica mediante i metodi previsti dalle norme tecniche.



L'esito delle verifiche mostra infine che, a meno di crisi estremamente localizzate che saranno oggetto di approfondimento in sede di progettazione esecutiva, il collasso della struttura per azioni sismiche avviene per taglio nella parete di testata, quella cioè in corrispondenza del giunto con l'unità 1.



Il livello di accelerazione che produce tale crisi risulta essere pari a circa il 40% del livello di accelerazione previsto per le nuove costruzioni.

Per quanto riguarda la sicurezza nei confronti dei carichi verticali, l'intervento consegue, sempre per l'effetto in termini di snellezza sulle pareti, l'importante risultato di consentirne una corretta valutazione secondo i metodi previsti dalle vigenti norme tecniche. Le stime analitiche eseguite sui modelli sopra descritti consentono di concludere che il livello di sicurezza nei confronti dei carichi verticali è rispondente ai limiti di norma.

PARTE QUARTA

INTERVENTI DI RINFORZO DEL CORPO F

E LORO EFFETTI SUL LIVELLO DI SICUREZZA DELL' UNITA' STRUTTURALE 1

1. PREMESSA

Considerato il Corpo F come appartenente all' unità strutturale 1, occorre evidentemente assicurarsi che gli interventi di rinforzo previsti nel presente studio di fattibilità (e dunque gli interventi di rinforzo generalizzato del Corpo F (compresa la sostituzione della copertura, completa per il Corpo F e parziale per il Corpo D) non comportino, per l' unità strutturale 1, un aggravamento dei livelli globali di sollecitazione e di deformazione (e dunque un abbassamento del livello di sicurezza).

Come anticipato nella PARTE SECONDA della presente relazione, verranno di seguito valutati anche gli effetti della sostituzione della copertura per l' intero Corpo D (ferme restando le avvertenze riportate nella citata PARTE SECONDA).

2. EFFETTO DEGLI INTERVENTI SUL LIVELLO DI SICUREZZA DEL CORPO 1

2.1. Illustrazione dei risultati

Nei gruppi di figure riportati alle pagine seguenti si riportano:

- 1- Le viste del modello numerico approntato per lo studio complessivo dell' unità strutturale 1.
- 2- Per la configurazione corrispondente allo stato di fatto
 - 2.1. Le viste del modello numerico (con evidenziata la distribuzione in pianta delle pareti verticali portanti).
 - 2.2. La vista assonometrica e la vista in pianta della configurazione deformata per sisma agente secondo la direzione principale X (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
 - 2.3. La distribuzione e l' entità delle tensioni tangenziali nelle murature nella condizione di sisma agente secondo la direzione principale X (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
 - 2.4. La vista assonometrica e la vista in pianta della configurazione deformata per sisma agente secondo la direzione principale Y (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
 - 2.5. La distribuzione e l' entità delle tensioni tangenziali nelle murature nella condizione di sisma agente secondo la direzione principale Y (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 3- Per la configurazione di progetto come da presente studio di fattibilità
 - 3.1. La vista del modello numerico.

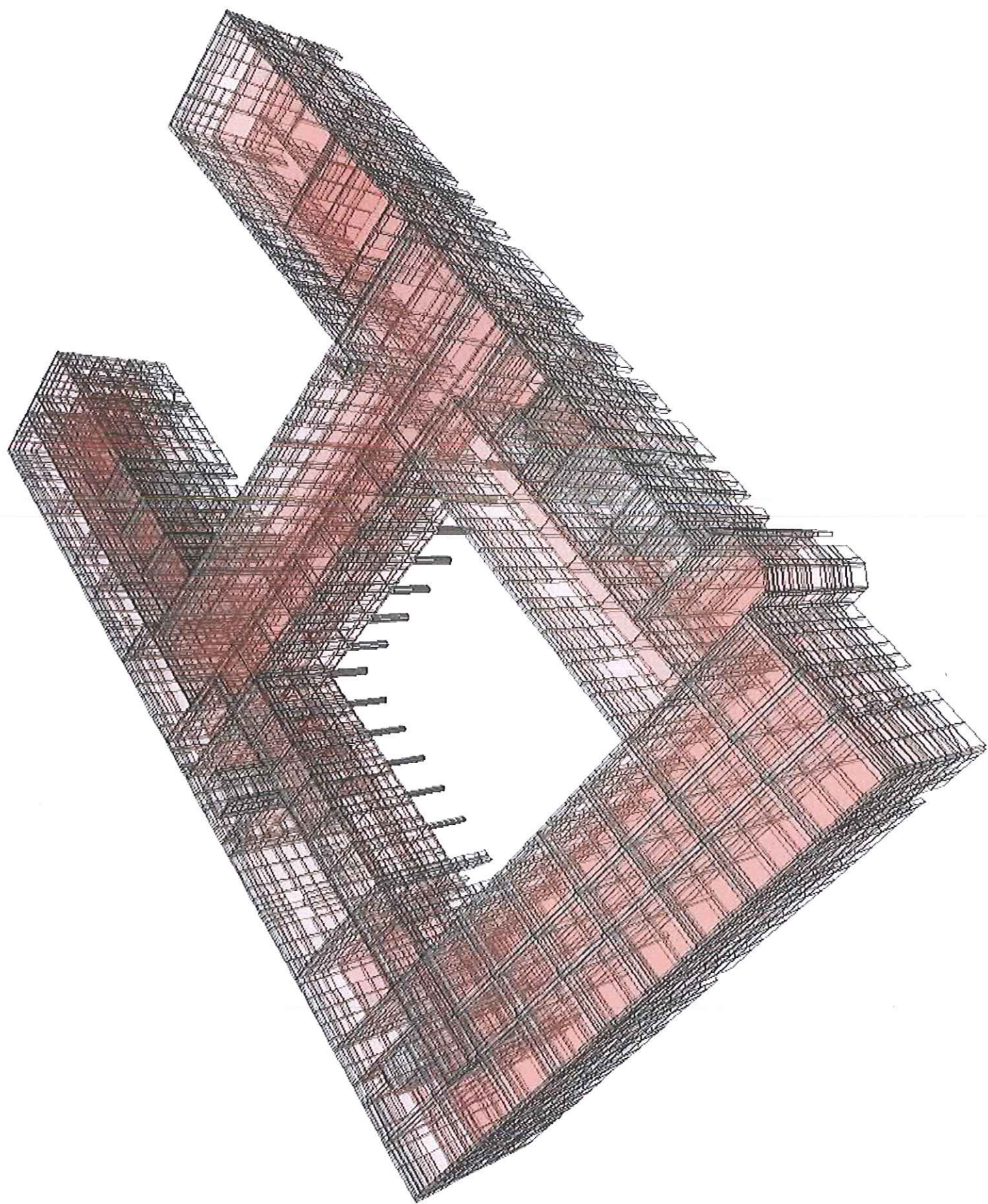
- 3.2. La vista assonometrica e la vista in pianta della configurazione deformata per sisma agente secondo la direzione principale X (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 3.3. la distribuzione e l' entità delle tensioni tangenziali nelle murature nella condizione di sisma agente secondo la direzione principale X (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 3.4. la vista assonometrica e la vista in pianta della configurazione deformata per sisma agente secondo la direzione principale Y (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 3.5. la distribuzione e l' entità delle tensioni tangenziali nelle murature nella condizione di sisma agente secondo la direzione principale Y (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).

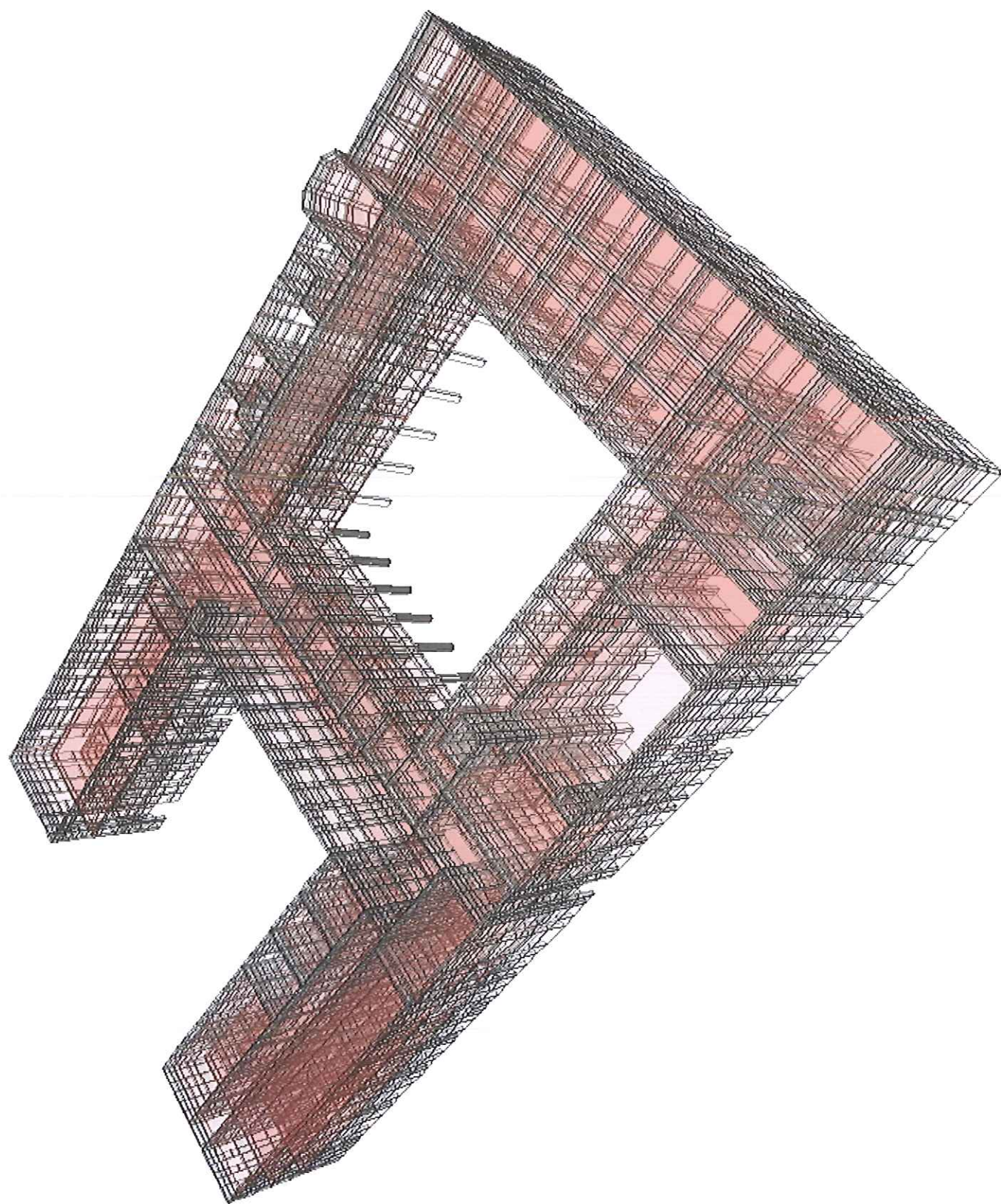
4- Per la configurazione di progetto qualora si provveda all' integrale sostituzione anche della copertura del Corpo D

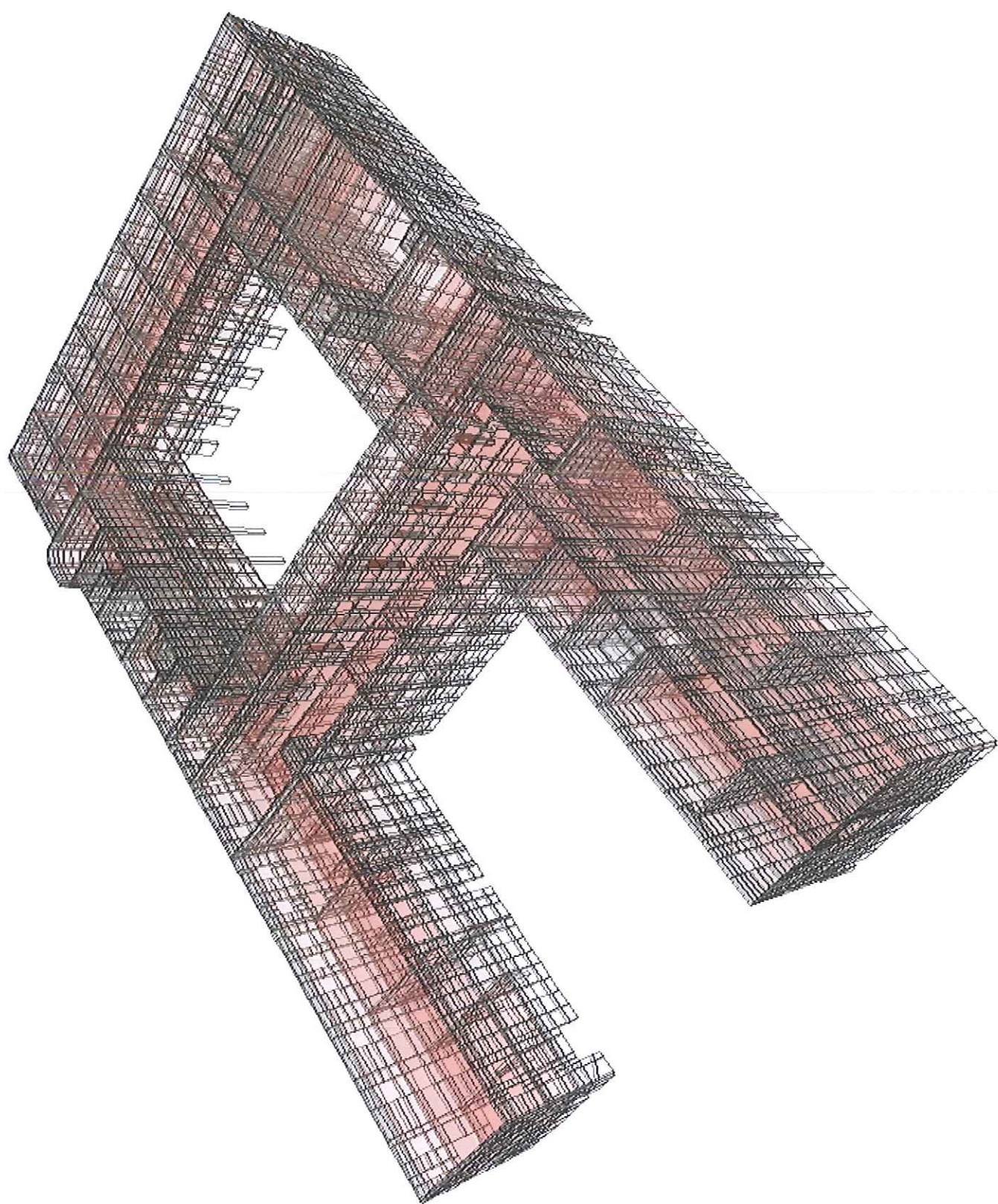
- 4.1. La vista del modello numerico.
- 4.2. La vista assonometrica e la vista in pianta della configurazione deformata per sisma agente secondo la direzione principale X (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 4.3. la distribuzione e l' entità delle tensioni tangenziali nelle murature nella condizione di sisma agente secondo la direzione principale X (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 4.4. la vista assonometrica e la vista in pianta della configurazione deformata per sisma agente secondo la direzione principale Y (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).
- 4.5. la distribuzione e l' entità delle tensioni tangenziali nelle murature nella condizione di sisma agente secondo la direzione principale Y (con riferimento allo stato limite ultimo SLV).

