

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”
FACOLTÀ DI INGEGNERIA**



**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE**

TESI DI LAUREA
IN
TECNICA DELLE COSTRUZIONI

**VULNERABILITA' SISMICA DI EDIFICI SCOLASTICI IN
MURATURA DI TORRE DEL GRECO**

RELATORE:

CH.MO

PROF.DR. ING. FEDERICO M. MAZZOLANI

CORRELATORE:

DR. ING. ANTONIO FORMISANO

CANDIDATO:

ALFREDO PIRONTI

MATRICOLA:

37/2525

ANNO ACCADEMICO 2008/2009

VULNERABILITA' SISMICA DI EDIFICI SCOLASTICI IN MURATURA DI TORRE DEL GRECO

Di

ALFREDO PIRONTI

Tesi presentata per la discussione della laurea in Ingegneria Civile
Università degli studi di Napoli "Federico II"
Anno Accademico 2008/2009

Relatore:

Prof. Ing. Federico Massimo Mazzolani

Correlatore:

Dr. Ing. Antonio Formisano



*Ai componenti della mia famiglia e Antonella,
le persone più importanti della mia vita,
con amore, stima e gratitudine.*

INDICE

INTRODUZIONE	4
 CAPITOLO 1: COMPORTAMENTO EDIFICI MURARI IN ZONA SISMICA.....	 6
1.1. INTRODUZIONE	6
1.2. CENNI STORICI SULLO SVILUPPO DELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE MURARIE.....	7
1.3. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE MURARIE CAMPANE	9
1.4. LE CARATTERISTICHE DELLE MURATURE.....	12
1.5. IL COMPORTAMENTO DELLE MURATURE SOGGETTE AD AZIONI SISMICHE.....	14
1.5.1 MECCANISMI DI RIBALTAMENTO SEMPLICE	16
1.5.2 MECCANISMI DI FLESSIONE VERTICALE	17
1.5.3 MECCANISMI DI FLESSIONE ORIZZONTALE.....	18
1.5.4 MECCANISMI DI RIBALTAMENTO COMPOSTO	21
1.6. I MECCANISMI NEL PIANO	23
1.6.1 CRISI PER PRESSOFLESSIONE	26
1.6.2 CRISI PER TAGLIO	29
 CAPITOLO 2: METODOLOGIE DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA..	 31
2.1. INTRODUZIONE	31
2.2. APPLICAZIONE IN CAMPO STRUTTURALE	34
2.3. METODOLOGIE DI VALUTAZIONE ESAMINATE.....	37
2.4. SCHEDA GNDT II LIVELLO (MURATURA)	38
2.4.1 INTRODUZIONE	38
2.4.2 METODI DI CALCOLO DELL'INDICE DI VULNERABILITÀ GNDT.....	42
2.4.3 INDICE DI VULNERABILITÀ GNDT II LIVELLO	44
2.4.4 DIFETTI SCHEDA GNDT II LIVELLO	47
2.5. METODO FAMIVE.....	48
2.5.1 INTRODUZIONE	48
2.5.2 IL SOFTWARE APPLICATIVO DEL METODO DI ANALISI	49
2.5.3 CALCOLO DELLA VULNERABILITÀ SISMICA : INDICI ESC E V	51
2.6. METODO VM	55
2.6.1 INTRODUZIONE	55
2.6.2 MODELLO	57
2.6.4 TAGLI DI PIANO.....	60
2.6.5 ACCELERAZIONI DEL SUOLO	61
2.6.6 COEFFICIENTE DI DUTTILITÀ	62
2.6.7 DETERMINAZIONE DEL LIVELLO PRESTAZIONALE CHE COMPORTA LA PERDITA DI OPERATIVITÀ.....	64
2.6.8 ACCELERAZIONI AL SUOLO	65
2.6.9 DETERMINAZIONE DEI PERIODI DI RITORNO E VALUTAZIONE DEL RISCHIO	65
2.6.10 AFFIDABILITÀ STIME ED ASPETTI CONNESSI	66
2.7. SOFTWARE 3MURI S.T.A.DATA.....	68
2.7.1 INTRODUZIONE	68
2.7.2 ANALISI STATICA NON LINEARE	69
2.7.4 INPUT FASE I.....	77
2.7.5 ANALISI FASE II	78
2.7.6 VERIFICA FASE III.....	80

CAPITOLO 3 : ESAME DEI CASI DI STUDIO	82
3.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO	82
3.2. CASO DI STUDIO.....	84
3.2.1 NORMATIVA UTILIZZATA	85
3.2.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE	85
3.2.3 COMBINAZIONI DI CARICO E AZIONI SISMICHE.....	88
3.2.4 ANALISI DEI CARICHI:.....	91
3.3. I CASO DI STUDIO: SCUOLA GIOVANNI MAZZA	94
3.3.1 DESCRIZIONE GENERALE	94
3.3.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO	98
3.3.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE.....	103
3.3.4 METODO FAMIVE.....	113
3.4. II CASO DI STUDIO: SCUOLA NAZARIO SAURO	138
3.4.1 DESCRIZIONE GENERALE	138
3.4.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO	142
3.4.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE.....	145
3.4.4 METODO FAMIVE.....	153
3.5. III CASO DI STUDIO: SCUOLA LEOPARDI-CAMPANARIELLO	170
3.5.1 DESCRIZIONE GENERALE	170
3.5.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO	173
3.5.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE.....	176
3.5.4 METODO FAMIVE.....	184
3.6. IV CASO DI STUDIO: SCUOLA CHIAZZOLELLE	197
3.6.1 DESCRIZIONE GENERALE	197
3.6.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO	200
3.6.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE.....	203
3.6.4 METODO FAMIVE.....	210
3.7. V CASO DI STUDIO: SCUOLA G.ORSI.....	227
3.7.1 DESCRIZIONE GENERALE	227
3.7.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO	230
3.7.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE.....	233
3.7.4 METODO FAMIVE.....	240
CAPITOLO 4: ANALISI NUMERICHE NON LINEARI	249
4.1. INTRODUZIONE	249
4.2. CALIBRAZIONE NUMERICA DI UNA PROVA SPERIMENTALE	253
4.2.1 DESCRIZIONE GENERALE	254
4.2.2 RISULTATI PROVA SPERIMENTALE.....	257
4.2.3 RISULTATI CON 3MURI PROVA SPERIMENTALE	258
4.2.4 CONFRONTO RISULTATI 3MURI CON VALORI PROVA SPERIMENTALE.....	260
4.3. ANALISI DEI CASI DI STUDIO MEDIANTE SOFTWARE 3MURI.....	261
4.3.1 I CASO DI STUDIO SCUOLA G.MAZZA	264
4.3.2 II CASO DI STUDIO SCUOLA NAZARIO SAURO.....	269
4.3.3 III CASO DI STUDIO SCUOLA LEOPARDI-CAMPANARIELLO.....	273
4.3.4 IV CASO DI STUDIO SCUOLA CHIAZZOLELLE.....	278
4.3.5 V CASO DI STUDIO SCUOLA G.ORSI	282

CAPITOLO 5: CONFRONTI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	286
5.1. INTRODUZIONE	286
5.2. CLASSIFICAZIONE INDICE DI VULNERABILITÀ SCHEDA GNDT II	286
5.3. CLASSIFICAZIONE VM VALUTAZIONE MURATURE.....	288
5.4. CLASSIFICAZIONE FAMIVE	290
5.5. CLASSIFICAZIONE 3MURI	293
5.6. CONFRONTO METODOLOGIE	295
5.7. INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO.....	298
CONCLUSIONI	302
BIBLIOGRAFIA	303

INTRODUZIONE

MOTIVAZIONI ED OBIETTIVI

Il terremoto è un evento dannoso che molto spesso determina la distruzione o il grave danneggiamento di beni materiali e/o che comporta una sostanziale perdita di vite umane, tanto da risultare come confermano le statistiche, il più pericoloso fra i disastri naturali e antropici negli ultimi decenni. Certamente l'entità di tale catastrofe naturale non dipende solo dalle forze della natura, ma anche da fattori di rilevanza umana, quali ad esempio le tecniche di costruzione o la qualità delle misure di prevenzione sismica. Da ciò scaturisce il particolare interesse per la valutazione della vulnerabilità del costruito esistente, tematica che assume notevole rilevanza per il territorio italiano, nel quale la percentuale di edifici progettati e realizzati in assenza di prescrizioni sismiche supera di gran lunga il 50%. Pertanto nell'ambito del presente lavoro si è focalizzata l'attenzione sull'edilizia scolastica, valutando la vulnerabilità sismica di cinque edifici scolastici in muratura del comune di Torre del Greco la cui realizzazione risale alla prima metà del secolo scorso.