STUDIO CECCOLI E ASSOCIATI
Piazza di Porta Maggiore, 5 - 40137 Bologna
tel. 051 399542 fax 051 399512 e.mail: ceccoliassociati@ceccoliassociati.it
dott. ing. Daniele Biondi

LE CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO NUMERICO

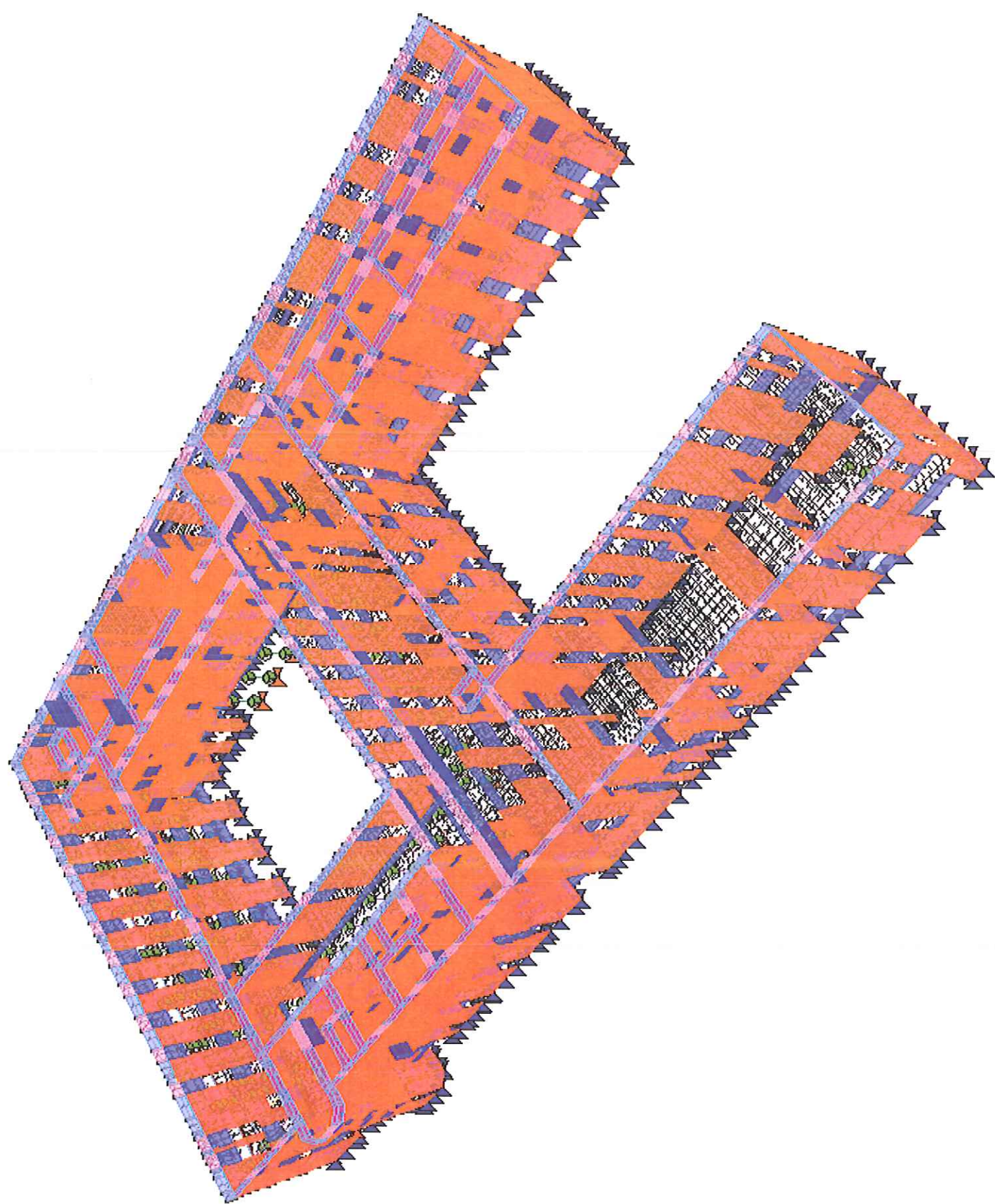


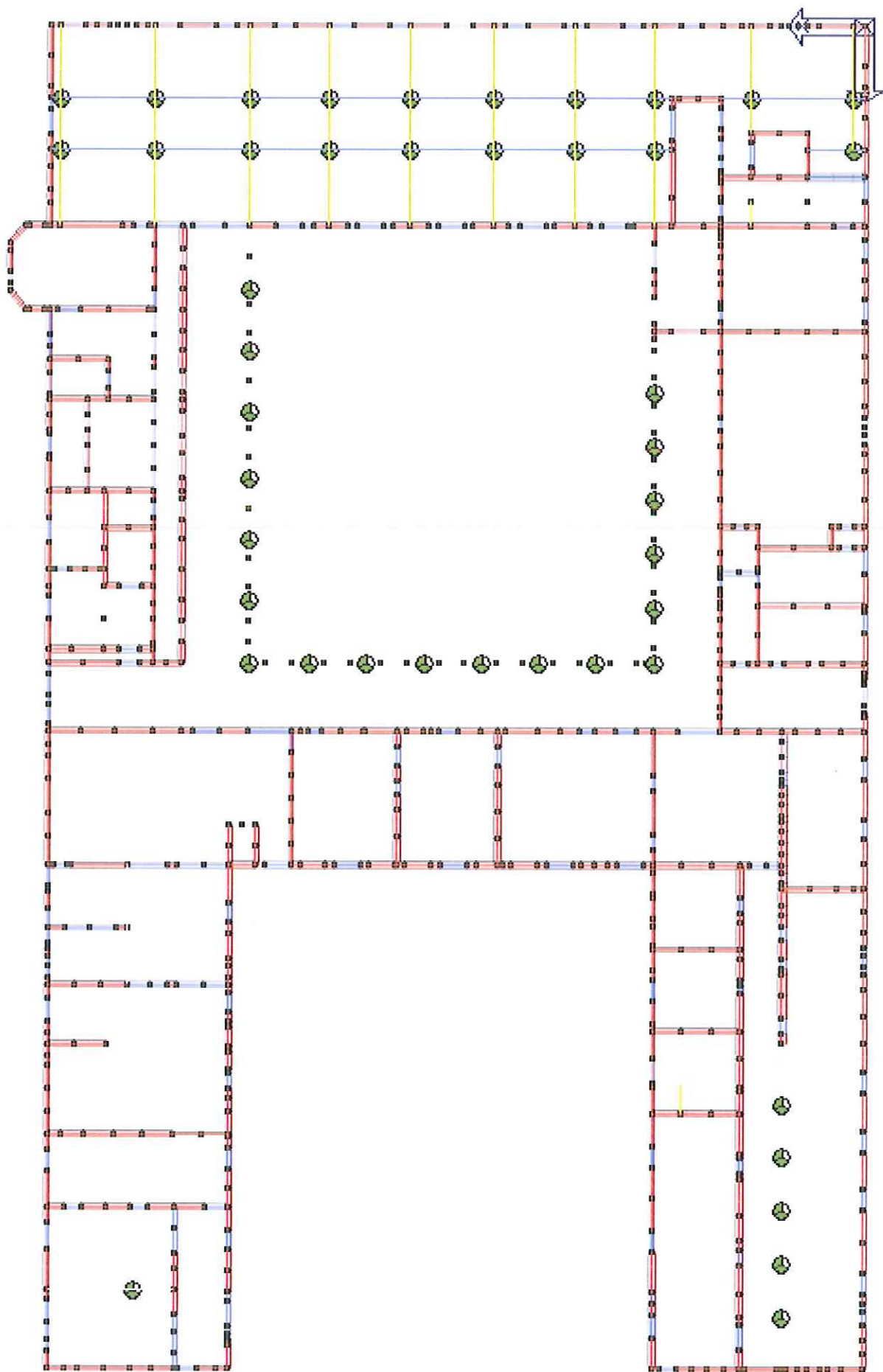


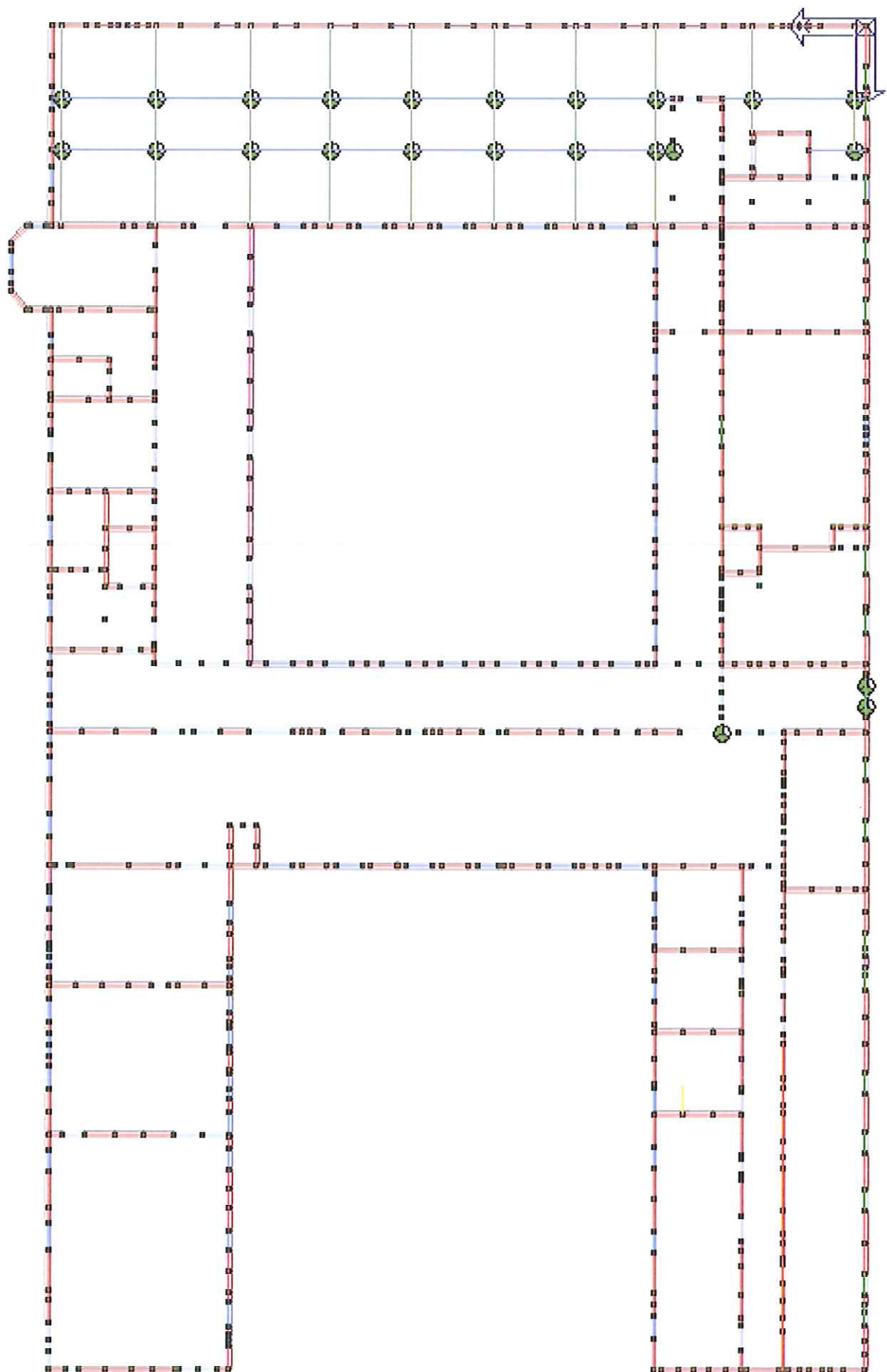


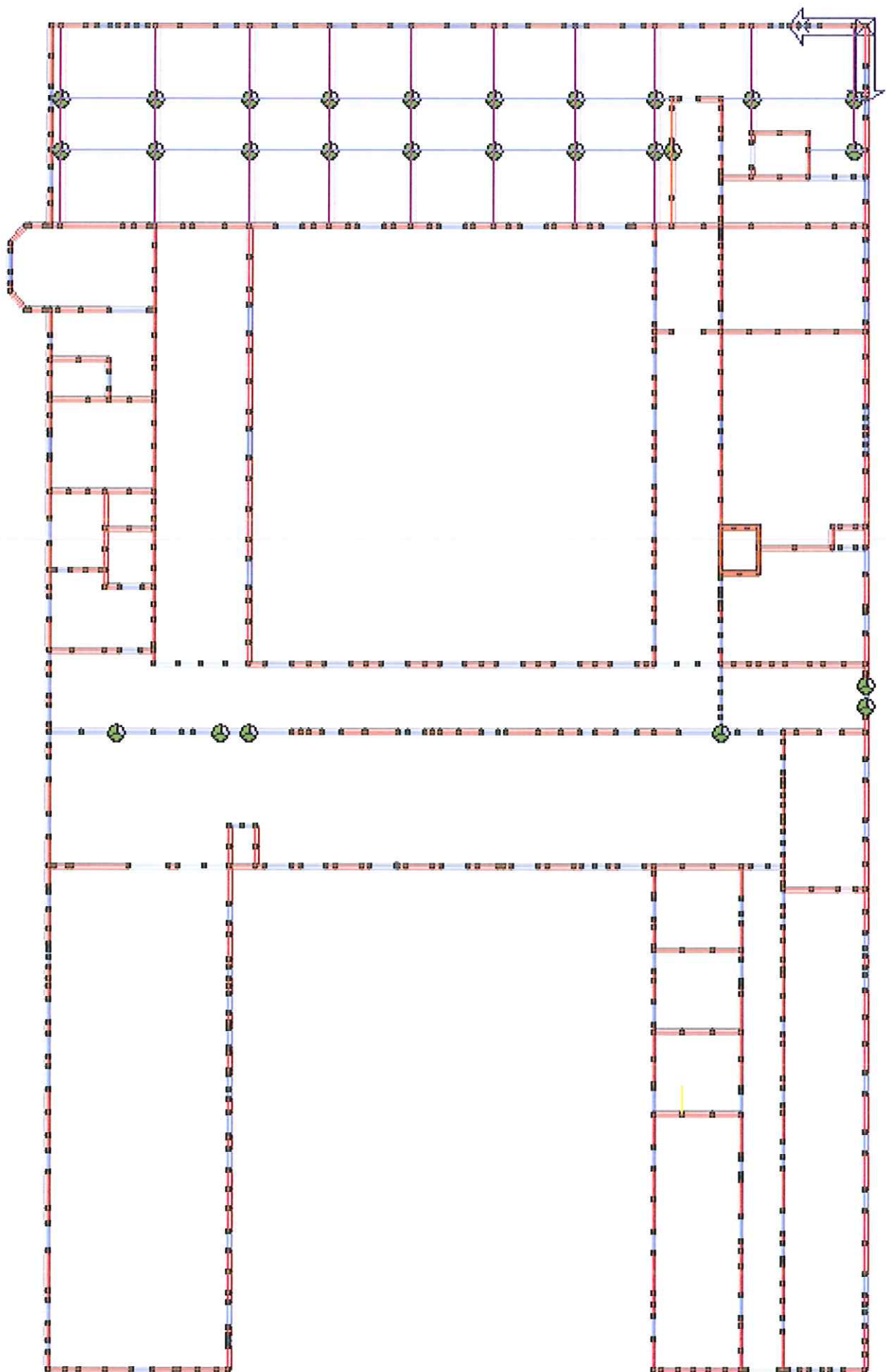
STUDIO CECCOLI E ASSOCIATI
Piazza di Porta Maggiore, 5 - 40137 Bologna
tel. 051 399542 fax 051 399512 e.mail: ceccoliassociati@ceccoliassociati.it
dott. ing. Daniele Biondi

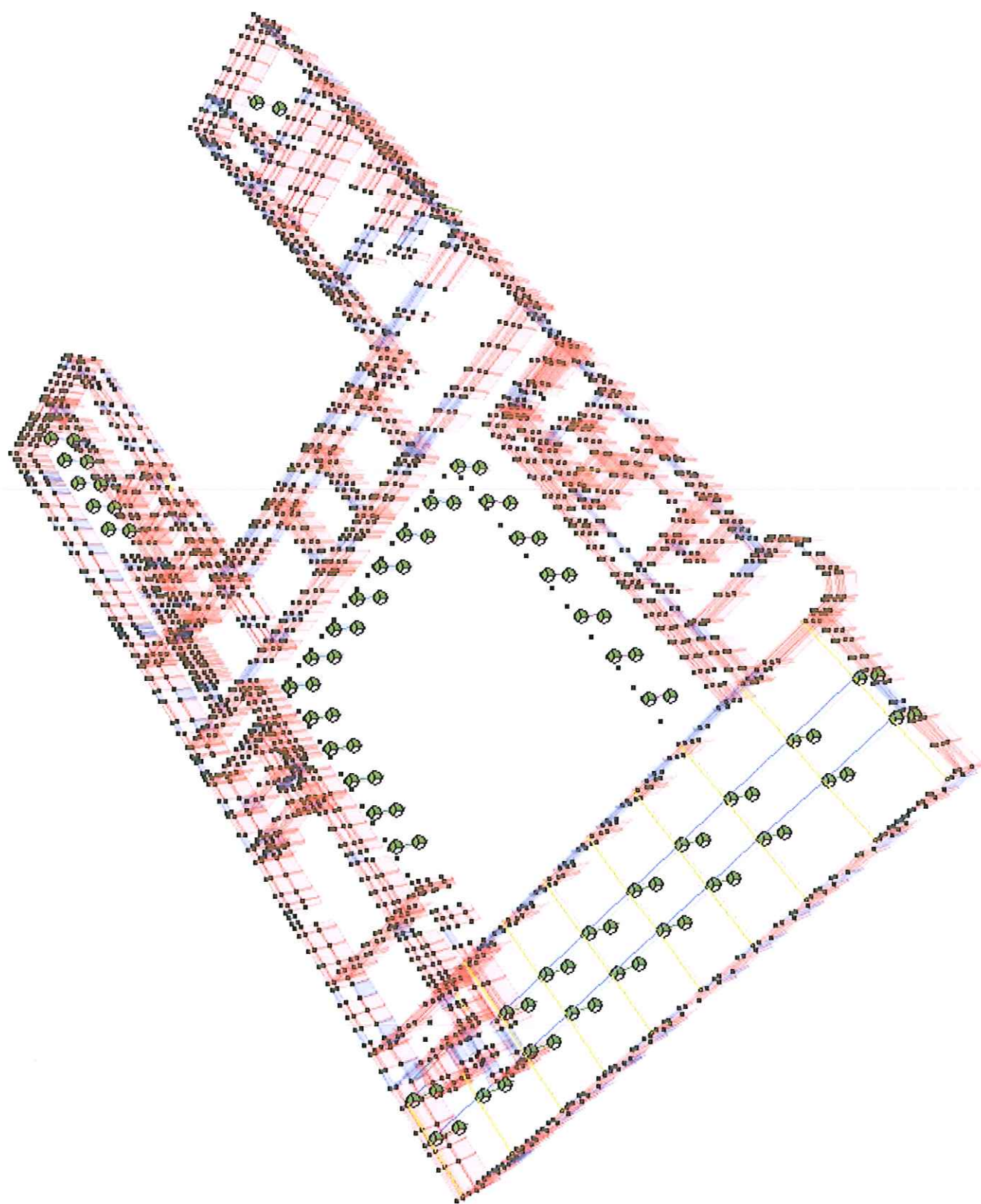
LA CONFIGURAZIONE CORRISPONDENTE ALLO STATO DI FATTO

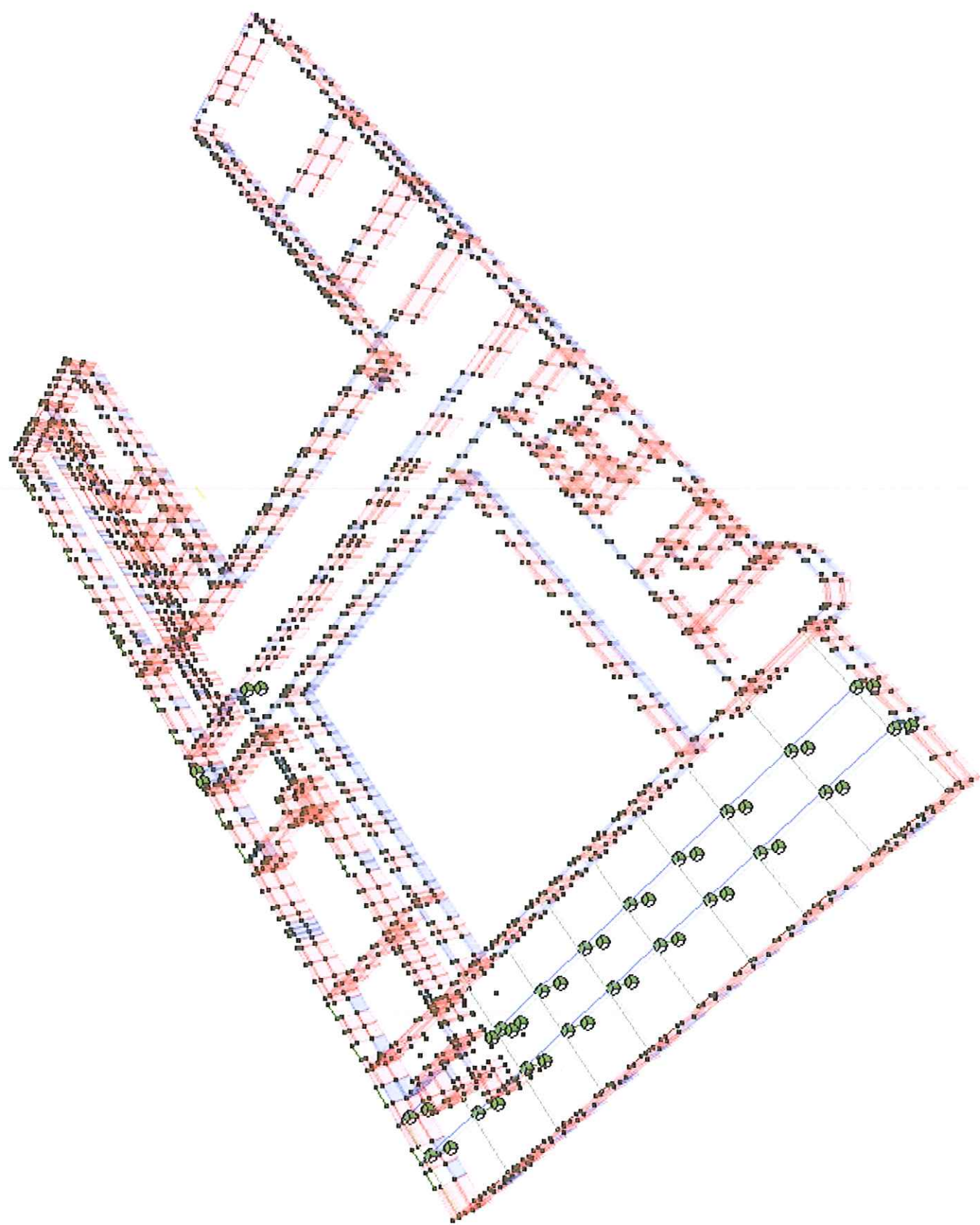


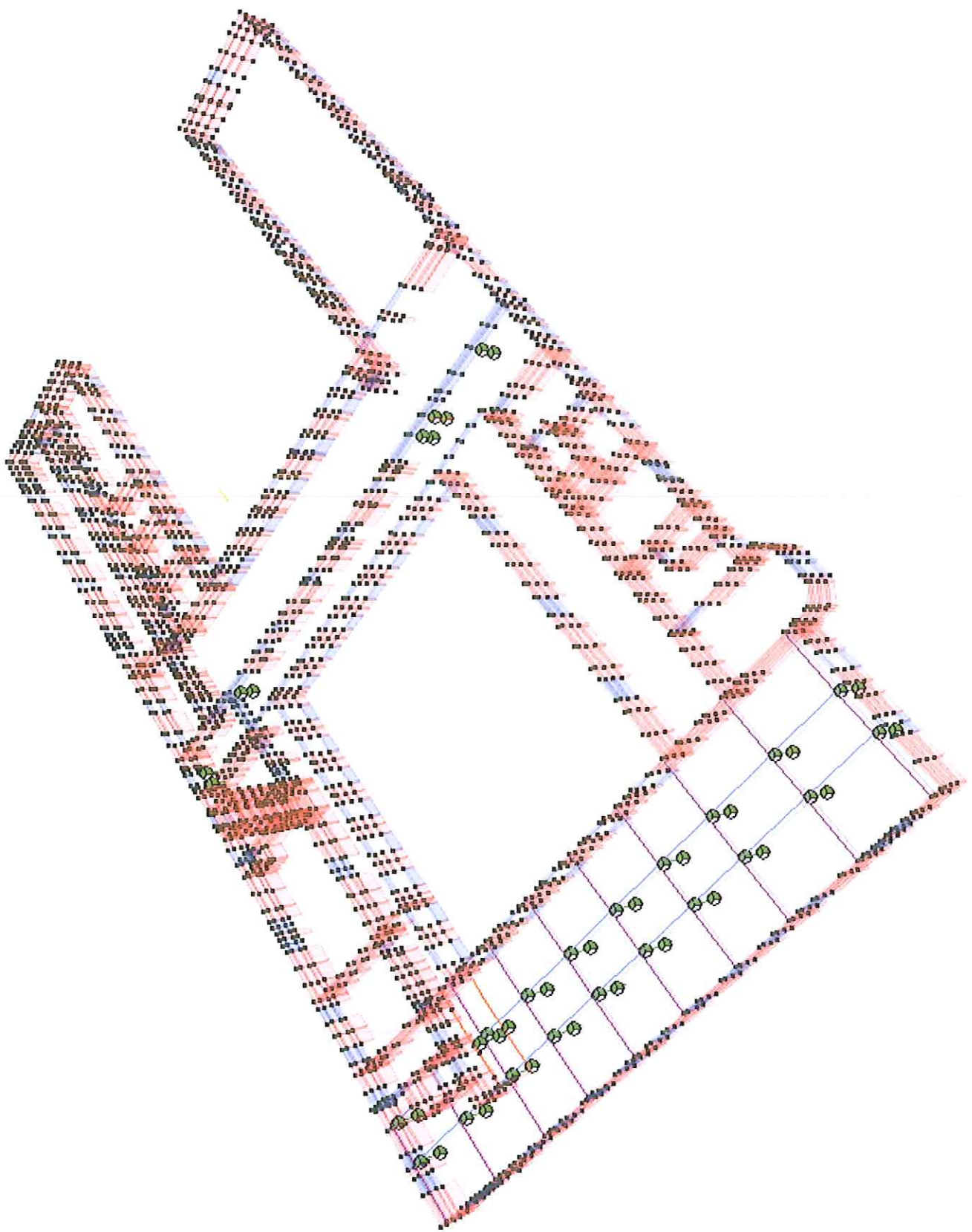


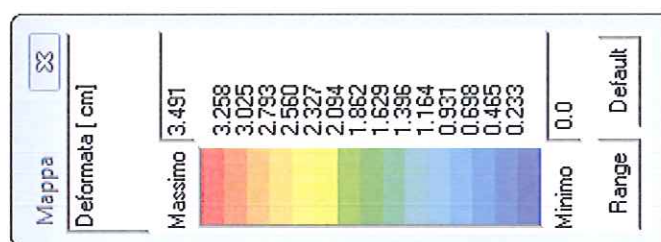
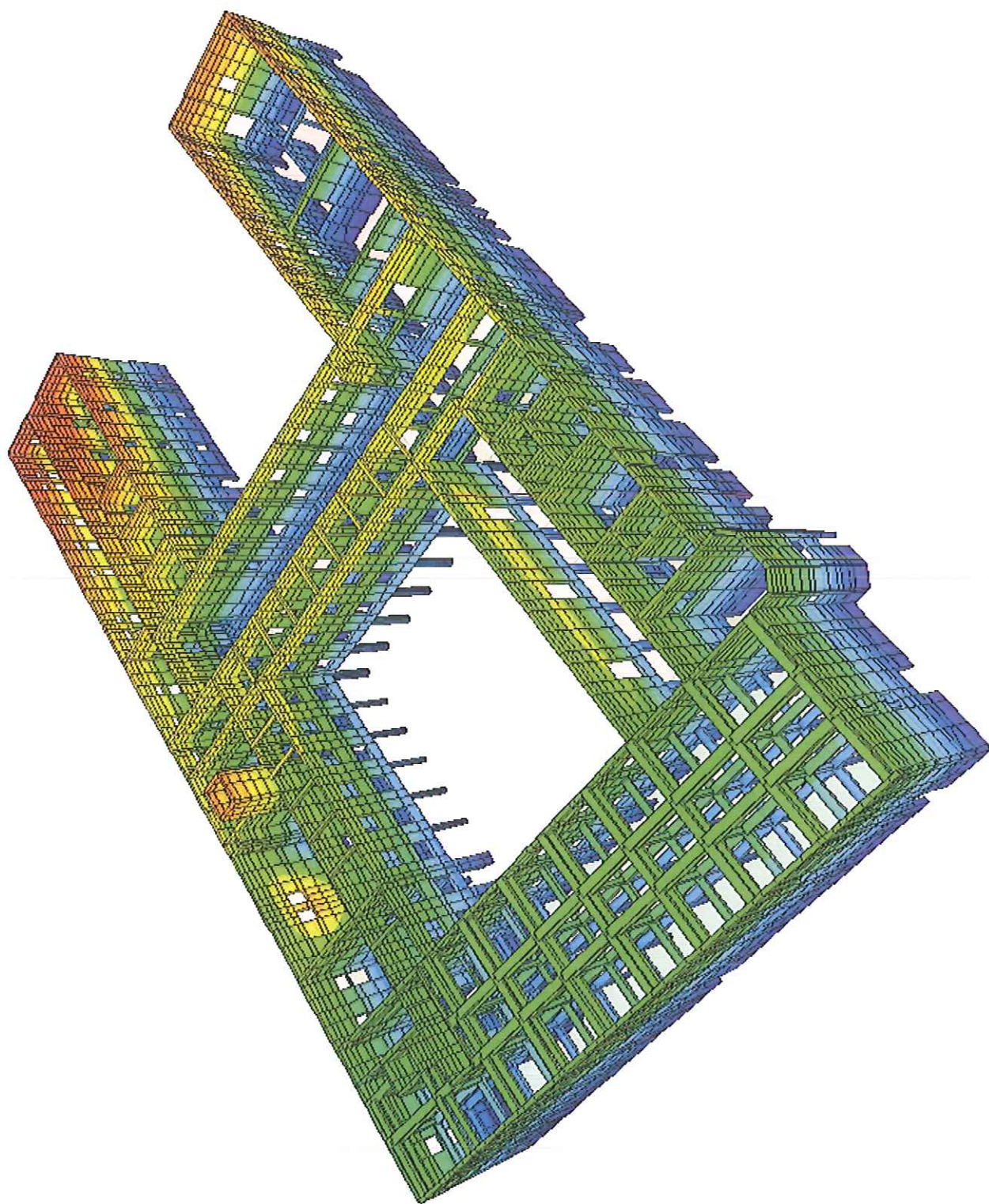