La necessità di ridurre la vulnerabilità, e quindi il rischio sismico, di fabbricati pubblici esistenti in zona sismica ha comportato l'esame di una serie di metodologie di analisi speditive (Scheda GNDT II livello), semplificato (FaMIVE e VM) e raffronto (3Muri).

I risultati derivanti dall'applicazione delle varie metodologie sono stati messi a confronto, consentendo di definire limiti e condizioni di impiego, nonché una scala di priorità per gli interventi di consolidamento da eseguire

La complessità del problema assume una dimensione ancora più grande considerando che gran parte degli edifici pubblici italiani sono stati progettati per resistere esclusivamente a carichi verticali. Inoltre bisogna tener conto che tale patrimonio costruttivo è rappresentato in maggioranza da edifici in muratura di cui sono ricchi i nostri centri storici.

ARTICOLAZIONE DELLA TESI

Nel primo capitolo del presente lavoro di tesi si descrivono le caratteristiche meccaniche delle murature con particolare riferimento al comportamento nel piano e fuori piano delle pareti soggette ad azioni sismiche. Inoltre è riportato un paragrafo dedicato alle tipologie costruttive murarie impiegate in Campania.

Nel secondo capitolo vengono presentate le differenti metodologie per l'analisi di vulnerabilità sismica:

- Metodo GNDT II livello: Metodo speditivo di analisi della vulnerabilità sismica basato sull'analisi delle caratteristiche degli elementi costitutivi dell'edificio raccolte tramite delle schede di rilievo;
- Metodo VM: Metodo meccanico semplificato che analizza la vulnerabilità sismica globale della struttura con riferimento esclusivo ai meccanismi di collasso nel piano, restituendo la PGA che può sopportare l'edificio nella zona dove è localizzato;
- Metodo FaMIVE : Metodo meccanico semplificato che analizza la vulnerabilità sismica delle facciate perimetrali della struttura mediante l'analisi dei meccanismi di collasso nel piano e fuori piano;
- Programma di calcolo 3Muri : Software di calcolo strutturale specifico per le strutture in muratura che verifica globalmente la struttura secondo le prescrizioni delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14 gennaio 2008) mediante l'analisi statica non lineare con l'ausilio dei macroelementi e dell'innovativo modello a telaio equivalente.

Nel terzo capitolo, vengono analizzati i cinque casi di studio mediante le metodologie speditive e semplificate sopra enunciate, esaminandone dapprima peculiarità geometriche e meccaniche.

Il quarto capitolo tratta dell'analisi di vulnerabilità sismica in campo non lineare dei cinque edifici murari mediante il software il software 3Muri per le cinque strutture in oggetto. Dapprima si è valutata l'affidabilità del software simulando una prova sperimentale ciclica condotta su una semplice struttura in muratura testata presso l'università di Buffalo (Paquette e Bruneau 2005) . Successivamente saranno le cinque scuole sono state analizzate in campo non lineare seguendo le prescrizioni dettate dal D.M. 14 gennaio 2008. Vengono inizialmente descritte le fasi della modellazione, per poi riportare i risultati dei casi di analisi evidenziando quelli che non soddisfano le verifiche in termini curve push-over.

Nel quinto capitolo si confrontano infine i risultati ottenuti con le differenti metodologie allo scopo di valutare l'affidabilità delle metodologie esaminate e di classificare le scuole in funzione della loro vulnerabilità sismica .

Il confronto fra le metodologie, che restituiscono risultati non omogenei, è stato effettuato definendo in tutti i casi un indice di vulnerabilità compreso tra 0 e 1.

CAPITOLO 1: COMPORTAMENTO EDIFICI MURARI IN ZONA SISMICA

1.1. INTRODUZIONE

Lo sviluppo delle costruzioni, per diversi secoli, è avvenuto di pari passo a quello delle tipologie e tecniche di esecuzione delle pareti in muratura, le quali rappresentano fonte di conoscenza insostituibile per la progettazione degli edifici realizzati con materiali lapidei.

La conoscenza delle diverse tipologie costruttive e delle tessiture murarie che caratterizzano le strutture in muratura gioca infatti un ruolo fondamentale nel definire la risposta strutturale degli edifici in muratura. Tali edifici, indubbiamente di carattere tradizionale, presentano varietà tipologiche alquanto complesse e di non facile schematizzazione.

L'analisi cronologica dell'evoluzione delle tecniche costruttive dei paramenti murari risulta spesso complicata a causa della mancanza di trattazioni sistematiche adoperate a partire dal tardo Medioevo.

Oltre alla tipologia di materiale lapideo, assume ruolo fondamentale per la definizione del comportamento strutturale la tecnologia di realizzazione delle murature, che può risultare molto variabile. In particolare le strutture murarie sono strettamente dipendenti dalla disponibilità locale di materia prima (tufi, pietre calcaree, laterizi, leganti etc.) e dalla struttura sociale ed economica dell'area. Questi fattori influenzano notevolmente le modalità di realizzazione dei setti murari e conferiscono loro connotati e proprietà strettamente locali che, quindi, non possono essere direttamente estese ed applicate in un contesto geografico diverso.

Nel caso della città di Napoli ad esempio nel corso dei due millenni e mezzo di storia della città, si è fatto costante e quasi esclusivo ricorso al tufo giallo, prelevato direttamente dal sottosuolo o da cave localizzate sui fianchi delle circostanti colline, e messo in opera soprattutto negli ultimi cinque o sei secoli, secondo tessiture non molto dissimili tra loro. In particolare, le tipologie murarie dell'area napoletana hanno una storia ed un'evoluzione legate agli sviluppi storici, economici e sociali di un più ampio contesto che è quello dei Paesi del bacino del Mediterraneo. Bisogna infatti conoscere il passato per operare nel presente e preservare gli antichi edifici nel futuro: un futuro nel quale le costruzioni in cemento armato, minate dal cancro dell'armatura, saranno destinate in gran parte a scomparire mentre l'edilizia in muratura, vittoriosa nella battaglia della sopravvivenza sarà

destinata a un recupero sempre maggiore, oltre che ad un rinnovato interesse (Nicola Augenti da “Calcolo sismico edifici in muratura” 2008).

1.2. CENNI STORICI SULLO SVILUPPO DELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE MURARIE

La muratura si è sviluppata in maniera sistematica con l'avvento delle grandi civiltà urbane e segna il passaggio da tecniche edilizie primordiali legate all'uso del legno, della paglia, delle pelli ad un periodo storico caratterizzato da edifici più duraturi e solidi. Inizialmente il muro portante era realizzato a secco, semplicemente sistemando pietre sbazzate una sull'altra, cercando di incastrarle al meglio possibile per raggiungere una buona stabilità e portanza.

Con lo sviluppo delle tecniche di lavorazione delle pietre si sono prodotti muri a secco di ottima qualità, come le mura ciclopiche o le mura megalitiche, realizzate in epoca preistorica o protostorica con grandi blocchi irregolari che venivano accostati compensando le lacune con pietre più piccole, malte argillose o pietrame, senza vuoti o cavità sulla superficie.

Il muro in pietra squadrata è molto resistente e molto stabile, ma è senza dubbio più complesso da realizzare, stante la necessità di cavare e lavorare le pietre, oltre che di posizionarle.

La compattezza del muro di un edificio aveva come scopo sia quello di creare un ambiente interno isolato da quello esterno, sia quello di distribuire in maniera il più possibile regolare le forze di compressione agenti sul muro stesso.