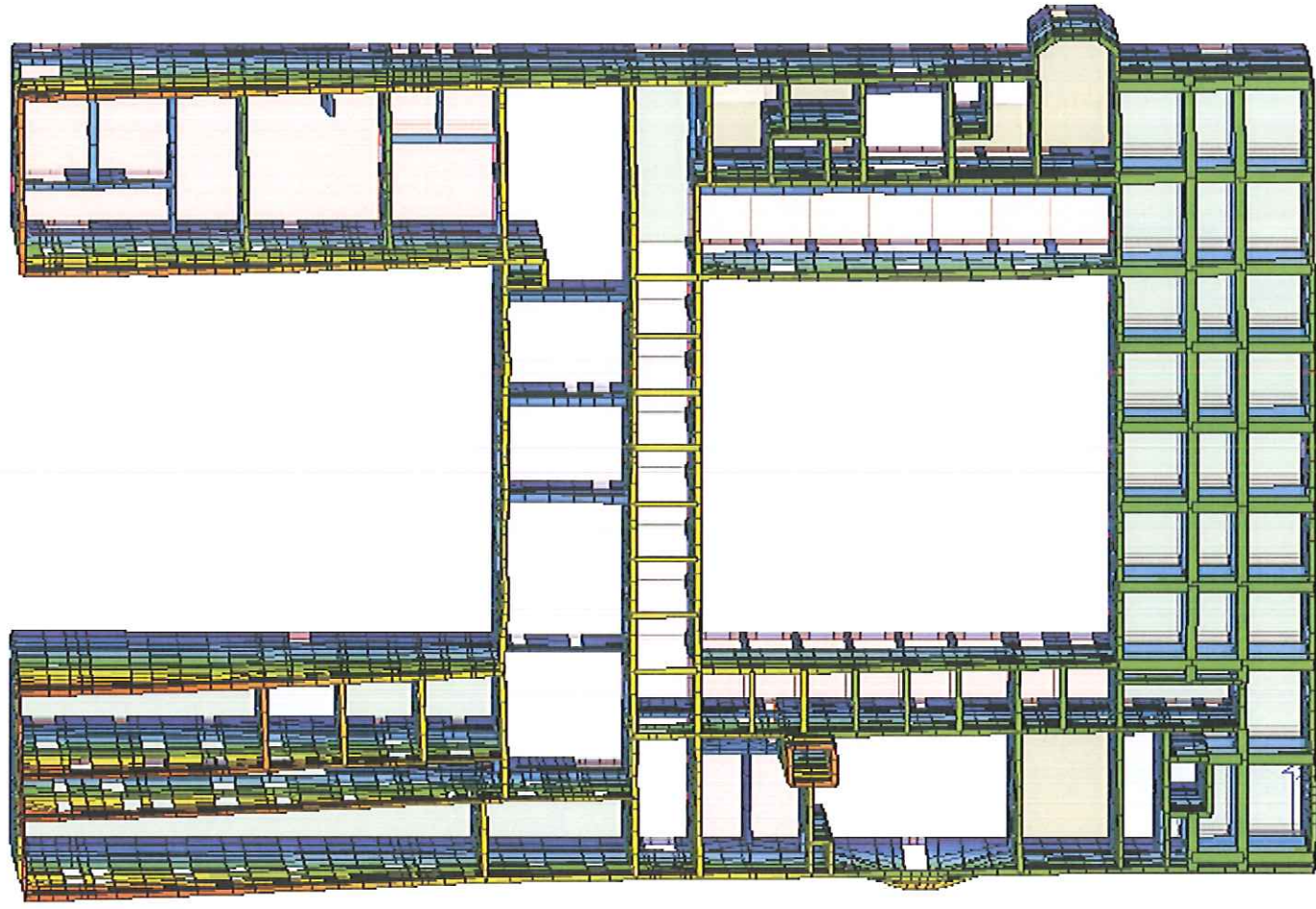


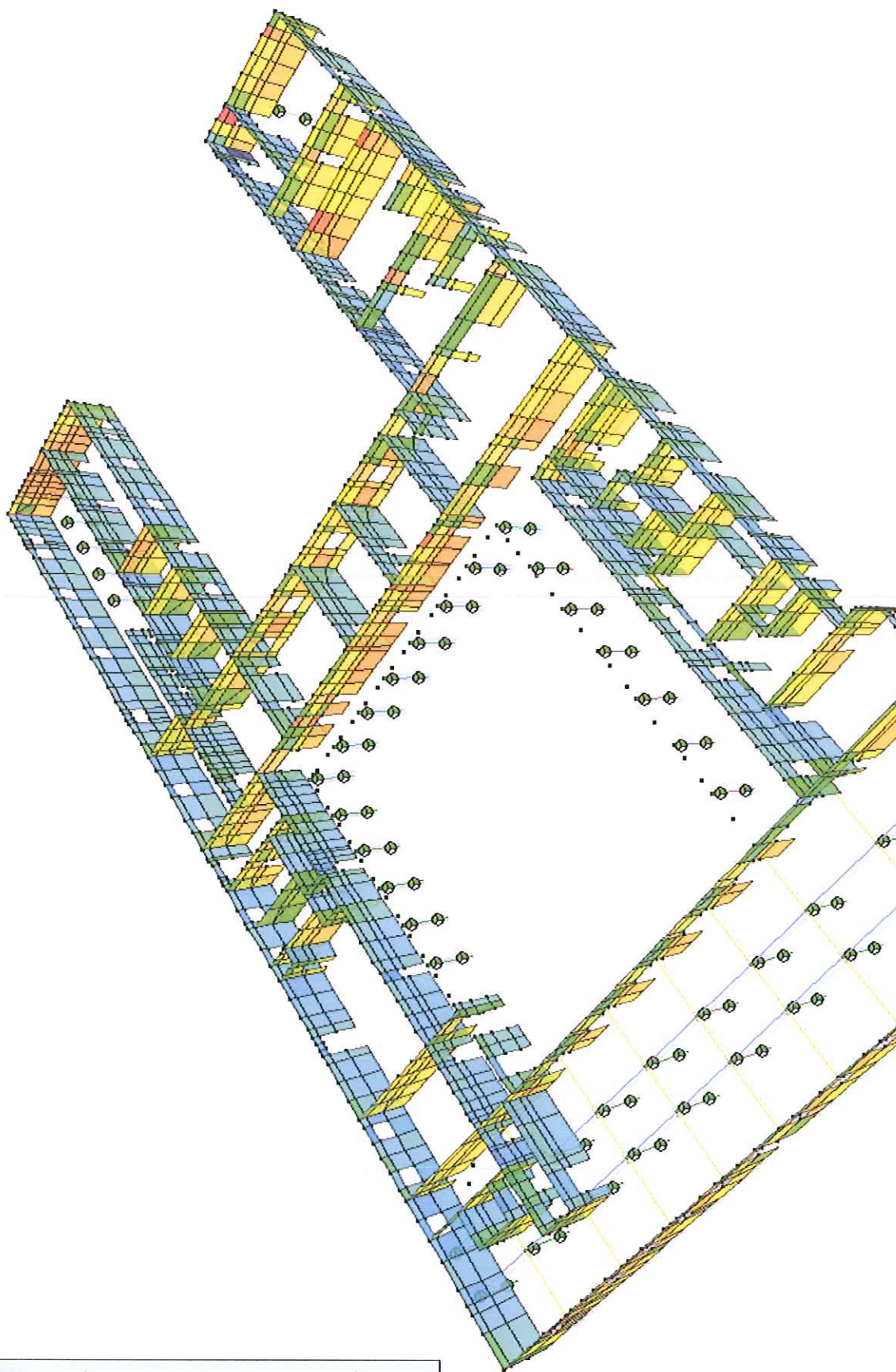
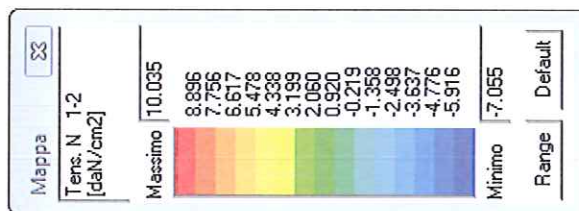


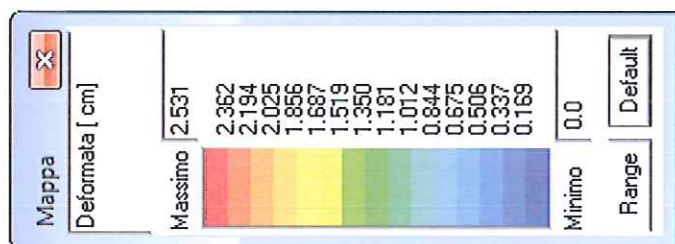
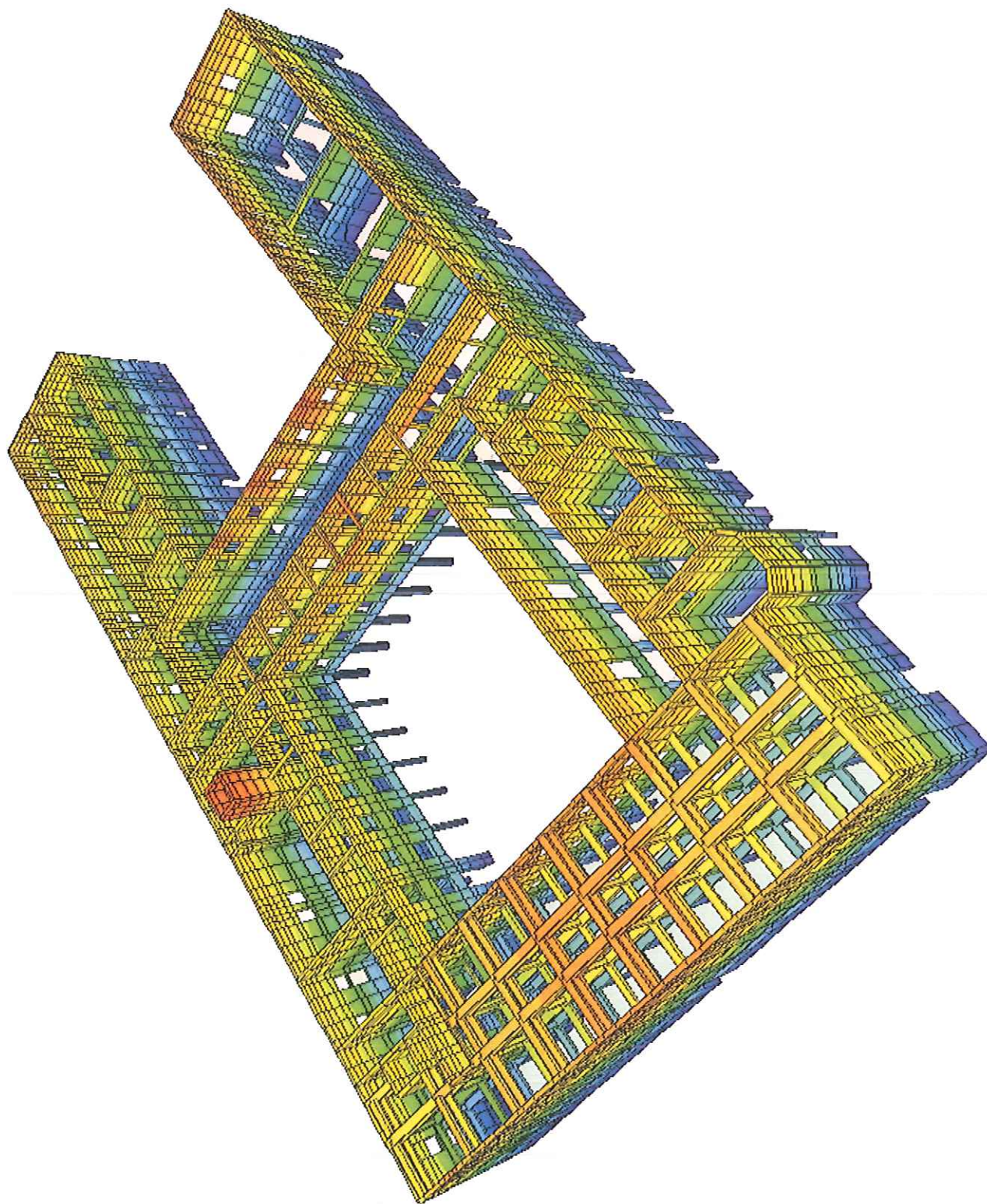


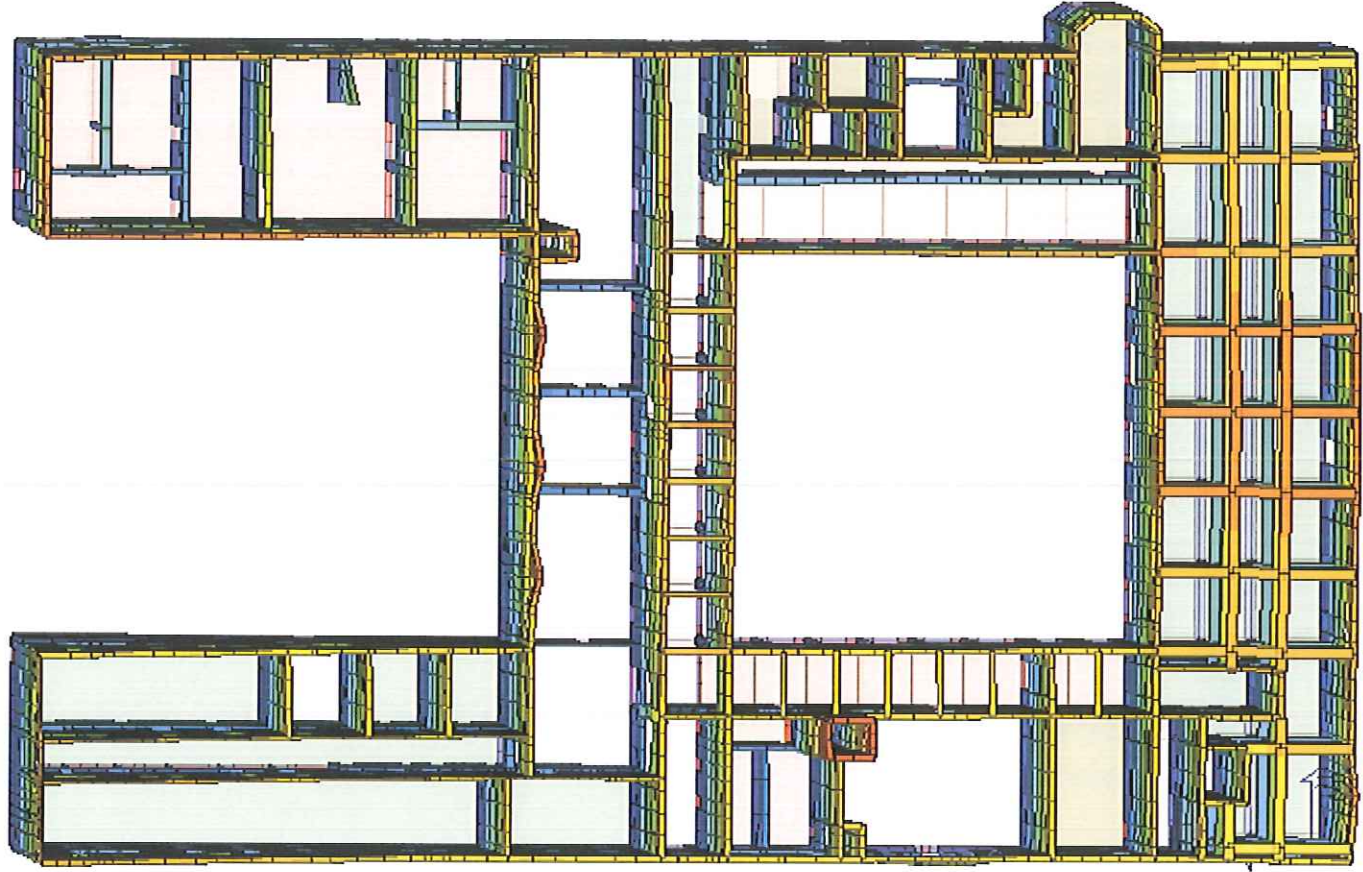
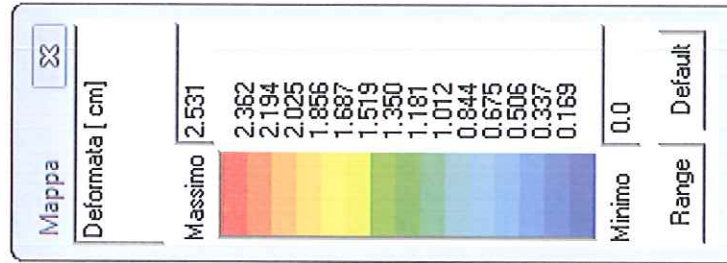


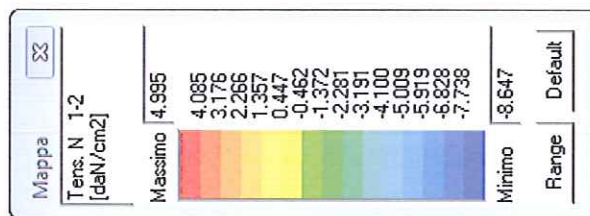






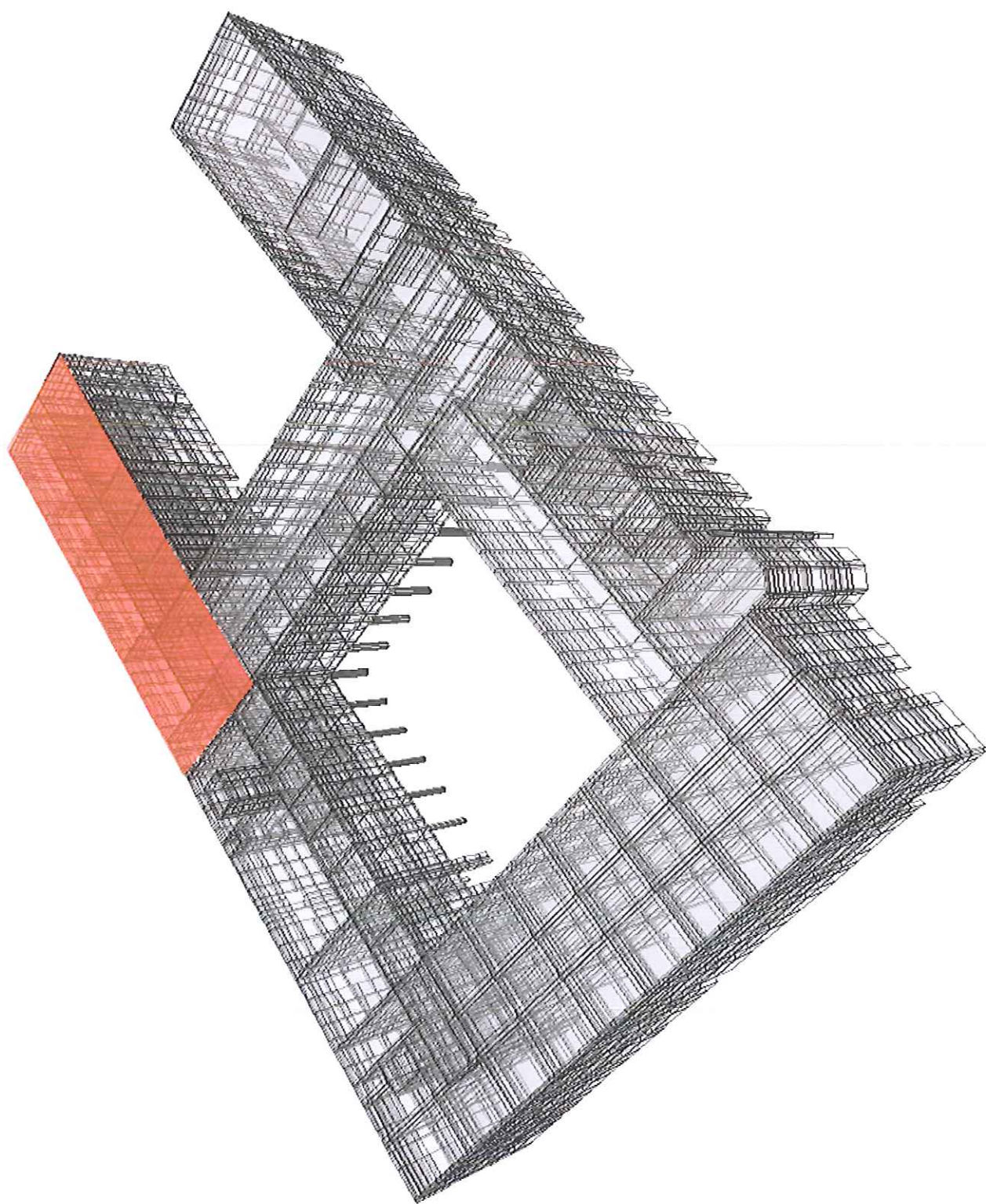


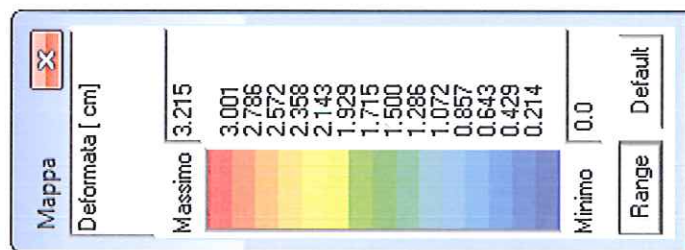
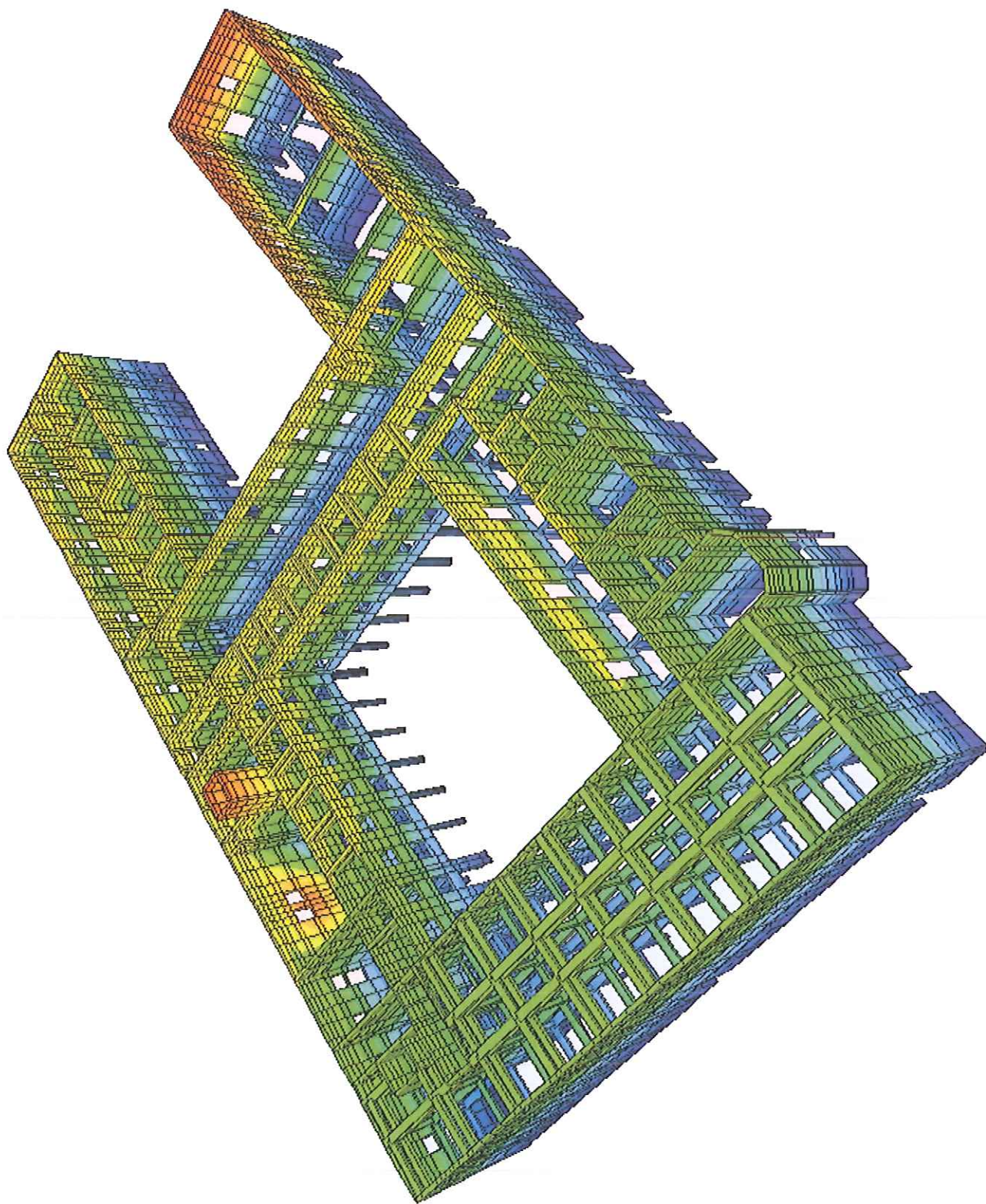


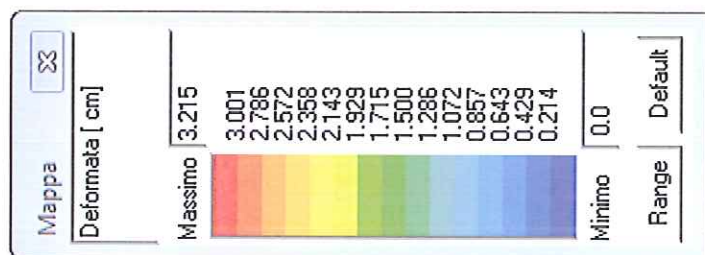
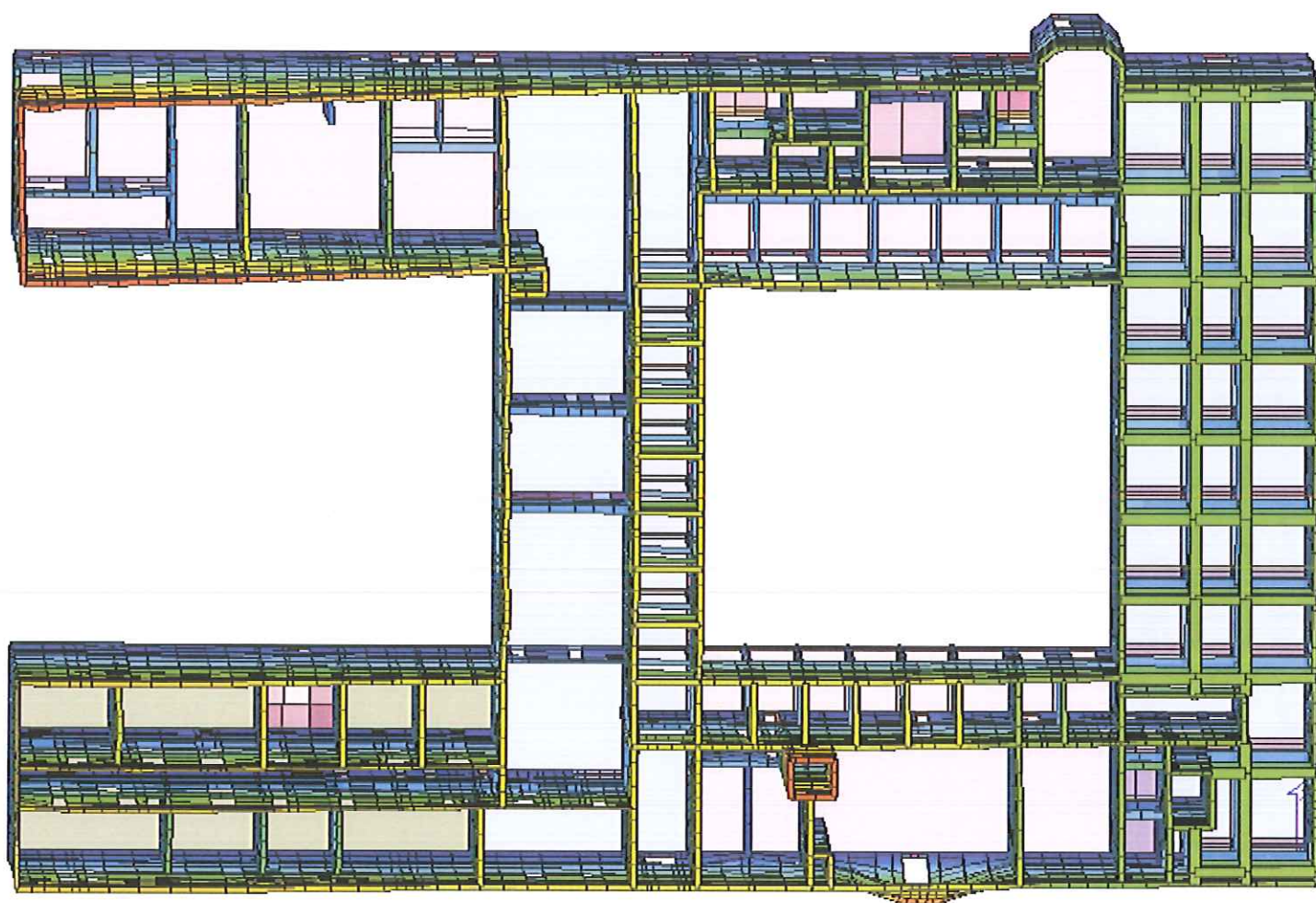


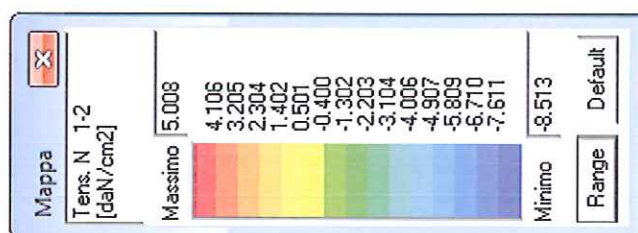
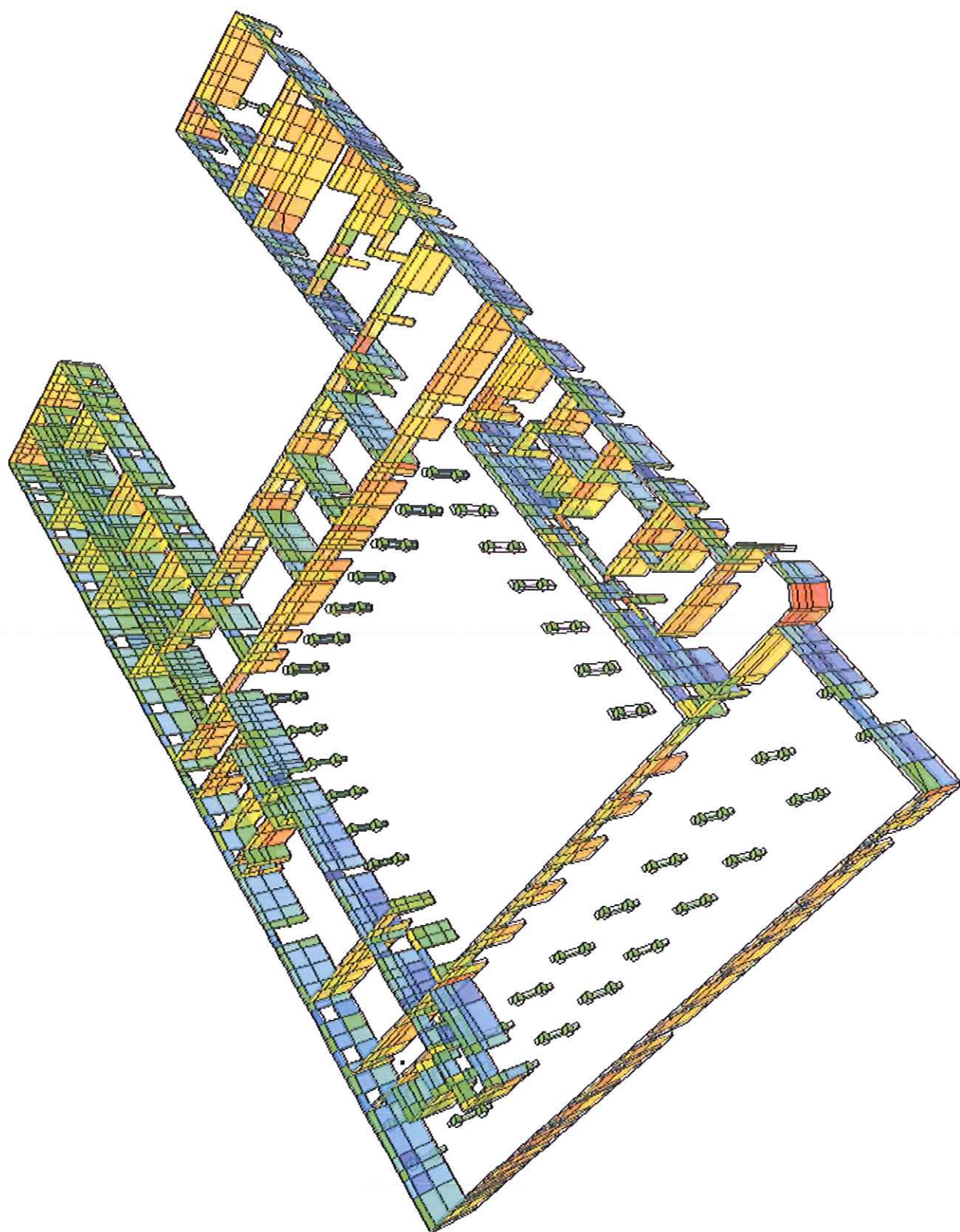
STUDIO CECCOLI E ASSOCIATI
Piazza di Porta Maggiore, 5 - 40137 Bologna
tel. 051 399542 fax 051 399512 e.mail: ceccoliassociati@ceccoliassociati.it
dott. ing. Daniele Biondi