Il muro di pietre squadrate di grandi dimensioni nel mondo romano e greco veniva rafforzato con delle grappe di piombo che venivano colate allo stato fuso in alloggiamenti ricavati appositamente sulle stesse pietre.

Tale tecnica è stata utilizzata in molti templi dell'Acropoli di Atene e nel Colosseo, oltre che in tutte le altre importanti strutture del periodo.

Il Colosseo, ad esempio, privato nel tempo di tali grappe di ancoraggio, tolte per ricavare il piombo che veniva fuso e riutilizzato, subì notevoli danni a causa del terremoto di Roma del XIII secolo. Parallelamente allo sviluppo del muro di pietre squadrate avanzano le tecniche del muro in mattoni. Inizialmente il mattone era ottenuto mediante un semplice impasto di terra e paglia, posizionato in uno stampo e lasciato essiccare al sole. Tali

mattoni messi in opera a secco, hanno consentito di realizzare importanti opere quali ad esempio lo Ziggurat al tempo della civiltà mesopotamica.

La "terra" utilizzata non era semplice limo, ma era spesso argilla o altri terreni sedimentari compatti. La terra cruda era molto utilizzata all'epoca mesopotamica, sebbene risultasse un materiale estremamente friabile e poco affidabile nel tempo. Per tale motivo si fece ricorso alla cottura dell'argilla che ad alte temperature induriva notevolmente acquistando solidità, e fornendo un prodotto arrivato fino ai nostri giorni.

Con la scoperta della calce, la muratura subì l'ultima grande evoluzione dando luogo al muro allettato con calce.

Tale tecnica consisteva nel posizionare i mattoni l'uno sull'altro avendo cura di gettare uno strato di calce tra due file di mattoni e tra un mattone e l'altro nella stessa fila. La calce, indurendosi, si legava ai mattoni cotti aventi superficie scabra per favorire la presa e creando con essi un unico elemento strutturale molto più resistente del solo mattone crudo.

Dal punto di vista della resistenza, della durata e della qualità complessiva, il muro di pietre squadrate di grandi dimensioni rimase però la migliore soluzione possibile. Esso venne infatti utilizzato in tutto il periodo classico e nel periodo gotico per la realizzazione degli edifici di maggiore pregio.

Il costo della pietra squadrata di grandi dimensioni, cresciuto notevolmente nei secoli rispetto al muro di mattoni, contribuì già nel Rinascimento all'abbandono della pietra proprio a favore del mattone allettato (Figura 1). Rimase in auge la tecnica del muro di pietre squadrate di piccole dimensioni, più vicina a quella del muro di mattoni.

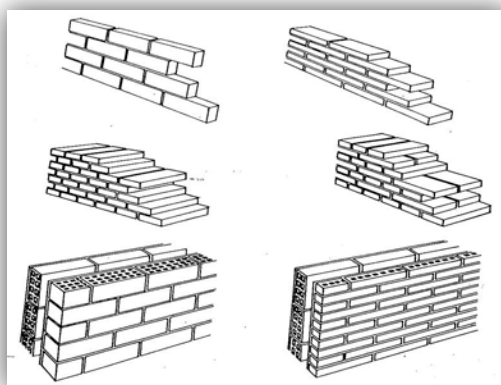


Figura 1: Tipologie costruttive delle murature portanti.

La scoperta della ghisa e dell'acciaio prima e del cemento armato poi, portarono infine ad un impiego diverso del muro in laterizio che allettato con malta di calce o malta di

cemento veniva usato come tamponature all'interno delle maglie strutturali. Quindi l'impiego delle pareti in muratura è stato sostanzialmente quello di separare lo spazio architettonico esterno da quello interno, in un edificio retto da una struttura a telaio, allo scopo di isolarlo termicamente e di creare una sorta di barriera al passaggio dell'umidità. Infatti fino a non molti anni fa la tamponatura era essenzialmente composta da una doppia muratura di mattoni forati, quella esterna più spessa (circa 25 cm) e quella interna più snella (circa 8 cm), separati da un intercapedine non ventilata d'aria di spessore pari a 4 cm, il tutto finito con intonaco interno ed esterno per uno spessore finale di 40 cm.

1.3. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE MURARIE CAMPANE

Ogni realtà urbana presenta casi edilizi differenti a causa di soluzioni costruttive dettate da esigenze contingenti che implicano variazioni della prassi costruttiva consolidata. Situazioni al contesto, particolari di origine geografica, climatica e orografica o la conformazione artificiale del paesaggio, la necessità di dover spesso costruire su preesistenze stratificate che comportano la ricerca di soluzioni di simbiosi tra tecniche differenti, motivi economici e culturali sono tutti fattori determinanti che rendono ogni edificio un unicum in una casistica ricca e complessa.

Il patrimonio edilizio dell'Italia centromeridionale è caratterizzato in prevalenza da strutture in murature di pietra di tufo di differente origine. Grazie alla sua grande lavorabilità, questo materiale è sempre stato nel corso dei secoli cavato facilmente e ridotto in blocchi da costruzione, assumendo anche per tali motivi un ruolo assolutamente primario nell'architettura sacra, civile e militare come materiale strutturale e decorativo di gran parte dei tessuti storici di regioni dell'Italia Meridionale quali Lazio, Campania, Puglia e Sicilia. Il tufo presenta buone caratteristiche dal punto di vista statico e dell'isolamento termico, ma è alquanto deteriorabile se esposto agli agenti atmosferici.

Per tale motivo si è spesso ricorso all'impiego generalizzato di intonaco a difesa della muratura utilizzando solo in rarissimi casi il "tufo a faccia vista".

Schematicamente, in ragione delle particolari condizioni geo-litologiche e storico-culturali dell'area in esame, le tessiture murarie in tufo possono essere classificate in :

- Murature di tufo in conci squadrati con tessiture irregolari o isodome;

- Murature di tufo a sacco, caratterizzate da due paramenti murari distanziati l'uno dall'altro e spesso riempiti con materiali frutto di demolizioni o sfruttando i residui dei conci frantumati o ricavati dal taglio delle pietre dal blocco estratto dalle cave;
- Murature miste, listate, con tufo e filari di mattoni, questi ultimi con il compito di ottenere una maggiore uniformità nella ripartizione dei carichi e conferire maggiore resistenza nelle parti più sollecitate dell'edificio.

Lo spessore della muratura dipende dalla dimensione dei conci di pietra utilizzati e risulta multiplo della “testa” (larghezza del concio), che diviene modulo base di riferimento, e del giunto di malta. Si possono così avere murature ad una, due o più teste. Nella fase di realizzazione i “corsi” sovrapposti hanno configurazioni geometriche differenti in quanto i conci simili assumono posizione diversa alternando e sfalsando la localizzazione dei giunti nei due sensi. Inoltre alcuni elementi vengono disposti “di punta”, ossia con la dimensione maggiore perpendicolare allo spessore murario, in modo da realizzare la connessione fra i paramenti paralleli (esterno/interno) o l'ammorsatura con le sezioni interne di conglomerato nel caso di muri “a sacco”: ciò avviene con regolarità, minimo ogni due pietre poste longitudinalmente (“di fianco”).

La struttura che deriva dall'unione degli elementi lapidei presenta caratteristiche simili ad un blocco monolitico, caratterizzato da una coesione senza soluzioni di continuità dovuta, oltre che alla disposizione dei blocchi a giunti sfalsati, anche a caratteristiche quali la regolarità delle facce dei blocchi, necessaria per una disposizione “a ricorsi”, l'accurata scelta del materiale (resistenza, durezza, tenacità, lavorabilità) e la buona composizione della malta. La regolarità delle facce ed il loro parallelismo nella messa in opera, garantiscono la trasmissione degli sforzi con le medesime caratteristiche iniziali. La malta ha inoltre la funzione di ripartire i carichi tra i vari elementi di una muratura colmandone i vuoti.

In passato la maggior parte delle murature era realizzata con la tecnica “a sacco”, per i vantaggi economici che derivavano dall'uso di tali materiali e della mano d'opera, associati anche alla rapidità di esecuzione. Tale sistema ha tuttavia spesso evidenziato da un lato il debole collegamento tra i paramenti in quanto affidato a pochi elementi passanti, dall'altro la presenza di malta di scarsissima qualità. Questa tipologia di muratura è stata utilizzata prevalentemente per costruzioni con un numero limitato di piani (due o tre). La

sua realizzazione prevedeva la sbazzatura dei conci di tufo disposti con le facce regolari verso l'esterno ed in maniera da formare due paramenti murari fra i quali veniva posta la malta e le scaglie di tufo residui della sbazzatura.

Le tecniche costruttive adottate dai maestri muratori dell'Italia Meridionale non variano molto da zona a zona e sono individuabili un po' dovunque qualora sia possibile osservarne la "tessitura" ad esempio in fase di demolizione di vecchie fabbriche o quando, per interventi di recupero, si può analizzare uno spaccato murario.

Per la realizzazione dei paramenti, le pietre di tufo venivano squadrate a mano sui tre lati, mentre la faccia verso l'interno veniva solo grossolanamente sbazzata. Le pietre venivano messe in opera a giunti sfalsati, in modo che le connessioni dei corsi verticali contigui non corrispondessero.

I ricorsi erano realizzati con abbondante malta di pozzolana e le pietre battute con martello fino a ridurre la malta allo spessore strettamente necessario (mai inferiore ad un centimetro). Il sistema a sacco veniva dimensionato prevalentemente sulla base dell'esperienza. Lo spessore delle murature variava da un minimo di 50 cm fino a spessori maggiori, in relazione al tipo di edificio da realizzare. Di seguito (Figura 2) si riportano alcuni esempi di modalità realizzative per murature di tufo con diversi spessori.

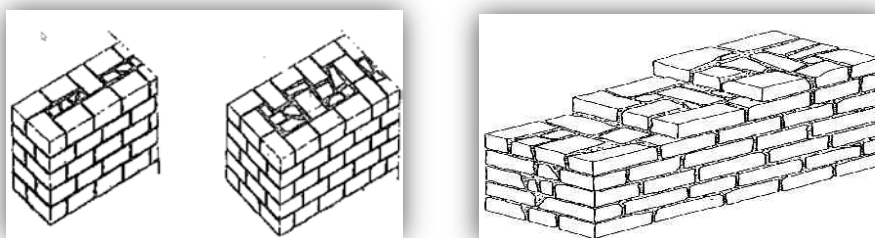


Figura 2: Tipologie di muratura in tufo.

Il patrimonio delle strutture in pietra naturale dell'Italia Meridionale ed in particolare dell'area napoletana è molto esteso e di grande valore storico culturale. Tuttavia da un punto di vista tecnico, attesa la varietà dei materiali e la complessità delle tessiture, l'analisi strutturale dei sistemi e la caratterizzazione dei materiali si presentano molto articolate.

Le indagini di letteratura e le prove sperimentali effettuate hanno confermato l'ampio spettro di proprietà meccaniche che si possono riscontrare per le murature in pietra

naturale. Inoltre appare non trascurabile l'influenza delle condizioni ambientali e dello stato di conservazione che può modificare la resistenza meccanica. Le prove sperimentali hanno evidenziato anche che le malte presentano una rilevante variazione della resistenza, parametro che assume un ruolo fondamentale nella resistenza a taglio dei pannelli murari. Le indagini di letteratura e le prove sperimentali hanno quindi confermato che per una corretta analisi strutturale di un edificio in muratura, è necessario inquadrare il materiale ed anche la tipologia costruttiva, al fine di rendere più affidabile la conoscenza delle caratteristiche meccaniche, e ridurre al minimo le incertezze comunque presenti, classiche dell'analisi di strutture in muratura appartenenti al passato.

1.4. LE CARATTERISTICHE DELLE MURATURE

La muratura non può essere considerata come materiale singolo, ma deve essere considerata come una struttura costituita da l'assemblaggio di più elementi le cui proprietà possono variare, non solo da muro a muro, ma anche all'interno dello stesso manufatto.

Le più importanti caratteristiche della muratura dal punto di vista del comportamento meccanico sono:

- *la disomogeneità*

La disomogeneità è dovuta al fatto che gli elementi e la malta di cui è costituita la muratura possono avere caratteristiche meccaniche fortemente diverse.

Inoltre, spesso non è sufficiente conoscere le caratteristiche dei materiali componenti presi singolarmente per prevedere il comportamento meccanico dell'insieme, in quanto un ruolo fondamentale è giocato dall'interfaccia, ovvero dall'unione fra i componenti, che per particolari fenomeni chimico-fisici tende a sviluppare un comportamento meccanico non necessariamente riconducibile a quello dei singoli componenti. Il comportamento meccanico macroscopico della muratura può quindi essere considerato come il risultato dell'interazione meccanica fra gli elementi e la malta attraverso la loro interfaccia.

- *l'anisotropia*

L'anisotropia è dovuta alla direzionalità intrinseca della muratura, legata alla forma ed alle proporzioni degli elementi ed al modo con cui essi vengono disposti, nonché all'eventuale presenza di fori e alla loro direzione. La quasi totalità delle murature moderne presentano

elementi regolari disposti per corsi orizzontali, con giunti orizzontali di malta continui, laddove i giunti verticali sono invece sfalsati per “legare” meglio la muratura, come già descritto in precedenza.

- *l'asimmetria di comportamento rispetto al segno delle sollecitazioni (compressione-trazione)*

L'asimmetria di comportamento meccanico è la diretta conseguenza del fatto che sia gli elementi, sia la malta, sia l'interfaccia malta-elemento presentano un comportamento asimmetrico nei riguardi della trazione e della compressione. Un particolare ruolo in questo fenomeno è giocato dall'interfaccia, che in molti casi presenta una resistenza a trazione più bassa e più aleatoria di quella dei singoli componenti. È su queste basi che la muratura viene modellata frequentemente come materiale non reagente a trazione.

- *la non linearità del legame sforzi-deformazioni.*

La non linearità, che può essere vista in parte come un risultato di alcune delle caratteristiche sopra elencate, caratterizza in modo marcato il comportamento della muratura in compressione, in trazione, ed in stati di sollecitazione composti.

Per le applicazioni non è sempre possibile né necessario tenere in conto tutte le caratteristiche sopra elencate. In particolare, nella prassi progettuale si utilizzano modelli in cui il materiale viene idealizzato come un continuo omogeneo equivalente al materiale non omogeneo di riferimento e l'anisotropia viene tenuta in conto in modo estremamente semplificato, se non addirittura trascurata (Figura 3).

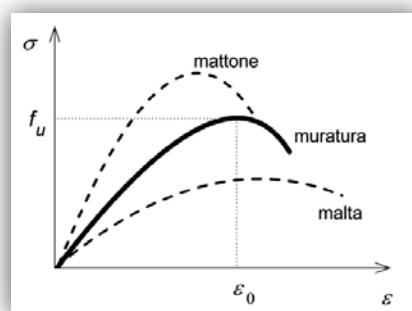


Figura 3: Il comportamento in compressione monoassiale di un prisma di muratura è intermedio fra quello del singolo mattone e quello della malta, a causa della coazione che si instaura fra malta e mattoni.

1.5. IL COMPORTAMENTO DELLE MURATURE SOGGETTE AD AZIONI SISMICHE

I danni rilevati sulle strutture murarie dopo gli eventi sismici mostrano che le parti strutturali e le soluzioni tecnologiche più deboli risultino le più vulnerabili sotto sisma. Pertanto l'analisi dell'organizzazione strutturale attuale consente così di prevedere i possibili danni o collassi futuri. A differenza di quanto avviene negli edifici con strutture a telaio, la carenza o la mancanza di connessione tra gli elementi strutturali delle costruzioni in muratura realizzate in assenza di norme specifiche permettono il verificarsi di collassi parziali: in generale il crollo della struttura muraria avviene per perdita dell'equilibrio di porzioni di essa. Per questo motivo, la valutazione della sicurezza degli edifici in muratura esistenti va eseguita, oltre che con riferimento al comportamento sismico globale, anche considerando i possibili meccanismi locali di collasso. Questo approccio richiede una osservazione accurata delle caratteristiche costruttive degli edifici da analizzare, per procedere ad una affidabile modellazione strutturale.