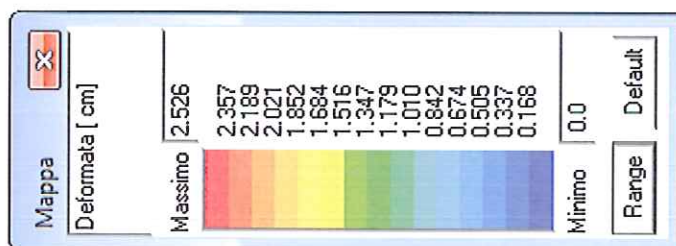
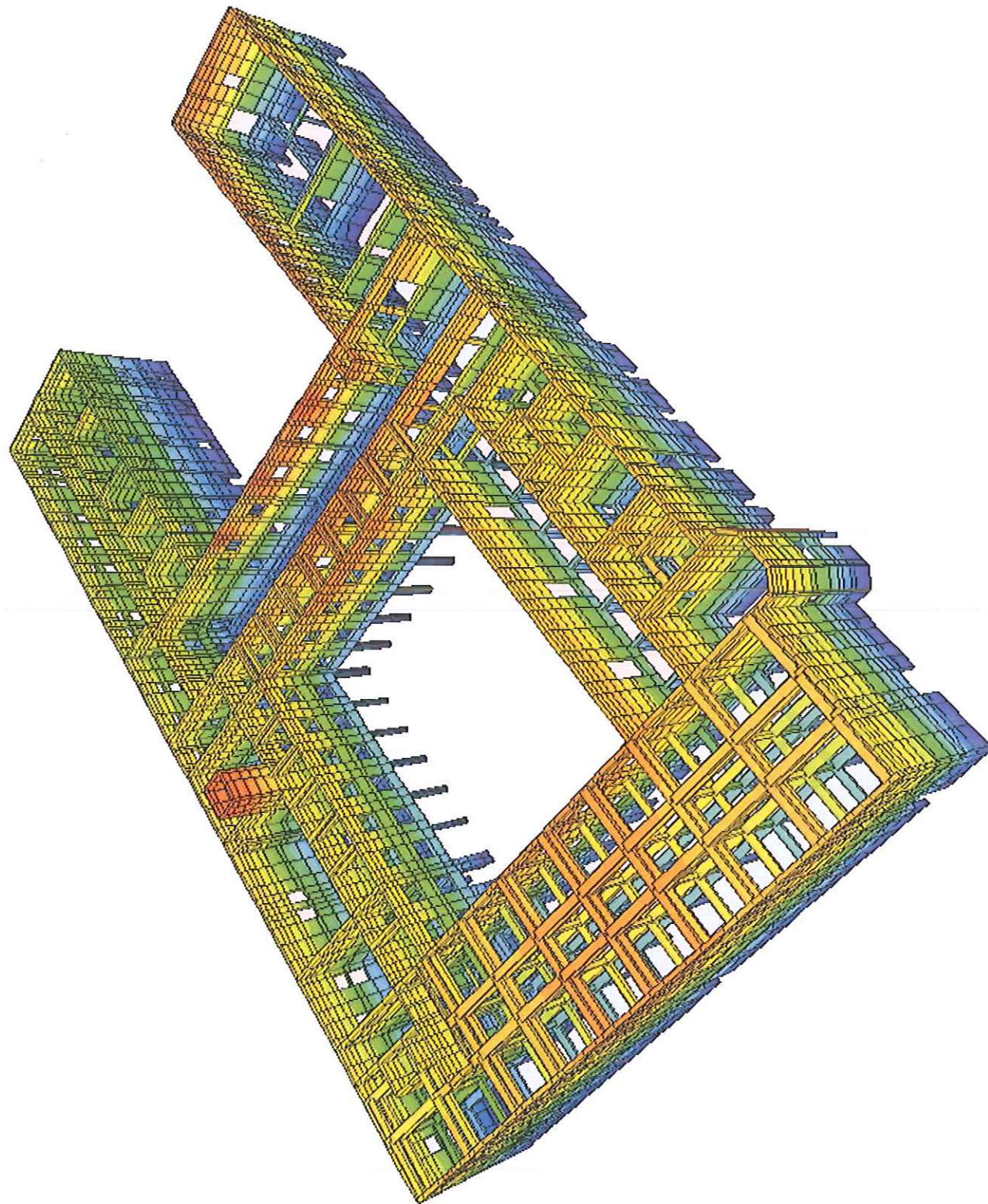
LA CONFIGURAZIONE CORRISPONDENTE ALLO STATO DI PROGETTO
(COME DA PRESENTE STUDIO DI FATTIBILITA')

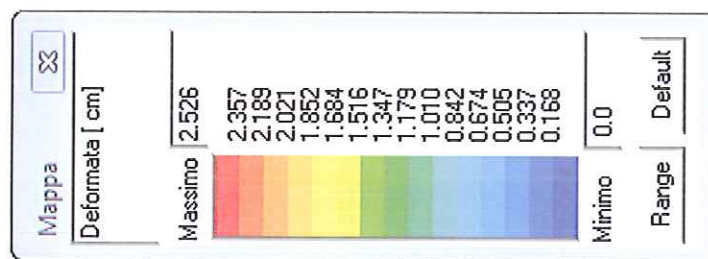
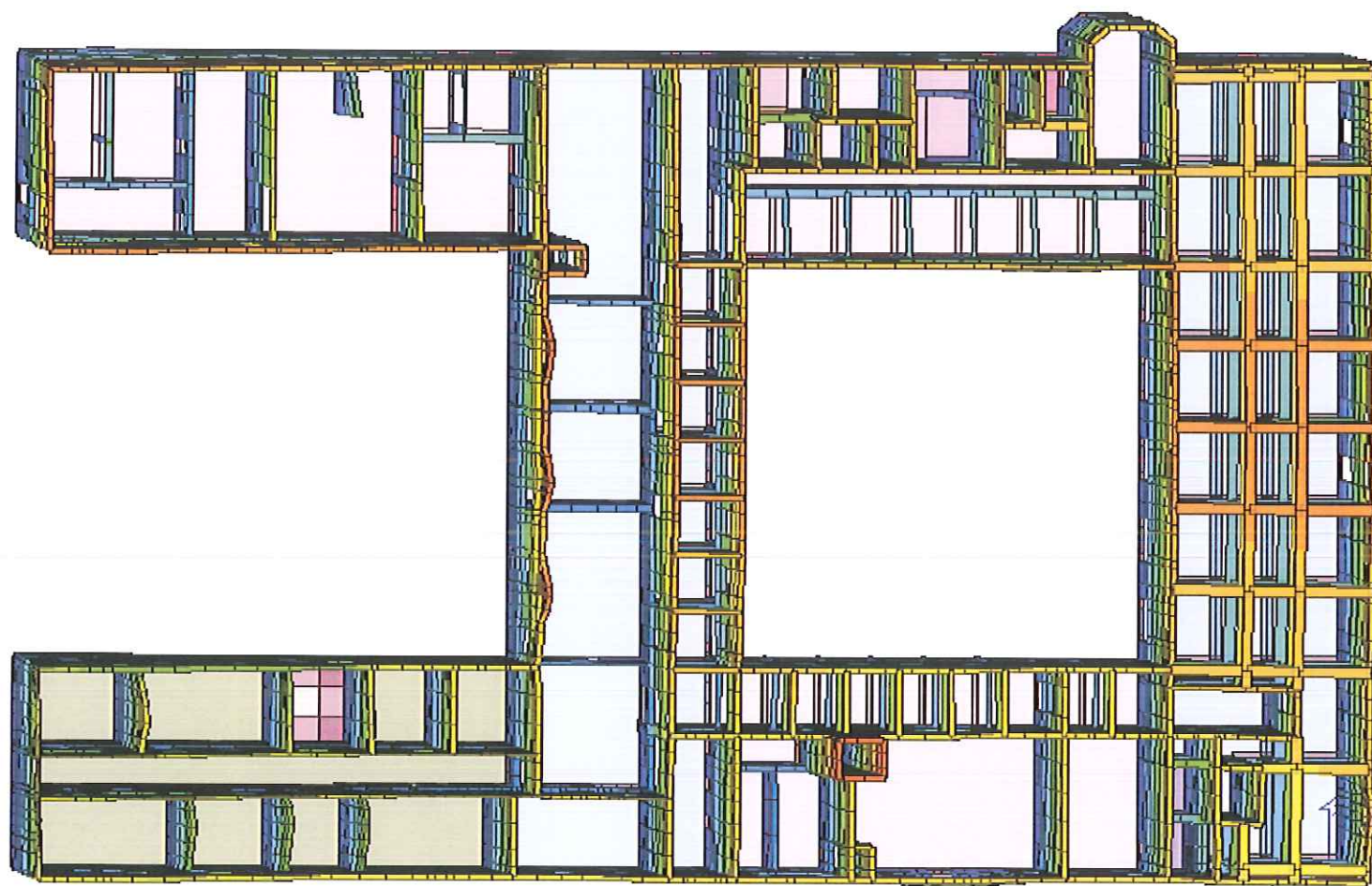


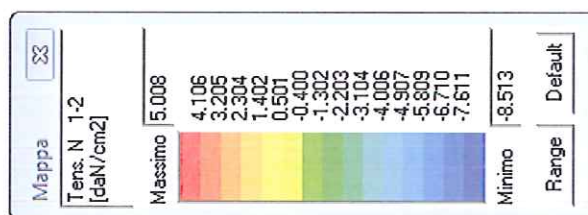
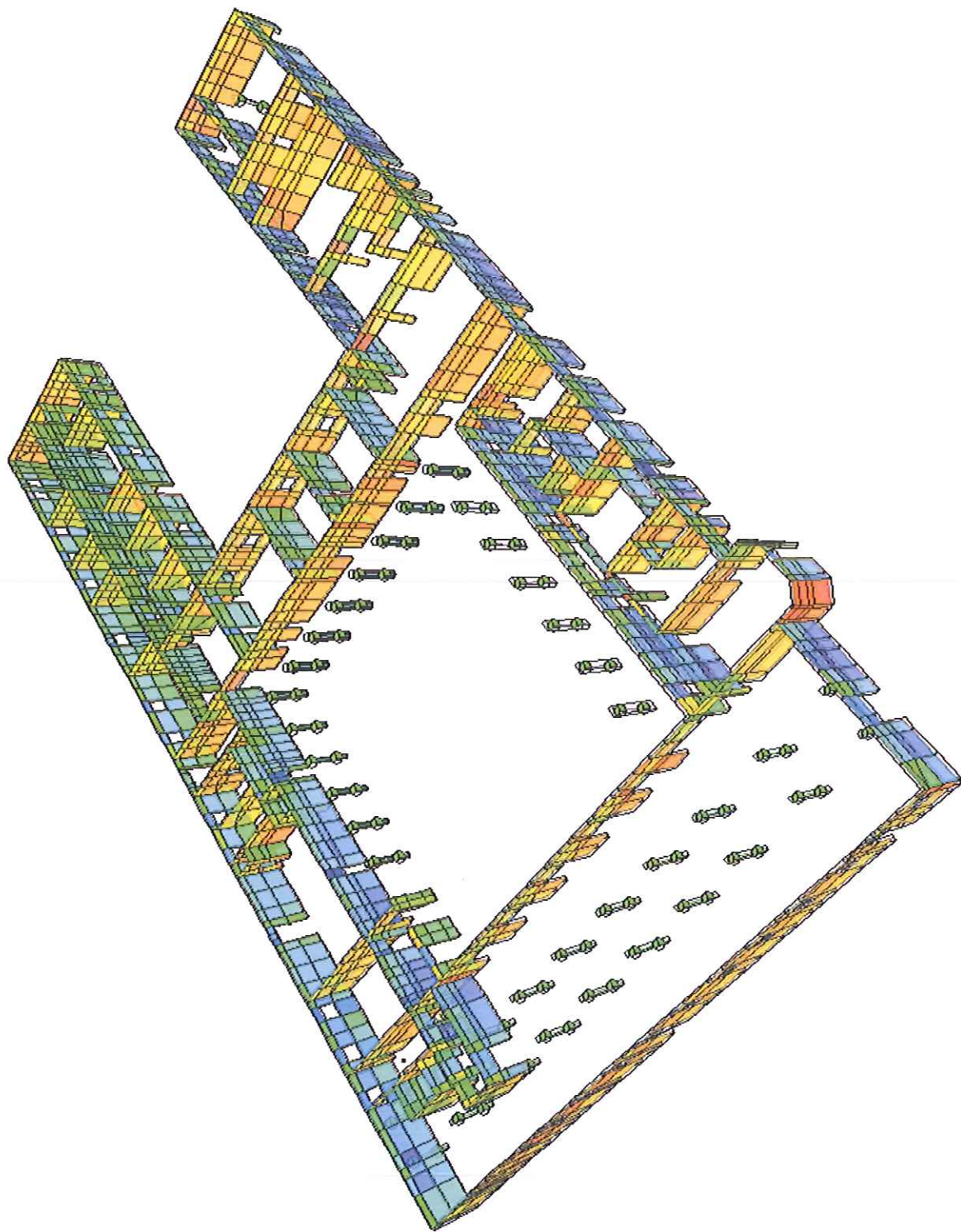