Individuati tali meccanismi, occorre poi definire uno o più modelli di analisi per valutare l'entità dell'azione sismica che ne determina l'attivazione provocando il collasso della costruzione. L'analisi è rivolta alla quantificazione del moltiplicatore dei carichi orizzontali agenti sugli elementi strutturali, che attiva il cinematismo in questione.

A tal fine è possibile considerare le strutture murarie come costituite da corpi rigidi, i macroelementi coinvolti nei cinematismi. La valutazione delle condizioni di equilibrio limite sotto l'azione del sisma è condotta trascurando la resistenza a trazione della muratura.

I valori dei moltiplicatori di collasso ottenuti per i diversi meccanismi compatibili con le caratteristiche costruttive dell'edificio analizzato, consentono di individuare quello che determina la crisi della struttura, caratterizzata dal valore minore, e l'entità dell'azione sismica che lo attiva; consentono anche di segnalare altre potenziali situazioni di pericolo dovute a possibili meccanismi associati ai più bassi valori del moltiplicatore.

Si osserva tuttavia che le verifiche sugli edifici in muratura eseguite attraverso l'analisi limite dell'equilibrio hanno significato solo se è garantita una adeguata monoliticità delle pareti murarie, tale da impedire collassi localizzati per disgregazione della muratura.

I danni tipici del costruito in muratura possono essere distinti secondo due fondamentali modalità di collasso (Giuffrè 1993): i cosiddetti meccanismi di primo e secondo modo.

Per i meccanismi di primo modo si intendono quei cinematismi di collasso connessi al

comportamento delle pareti in muratura fuori dal proprio piano, quindi con comportamento flessionale e di ribaltamento. I meccanismi di secondo modo riguardano invece la risposta della parete nel proprio piano, con tipici danneggiamenti per taglio e flessione. Volendo definire una gerarchia completa delle modalità di collasso delle pareti in muratura, si dovrebbe aggiungere quella inerente alla disgregazione della tessitura muraria, anche se essa risulta dipendere esclusivamente dalla qualità e dalla modalità di accoppiamento (tessitura) dei materiali costituenti la muratura, più che dalle sollecitazioni agenti. È opportuno precisare, che l'attivazione dei meccanismi fondamentali di collasso è però strettamente dipendente dal comportamento globale dell'edificio, che a sua volta discende dalle caratteristiche tipologiche e tecnologiche.

Viene proposta una rassegna di modelli per l'analisi dei più frequenti meccanismi di collasso riscontrati negli edifici in muratura ordinari.

I cinematismi studiati sono stati classificati in:

Meccanismi fuori piano:

- Meccanismi di ribaltamento semplice;
- Meccanismi di flessione verticale;
- Meccanismi di flessione orizzontale;
- Meccanismi di ribaltamento composto.

Meccanismi nel piano:

- Meccanismi da flessione-ribaltamento e taglio-scorrimento.

Per ognuno di tali raggruppamenti è opportuno illustrare le caratteristiche e le modalità di collasso, l'ambito di applicazione ed i requisiti che si devono verificare negli edifici affinché il meccanismo si possa manifestare e le possibili condizioni differenti che è possibile riscontrare nelle strutture e che possono influenzare l'evoluzione del fenomeno.

1.5.1 MECCANISMI DI RIBALTAMENTO SEMPLICE

Il ribaltamento semplice di pareti esterne degli edifici dovute all'azione del sisma rappresenta una situazione di danno tra le più frequenti e pericolose.

Questa si schematizza come una rotazione rigida di porzioni di parete attorno ad una cerniera cilindrica orizzontale posta alla base; la rotazione è attivata da sollecitazioni fuori dal piano (Figura 4). Tale situazione si verifica quando il muro investito dall'azione sismica risulta libero in sommità e non ammorsato alle pareti ad esso ortogonali. Anche se queste ultime hanno una qualità insoddisfacente, il collasso si manifesta per primo nella parete normale all'azione sismica. Le condizioni di vincolo che rendono possibile questo meccanismo sono quindi l'assenza di connessioni nel martello murario ed assenza di dispositivi di collegamento, come cordoli o catene, in testa alla tesa ribaltante.

Se l'edificio ha subito l'azione di un sisma questo tipo di meccanismo è facilmente individuabile da lesioni verticali presenti in corrispondenza dell'incrocio tra la tesa ribaltante e le pareti ad essa ortogonali oppure dall'avvenuto sfilamento di travi dall'incastro con il muro.

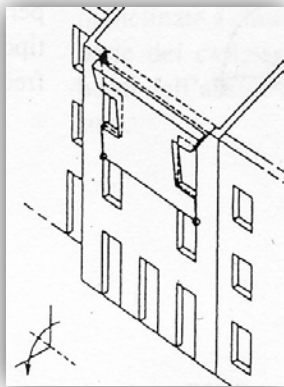


Figura 4: Meccanismo di ribaltamento semplice

Il ribaltamento semplice di porzioni di muratura può riguardare diverse geometrie della parete in esame, in relazione ad un quadro fessurativo rilevato o alla presenza di aperture nel muro (porte e finestre) che ne influenzano la progressione. Può interessare uno solo o più piani dell'edificio, relativamente alla modalità di connessione tra i solai e le murature ai vari livelli della struttura. In questi casi occorre considerare la possibilità che il

ribaltamento possa coinvolgere diversi livelli della parete; bisogna quindi valutare il moltiplicatore di collasso per differenti posizioni della cerniera cilindrica.

1.5.2 MECCANISMI DI FLESSIONE VERTICALE

Una situazione piuttosto comune negli edifici in muratura è rappresentata da una tesa muraria vincolata agli estremi e libera nella zona centrale (Figura 5). È questo il caso, ad esempio, di un edificio con un cordolo in sommità ed i solai intermedi privi di qualsiasi connessione; una situazione di questo tipo si presenta anche quando si considera la porzione di parete compresa tra due solai ben collegati ad essa. In queste condizioni la presenza in sommità di un dispositivo di connessione impedisce il ribaltamento della parete verso l'esterno. Tuttavia questa, sotto l'effetto dello scuotimento orizzontale, può collassare per instabilità verticale. Infatti la struttura muraria, costruita per sovrapposizione di elementi lapidei e laterizi vincolati da semplice contatto o da una malta con scarsa resistenza a trazione, sopporta gli sforzi di flessione indotti dalle azioni ortogonali al suo piano, solo se lo sforzo normale mantiene la risultante interna alla sezione trasversale. In caso contrario si forma in quel punto una cerniera cilindrica orizzontale che consente l'innescarsi del cinematismo per flessione verticale.

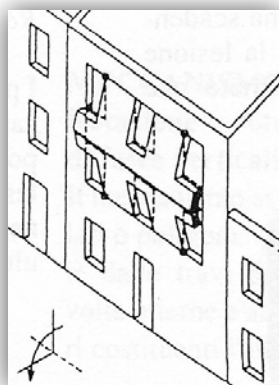


Figura 5: Meccanismo di flessione verticale

Tale meccanismo è favorito da una qualità scadente della muratura, ad esempio muratura a sacco, che la rende instabile e da spinte orizzontali localizzate, determinate ad esempio dalla presenza di archi, volte o solai intermedi non trattenuti; può quindi verificarsi in presenza di un trattenimento in testa alla tesa muraria, dovuti, ad esempio, a tiranti metallici, ad ancoraggi alle testate di travi lignee o a cordoli e solette in c.a. ben ammassate

alla muratura. Il meccanismo, in questo caso, è caratterizzato da valori del coefficiente di collasso λ più elevati rispetto al caso di ribaltamento semplice.

In un edificio già danneggiato dal terremoto il meccanismo è segnalato da un fuori piombo della parete, talvolta accompagnato dallo sfilamento delle travi del solaio che insiste sulla parete. In ogni caso, l'instaurarsi dell'arco verticale che precede l'attivazione del meccanismo richiede la presenza di efficaci vincoli orizzontali sopra e sotto il tratto di parete interessato.

Il meccanismo di flessione verticale di una parete può quindi interessare uno o più piani dell'edificio, in relazione alla presenza di vincoli agli orizzontamenti, diverse geometrie dei macroelementi, determinate dalla presenza di aperture o spinte localizzate, ed uno o entrambi i paramenti nel caso di strutture murarie a doppia cortina. In particolare nel caso dei muri a sacco il materiale di riempimento interno per effetto della sovrappressione può causare l'instabilità del paramento esterno, soprattutto quando il solo paramento interno è collegato ai solai (ad esempio quando su questo sono stati realizzati cordoli in c.a. in traccia).

1.5.3 MECCANISMI DI FLESSIONE ORIZZONTALE

In presenza di pannelli murari efficacemente vincolati alle pareti ortogonali con il lato sommitale non trattenuto da alcun dispositivo si assiste spesso ad un tipo di crisi riconducibile al comportamento flessionale nel piano orizzontale del solido murario. La risposta strutturale della parete si manifesta in questi casi come un effetto arco orizzontale all'interno della parete ed è chiamato in causa dall'azione sismica ortogonale alla stessa (Figura 6).

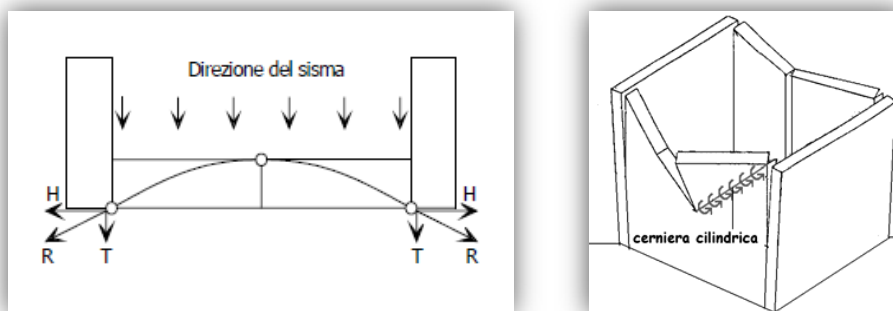


Figura 6: Meccanismo di flessione orizzontale

In particolare, la spinta trasmessa dal solaio o dalla copertura in testa alla struttura muraria si scarica sulla parete di facciata fino ad arrivare ad interessare le pareti ad essa ortogonali (arco orizzontale). Tale azione, in corrispondenza delle intersezioni murarie, viene quindi ripartita in una componente T ortogonale alla parete investita dal sisma, ed assorbita dai tiranti, ed una componente H parallela alla stessa.

L'attivazione del meccanismo è preceduta dalla formazione di un arco orizzontale nello spessore del muro; nella condizione limite di equilibrio si formano tre cerniere, una in mezzeria, le altre in prossimità dell'intersezione tra la parete in esame ed i muri ad essa ortogonali, in corrispondenza degli elementi che devono portare il tiro T.

Dallo schema di calcolo si osserva che il collasso si manifesta quando la parete non trova elementi strutturali in grado di fornire le reazioni H. Nel caso in cui la parete si inserisce all'interno di una schiera (Figura 7) e le porzioni di muratura contigue sono di sufficiente resistenza, il collasso per cinematismo non si verifica e la rottura può avvenire solo per schiacciamento della parte interna del muro.

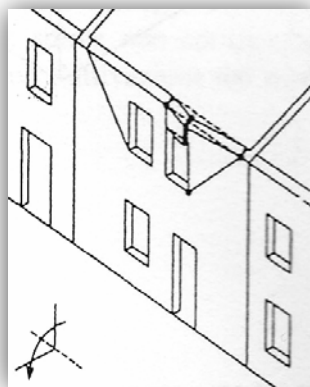


Figura 7: Meccanismo di flessione orizzontale
di una parete inserita in una schiera di muratura contigua

In altre parole l'evoluzione del meccanismo dipende dalla capacità dei muri laterali di sopportare le spinte H degli archi. Se la parete non trova elementi di contrasto capaci di fornire una reazione pari ed opposta alla spinta H, allora lo schema isostatico di arco a tre cerniere diventa labile quando queste vengono ad essere allineate e si ha il conseguente cinematismo di collasso. Se, invece, la muratura in esame appartiene ad una cella interclusa di una schiera, allora la spinta H è generalmente assorbita dalle pareti contigue, quindi diventa necessaria un'analisi di tipo tensionale che verifichi la condizione di schiacciamento della parte interna del muro soggetta a forti sollecitazioni di compressione.

La situazione descritta è tipica delle pareti trattenute da tiranti ed è favorita dalle spinte in testa al muro (dovute alla presenza di una copertura spingente o all'azione di martellamento degli elementi di grossa orditura del tetto) e da una ridotta resistenza a trazione della muratura (che comporta rischi di espulsione del materiale che costituisce la faccia esterna della parete per le tensioni di trazione che nascono al centro della muratura a causa dal cinematismo stesso). Anche la presenza di canne fumarie ricavate nello spessore della parete o di aperture per l'alloggio degli impianti tecnologici, riducendo la sezione resistente della struttura muraria, costituiscono situazioni preferenziali per la formazione delle cerniere verticali e l'innescò del cinematismo e rappresentano quindi elementi di particolare interesse.

Nell'analisi del meccanismo di flessione orizzontale bisogna distinguere poi tra il caso di parete monolitica, per il quale l'arco di scarico può interessare l'intero spessore della parete, ed il caso di parete a doppia cortina per il quale si può manifestare espulsione di materiale senza che si abbia il coinvolgimento della cortina interna. Il meccanismo di flessione orizzontale inoltre può interessare diverse geometrie dei macroelementi coinvolti nel cinematismo, la cui definizione è condizionata principalmente dalla presenza di aperture allineate nella fascia di sottotetto e dalla qualità della muratura che influisce sull'altezza del cuneo di distacco.

Nel caso di strutture anche lievemente danneggiate l'individuazione di meccanismi di flessione orizzontale è agevolata dalla lettura del quadro fessurativo che fornisce importanti indicazioni sui macroelementi che si sono formati. Mentre in generale nel caso di murature integre con cantonali correttamente eseguiti i possibili cinematismi di collasso fuori dal piano possono svilupparsi con il coinvolgimento di porzioni più o meno ampie di muratura e non è immediato prevedere quale sia il cinematismo più probabile. Per stabilire quale sia la condizione più sfavorevole, in questi casi occorre valutare diversi moltiplicatori di collasso ipotizzando diverse geometrie delle porzioni di muratura interessate dal cinematismo.

1.5.4 MECCANISMI DI RIBALTAMENTO COMPOSTO

Per ribaltamento composto si vuole qui indicare un insieme di situazioni in cui al ribaltamento della parete ortogonale all'azione sismica si accompagna il trascinamento di una porzione di struttura muraria appartenente ad un'angolata libera oppure a pareti di spina (Figura 9). In molti casi infatti i martelli murari e le angolate presentano connessioni adeguate tra le murature che confluiscono in un nodo, tali da determinare il coinvolgimento di parti di esse nel ribaltamento. Affinché si possa prevedere un meccanismo di ribaltamento composto in un edificio integro, devono esserci condizioni caratterizzate dall'assenza di vincoli in sommità della parete ribaltante e dalla presenza di un efficace collegamento tra la parete investita dal sisma e quella ad essa ortogonale. Si tratta generalmente di murature costruite in uno stesso momento (cellule originarie) o che hanno subito interventi di consolidamento che prevedono il collegamento dei pannelli murari ortogonali, ma in assenza di un efficace collegamento in testa alla parete ribaltante.

Inoltre, in relazione alla presenza di solai rigidi, si può definire una diversa configurazione del cuneo di distacco nella parete coinvolta nel ribaltamento. Nel caso in cui siano presenti solai tradizionali, privi di soletta armata, il meccanismo di ribaltamento della facciata è accompagnato generalmente dal distacco di un cuneo diagonale della parete ortogonale (Figura 8 *a*). Se invece i solai sono dotati di soletta rigida il meccanismo di ribaltamento composto determina il trascinamento di un cuneo a doppia diagonale nella parete di controvento (Figura 8 *b*).