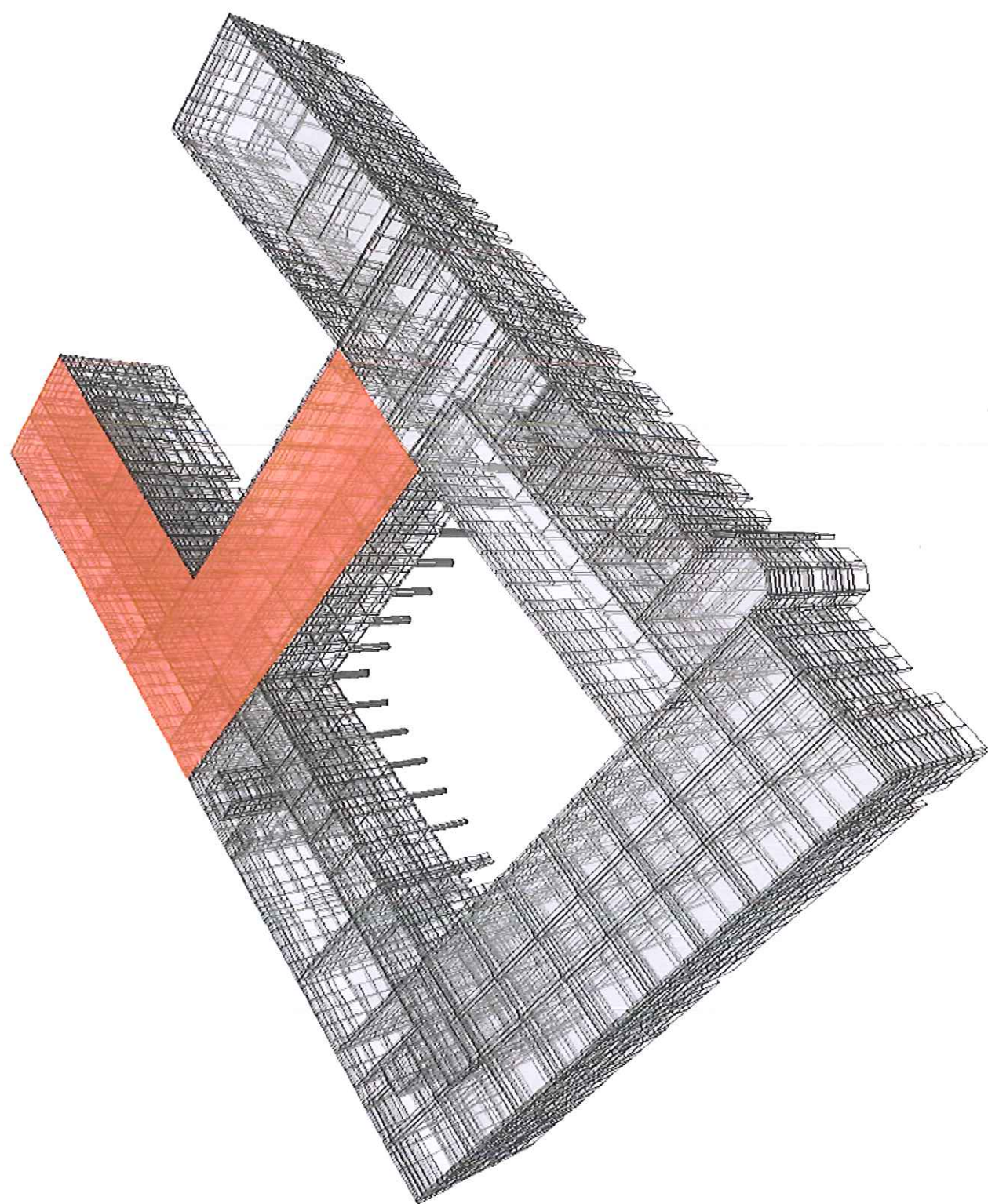


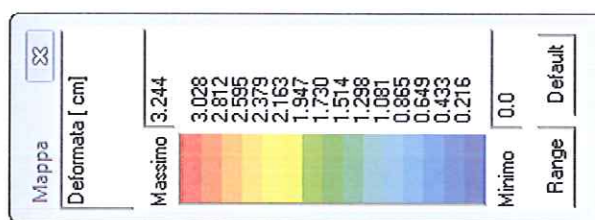
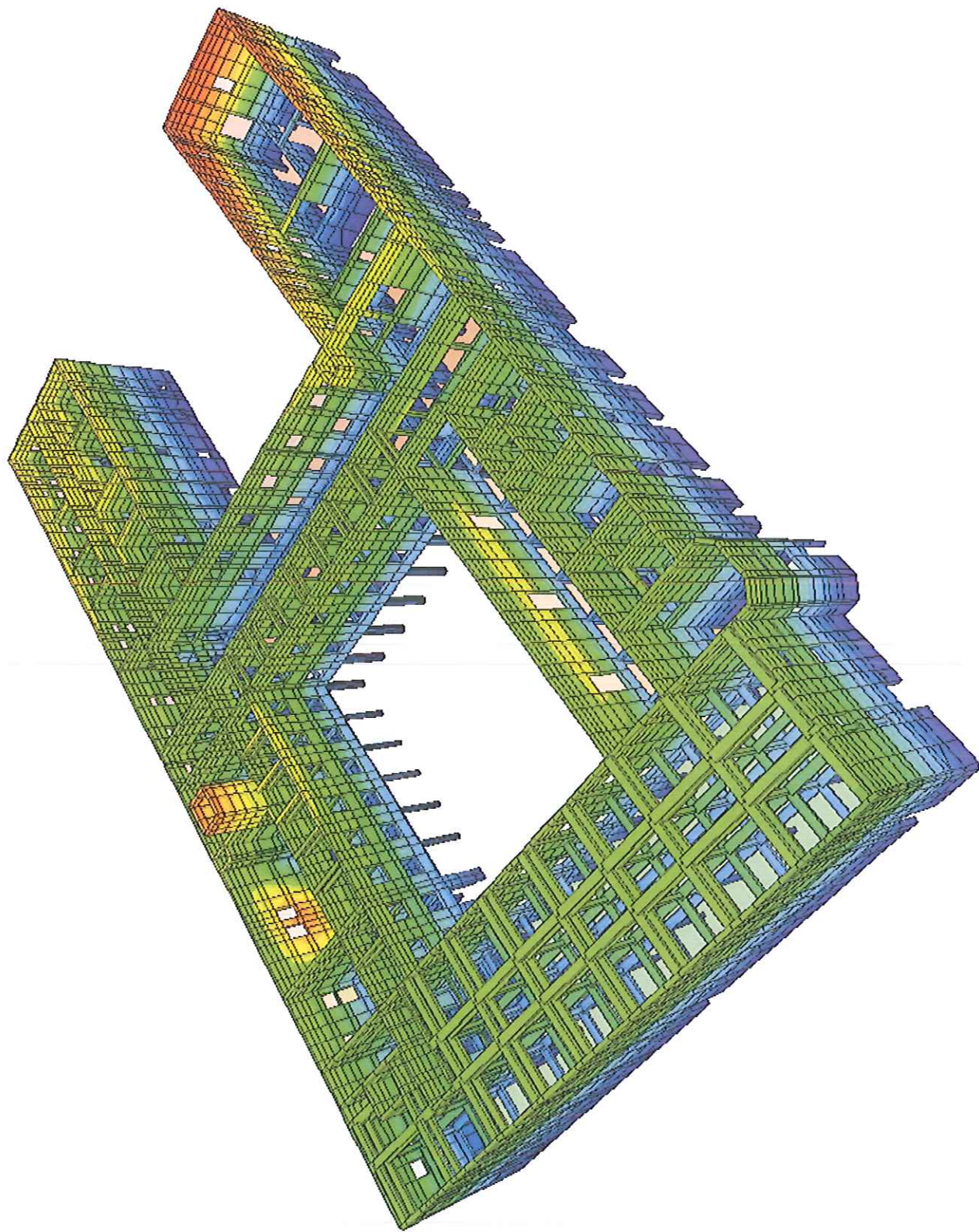


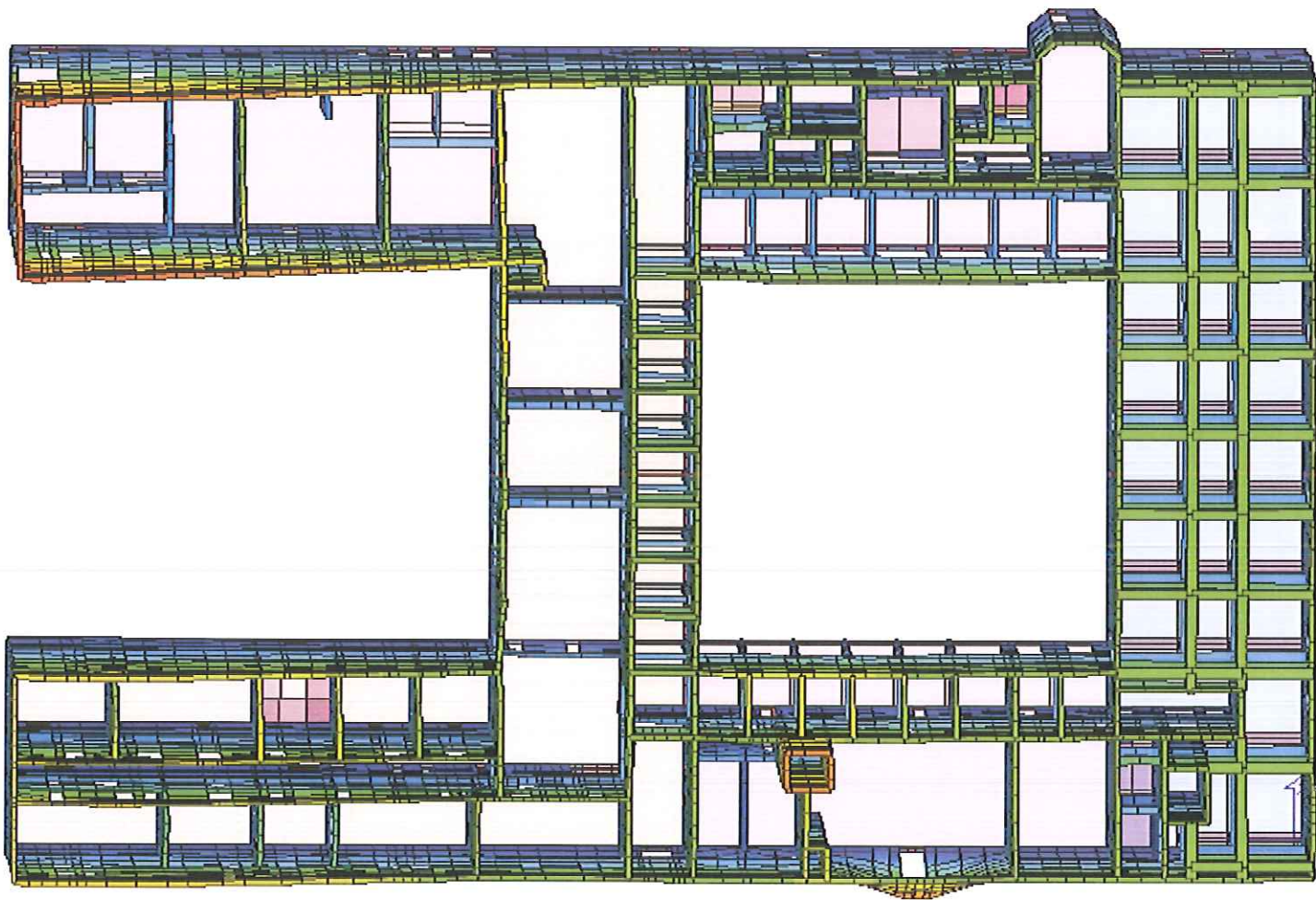
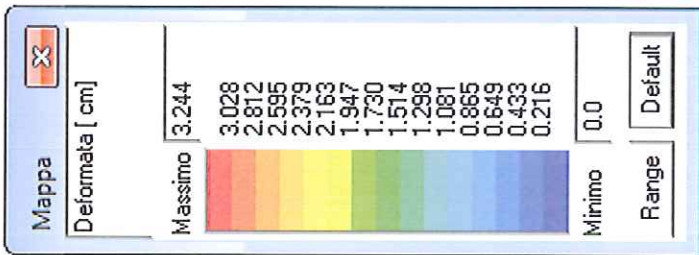


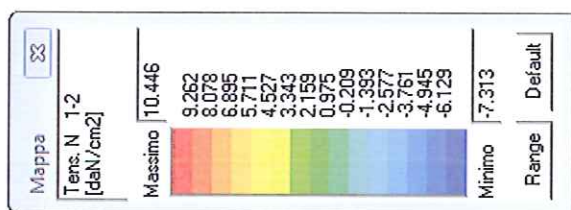
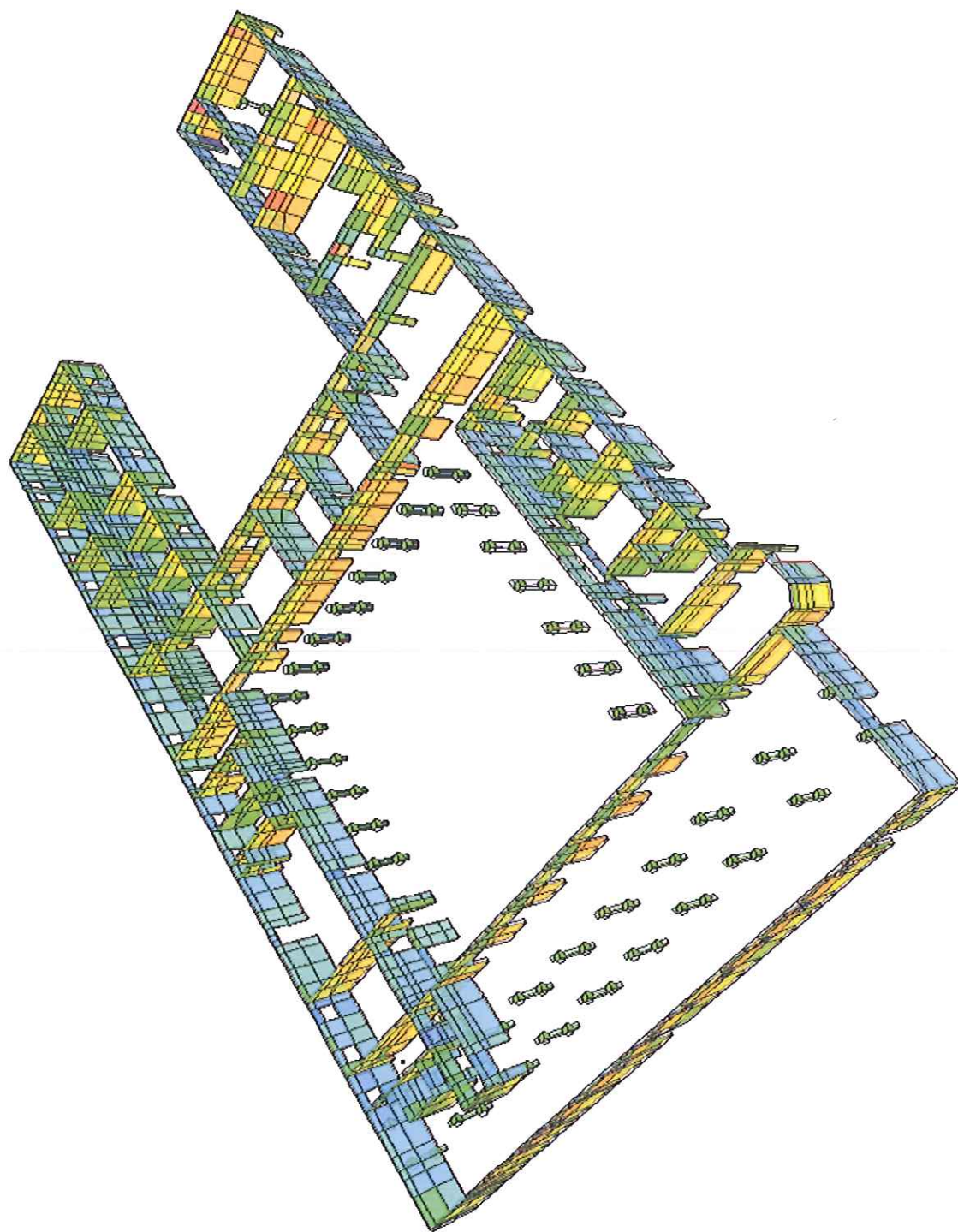


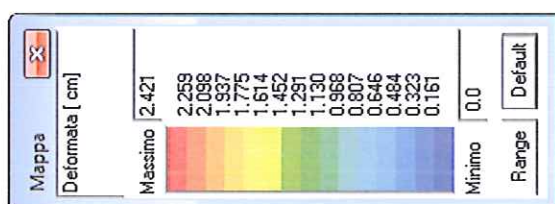
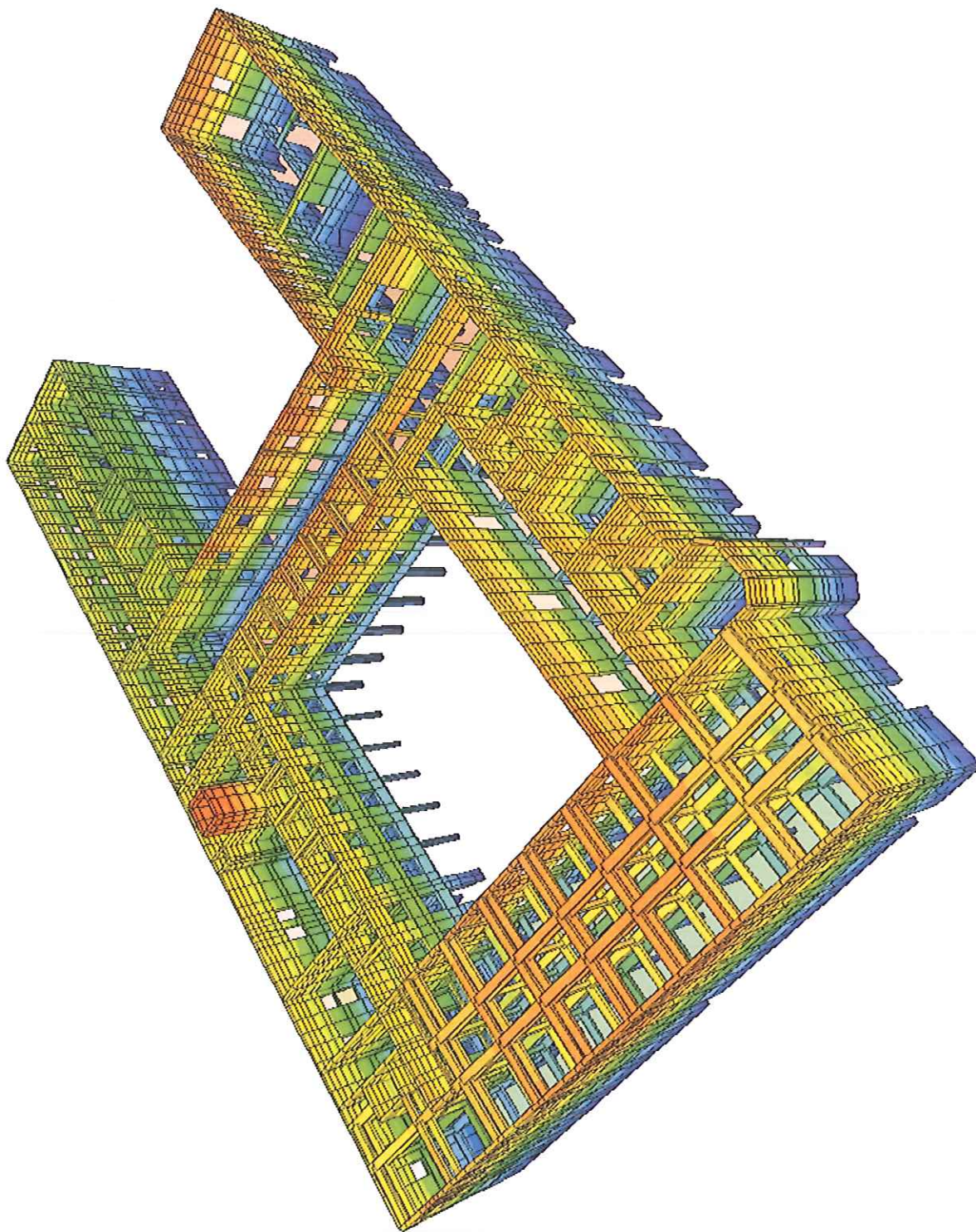
LA CONFIGURAZIONE CORRISPONDENTE ALLO STATO DI PROGETTO
QUALORA SI PROVVEDA OLTRE ALLA SOSTITUZIONE DELLA COPERTURA DEL CORPO F E
DELLA COPERTURA DELLA TESTATA DEL CORPO D, ANCHE ALLA SOSTITUZIONE DELLA
RESTANTE PARTE DELLA COPERTURA DEL CORPO D

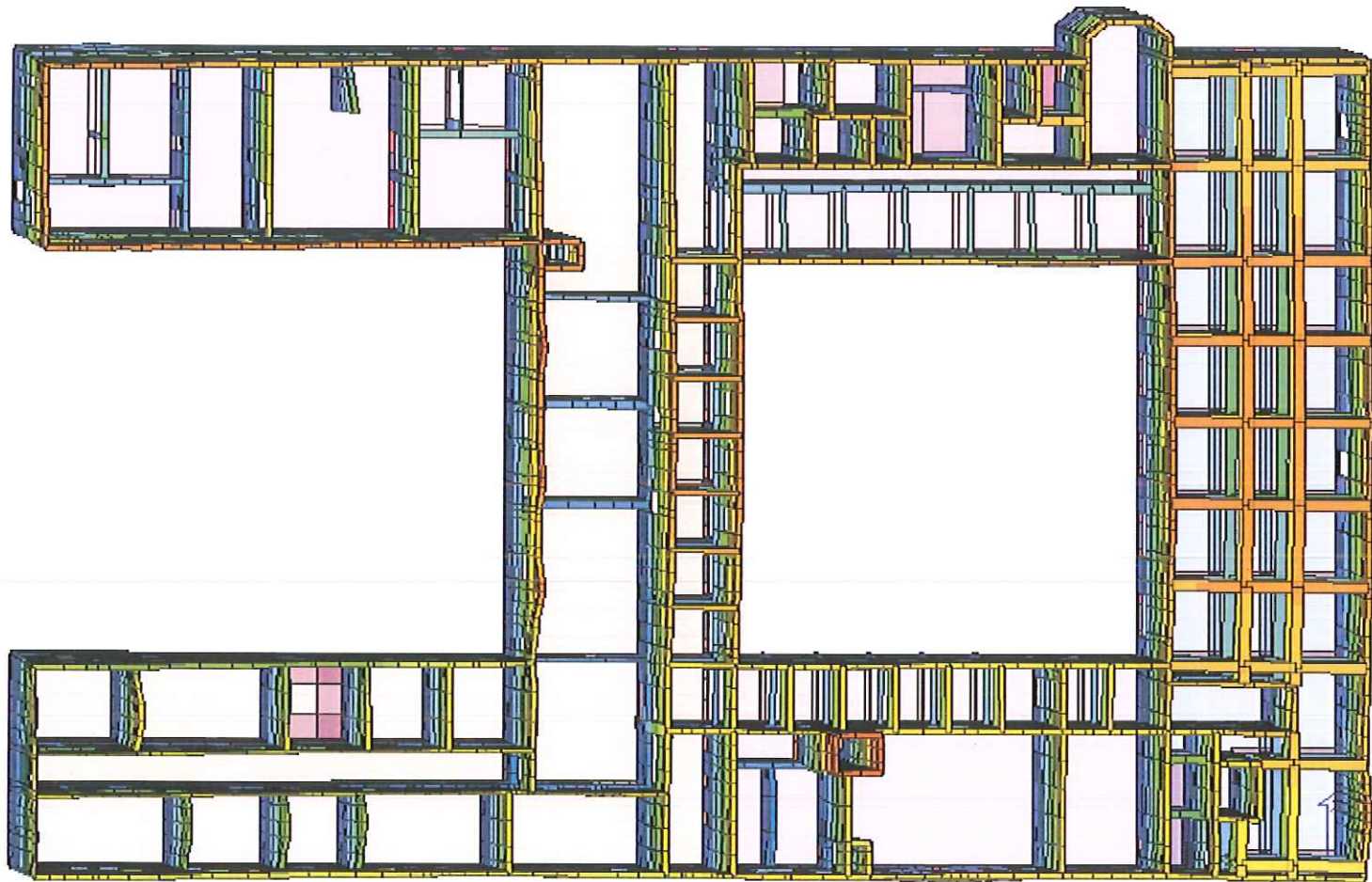


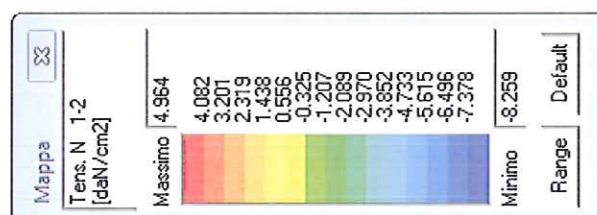
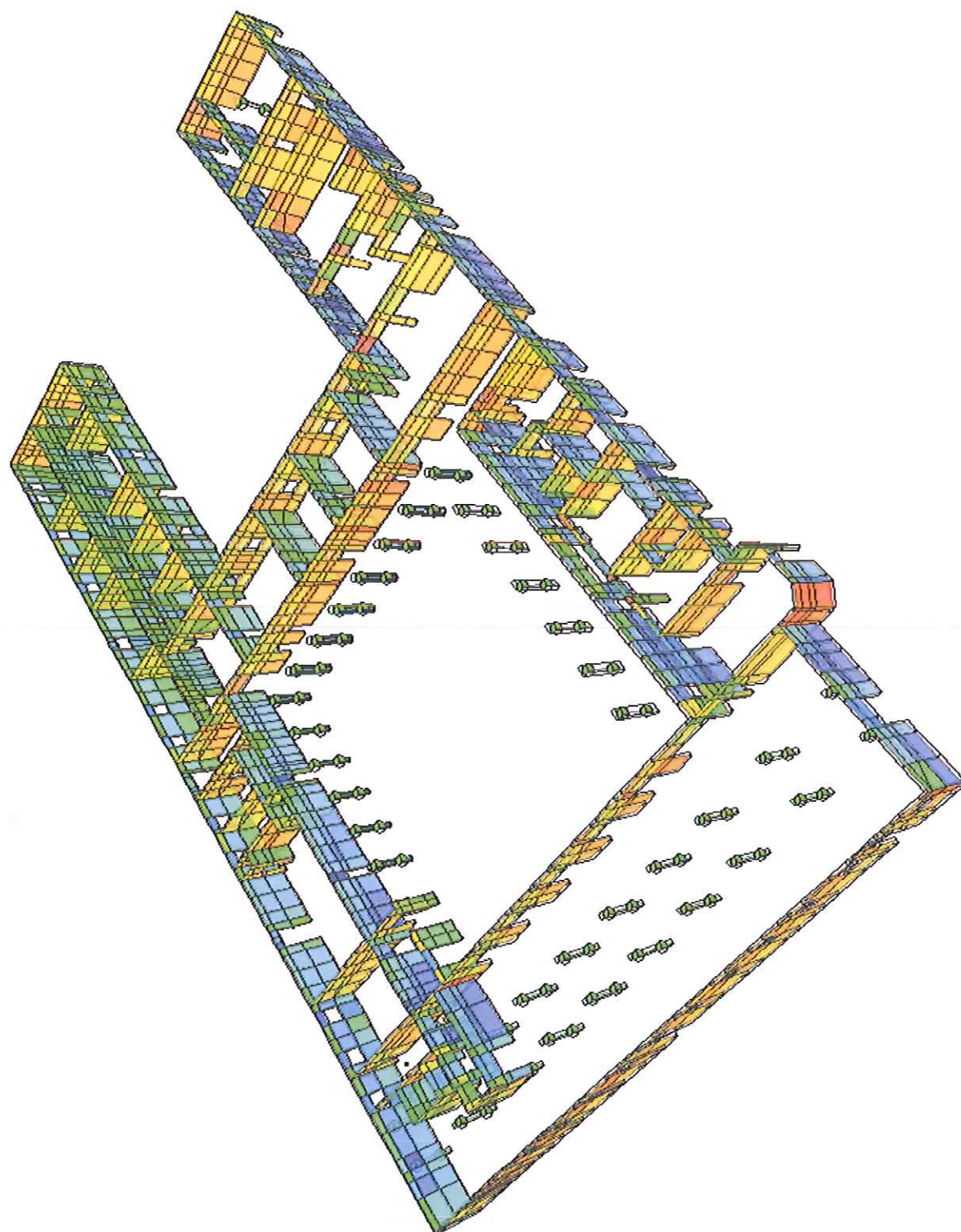












2.2. Commento dei risultati

Come si può evincere dall'esame delle figure dianzi riportate:

a- Nella configurazione corrispondente allo stato di fatto:

- per sisma agente nella direzione X, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV lo spostamento orizzontale massimo è circa pari a:

$$u_{\max} = 3.50 \text{ cm}$$

- per sisma agente nella direzione X, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV la tensione tangenziale massima è circa pari a:

$$\tau_{\max} = 10.00 \text{ kg/cm}^2$$

(valore localizzato)

- per sisma agente nella direzione Y, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV lo spostamento orizzontale massimo è circa pari a:

$$v_{\max} = 2.50 \text{ cm}$$

- per sisma agente nella direzione Y, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV la tensione tangenziale massima è circa pari a:

$$\tau_{\max} = 5.00 \text{ kg/cm}^2$$

(valore localizzato)

b- Nella configurazione corrispondente allo stato di progetto (come da presente studio di fattibilità):

- per sisma agente nella direzione X, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV lo spostamento orizzontale massimo è circa pari a:

$$u_{\max} = 3.20 \text{ cm}$$

- per sisma agente nella direzione X, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV la tensione tangenziale massima è circa pari a:

$$\tau_{\max} = 5.00 \text{ kg/cm}^2$$

(valore localizzato)

- per sisma agente nella direzione Y, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV lo spostamento orizzontale massimo è circa pari a:

$$v_{\max} = 2.50 \text{ cm}$$

- per sisma agente nella direzione Y, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV la tensione tangenziale massima è circa pari a:

$$\tau_{\max} = 5.00 \text{ kg/cm}^2$$

(valore localizzato)

c- Nella configurazione corrispondente allo stato di progetto (qualora si provveda, oltre alla sostituzione della copertura del corpo F e della copertura della testata del corpo D, anche alla sostituzione della

restante parte della copertura del corpo D):

- per sisma agente nella direzione X, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV lo spostamento orizzontale massimo è circa pari a:

$$u_{\max} = 3.25 \text{ cm}$$

- per sisma agente nella direzione X, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV la tensione tangenziale massima è circa pari a:

$$\tau_{\max} = 10.45 \text{ kg/cm}^2$$

(valore localizzato)

- per sisma agente nella direzione Y, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV lo spostamento orizzontale massimo è circa pari a:

$$v_{\max} = 2.40 \text{ cm}$$

- per sisma agente nella direzione Y, in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV la tensione tangenziale massima è circa pari a:

$$\tau_{\max} = 5.00 \text{ kg/cm}^2$$

(valore localizzato).

Al di là del dettaglio numerico, i calcoli sviluppati mostrano quanto segue:

- 1- L'adozione dei provvedimenti di rinforzo e di sostituzione della copertura del Corpo F comportano la mitigazione dello stato di sollecitazione e di deformazione proprio delle strutture del Corpo F stesso, senza produrre variazioni significative della distribuzione e dell'entità degli spostamenti e dei livelli tensionali d'insieme per gli altri corpi che compongono l'unità strutturale 1.
- 2- La stessa affermazione vale anche nel caso in cui si provveda anche alla sostituzione della restante parte della copertura del Corpo D.