Quando l'edificio in esame ha già subito l'azione di un sisma è possibile constatare il meccanismo di ribaltamento composto attraverso la lettura del dissesto rilevato, descritto da lesioni diagonali o a doppia diagonale sulle pareti di spina con angolo di distacco differente a seconda della tipologia e della qualità muraria caratterizzante l'edificio stesso. In effetti tale meccanismo, che rappresenta una variante del ribaltamento semplice, è fortemente influenzato anche dal tipo di muratura e dalla presenza di aperture nelle pareti di controvento, da cui dipendono in particolare le dimensioni e la configurazione del cuneo di distacco.

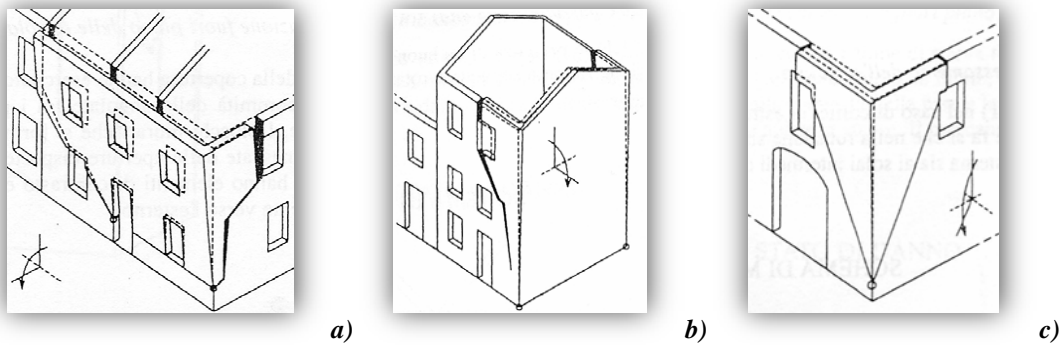


Figura 8: Meccanismi di ribaltamento composto

Per pareti di controvento prive di aperture si può osservare che in generale l'angolo formato dalla diagonale del cuneo che ribalta con la verticale aumenta all'aumentare della qualità muraria (in particolare è tanto maggiore quanto migliore è l'apparecchiatura del sistema murario e quanto maggiori sono le dimensioni medie degli ortostati). In presenza di aperture in prossimità dell'intersezione tra i muri, invece, la forma e le dimensioni del cuneo di distacco sono determinate da queste (Figura 8 c). Si osserva poi che, in questo tipo di cinematismo, minore è la porzione di muratura che viene trascinata nel moto di ribaltamento più ridotto risulta il valore del moltiplicatore di collasso determinato, fino a tendere al limite al caso di ribaltamento semplice.

Il meccanismo di ribaltamento composto può interessare quindi diverse geometrie del macroelemento coinvolto nel cinematismo e diversi piani dell'edificio, in relazione alla presenza di dispositivi di connessione ai vari livelli, ma riguarda generalmente murature a comportamento monolitico poiché può attivarsi solo in pareti di buona qualità ed apparecchiatura.

1.6. I MECCANISMI NEL PIANO

Nei confronti delle azioni orizzontali, ed in particolar modo nei riguardi delle azioni sismiche è possibile assimilare il comportamento di una parete in muratura a quello di un assemblaggio di pannelli: maschi murari, pannelli di fascia e di nodo (Figura 9).

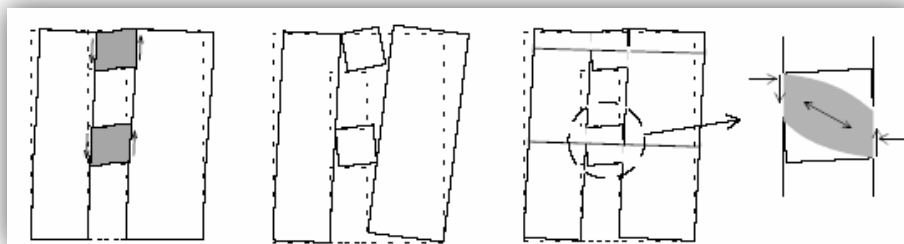


Figura 9: Comportamento delle fasce di piano come elementi di accoppiamento di maschi murari.

Dall'osservazione dei danni riscontrati sia su casi reali che sperimentali, si evidenzia come tipicamente il danneggiamento sia generalmente concentrato nei maschi murari e nelle fasce di piano, mentre nelle zone di connessione tra fasce e maschi si riscontra l'assenza di sistematici fenomeni di danno. Ciò consente di supporre che nei pannelli di nodo lo stato deformativo si mantenga sempre entro i limiti elastici e, quindi, possa essere considerato trascurabile nella valutazione complessiva della parete in cui sono determinanti le deformazioni non lineari delle altre parti.

La risposta dei maschi murari è stata ampiamente descritta e studiata analiticamente, numericamente e sperimentalmente.

I meccanismi di danno connessi all'azione orizzontale, tipici per i maschi in muratura sono in generale suddivisibili in due categorie: meccanismi di rottura per flessione-ribaltamento (Figura 10 a)) per le pareti snelle dove il rapporto $H/B > 1.5$, o per taglio, con questi ultimi contraddistinti dal fenomeno di scorrimento (Figura 10b)) o di trazione diagonale (Figura 10 c)) per le pareti tozze dove il rapporto H/B è prossimo all'unità.

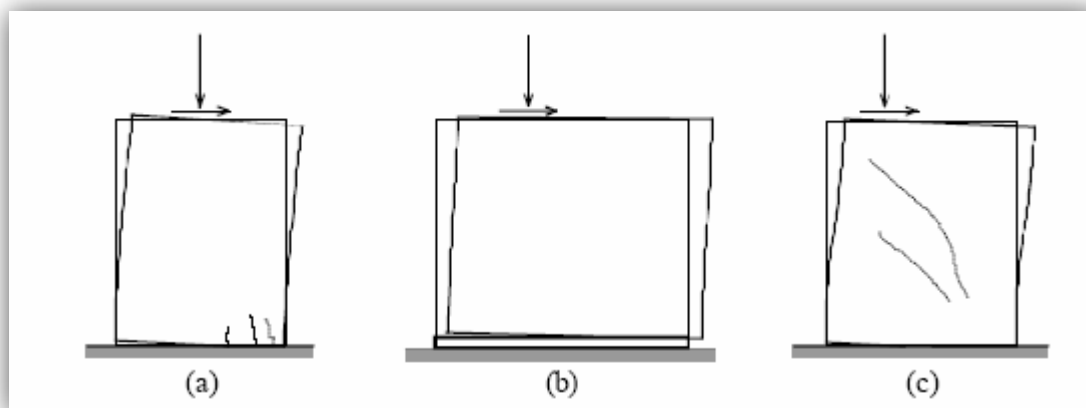


Figura 10: Meccanismi di rottura nel piano : **a)** flessione-ribaltamento;
b) per taglio-scorrimento; **c)** taglio-trazione diagonale

La funzione strutturale delle fasce è tutt'altro che secondaria in quanto, fornendo l'accoppiamento fra i maschi murari, possono influenzare considerevolmente il meccanismo di risposta di una parete multipiano sia sotto l'aspetto della resistenza laterale che della duttilità.

L'accoppiamento che può essere fornito dalle fasce è principalmente funzione della compressione a cui esse sono soggette in direzione orizzontale (Figura 10). Solo questa compressione infatti fornisce la resistenza "flessionale" che contrasta l'attivazione del meccanismo di ribaltamento delle colonne di muratura che possono formarsi tra aperture verticalmente allineate. È quindi molto importante l'effetto di elementi resistenti a trazione disposti al livello delle fasce stesse, quali catene o cordoli in c.a., che si oppongono a tale meccanismo.

Le catene o i cordoli, opponendosi all'allontanamento degli elementi verticali generano un incremento di compressione delle fasce, che aumenta la resistenza a flessione delle stesse, e instaura un funzionamento a puntone inclinato che garantisce l'accoppiamento dei maschi murari di essere efficacemente collegati. In tale situazione il meccanismo è dovuto all'azione nel piano della parete che produce la rottura a taglio.

Le lesioni possono interessare i pannelli murari fra le aperture di uno stesso piano o le porzioni murarie fra le aperture di piani differenti (Figura 11). Le lesioni sono tanto più nette in presenza di una muratura di buona qualità.

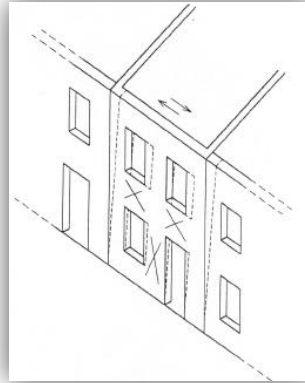


Figura 11: Meccanismi collasso murature
rottura a taglio nel piano

Dalle considerazioni esposte emergono alcune caratteristiche essenziali della risposta degli edifici in muratura soggetti all'azione sismica.

Lo sviluppo di una risposta globale appare legato alla presenza o alla realizzazione di dettagli costruttivi, in genere di entità limitata, atti a collegare ed a far collaborare le varie parti della costruzione.

Lo studio del comportamento dell'intero edificio può in tal caso essere ricondotto allo studio dei meccanismi nel piano (II modo) divenuti predominanti nella risposta: l'analisi globale può allora essere ricondotta all'analisi del comportamento delle singole pareti nel proprio piano tenendo conto del ruolo di ripartizione effettuato dagli orizzontamenti.

I modelli proposti per la valutazione dei meccanismi di collasso nel piano sono stati analizzati con le ipotesi semplificative di seguito riportate:

- Peso proprio trascurabile: tale ipotesi è accettabile in considerazione della bassa incidenza che esso ha rispetto a tutte le azioni verticali ed orizzontali con cui il pannello di maschio è sollecitato;
- Distribuzione lineare o costante delle tensioni normali sulle basi;
- I pannelli di maschio sono liberi lungo i lati, pertanto sono sollecitati esclusivamente sulle basi estreme.

1.6.1 CRISI PER PRESSOFLESSIONE

Stato limite elastico a sezione interamente reagente (SLD)

Le tensioni normali interessano l'intera sezione ed hanno una distribuzione lineare con ordinata massima inferiore o uguale alla tensione di rottura per compressione della muratura e ordinata minima di compressione al più nulla. Le fibre di materiale rimangono in campo elastico, pertanto all'interno del pannello si crea un puntone reversibile, cioè il pannello di maschio riesce a sopportare delle nuove sollecitazioni di segno uguale ed opposto.

Condizione geometrica affinché si verifica tale situazione è:

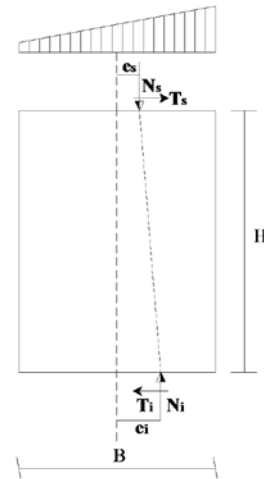
$$0 \leq e_s \leq \frac{B}{6}$$

pannello libero in sommità

$$T_e = \frac{B}{6 \cdot H} \left[\sigma_k \cdot S \cdot B - N_{\max} \left(1 + \frac{6 \cdot e_s}{B} \right) \right] \quad (1)$$

pannello vincolato in sommità

$$T_e = \frac{B}{3 \cdot H} \left[\sigma_k \cdot S \cdot B - N_{\max} \left(1 + \frac{6 \cdot e_s}{B} \right) \right] \quad (2)$$



L'espressioni (1) e (2) ottenute definiscono il dominio di equilibrio al limite elastico per sezione interamente reagente e permettono di calcolare le PGA di Danno Leggero.

Stato limite elastico a sezione parzializzata (SLD)

Le tensioni normali interessano l'intera sezione ed hanno una distribuzione lineare con ordinata massima inferiore o uguale alla tensione di rottura per compressione della muratura e ordinata minima di compressione al più nulla. Le fibre di materiale rimangono in campo elastico, pertanto all'interno del pannello si crea un puntone reversibile, cioè il pannello di maschio riesce a sopportare delle nuove sollecitazioni di segno uguale ed opposto.

Condizione geometrica affinché si verifica tale situazione è:

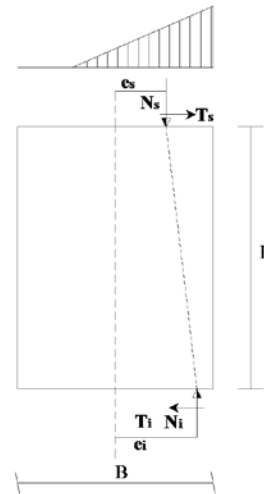
$$\frac{B}{6} < e_s < \frac{B}{2}$$

pannello libero in sommità

$$T_e = \frac{N_{\max}}{H} \left(e_s + \frac{B}{2} - \frac{2}{3} \frac{N_{\max}}{\sigma_k \cdot S} \right) \quad (3)$$

pannello vincolato in sommità

$$T_e = \frac{N_{\max}}{2 \cdot H} \left(e_s + \frac{B}{2} - \frac{2}{3} \frac{N_{\max}}{\sigma_k \cdot S} \right) \quad (4)$$



L'espressioni (3) e (4) ottenute definiscono il dominio di equilibrio al limite elastico per sezione parzializzata e permettono di calcolare le PGA di Danno Leggero

Stato limite plastico (SLU)

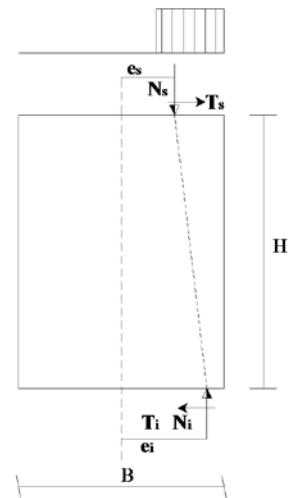
Le tensioni normali interessano una parte della sezione ed hanno una distribuzione costante con ordinata uguale alla tensione di rottura per compressione. Le fibre di materiale hanno attinto il valore della tensione di plasticizzazione, pertanto all'interno del pannello si crea un puntone non più reversibile ed il pannello di maschio è incapace di sopportare nuovi stati di sollecitazione.

pannello libero in sommità

$$T_p = \frac{N_{\max}}{H} \left[e_s + \frac{1}{2} \left(B - \frac{N_{\max}}{\sigma_k \cdot S} \right) \right] \quad (5)$$

pannello vincolato in sommità

$$T_p = \frac{N_{\max}}{2 \cdot H} \left[e_s + \frac{1}{2} \left(B - \frac{N_{\max}}{\sigma_k \cdot S} \right) \right] \quad (6)$$



L'espressioni (5) e (6) ottenute definiscono il dominio di equilibrio al limite elastico per sezione interamente reagente e permettono di calcolare le PGA di Danno Severo

1.6.2 CRISI PER TAGLIO

Crisi per taglio da trazione nel pannello

La crisi del pannello non deriva solamente dalle condizioni limite che si attingono in corrispondenza delle basi, ma dal superamento della resistenza di trazione del materiale. La crisi si manifesta con le classiche lesioni inclinate che interessano tanto gli elementi lapidei che la malta.

$$T = (B \cdot S \cdot \tau_k) \sqrt{1 + \frac{N}{p(B \cdot S \cdot \tau_k)}} \quad (7)$$

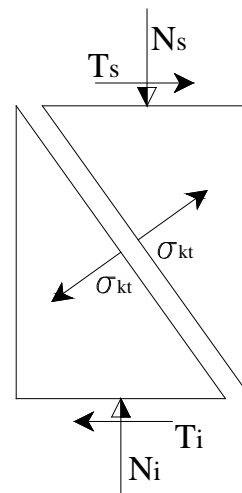
p : Coefficiente di distribuzione delle tensioni tangenziali sulla sezione trasversale del pannello.

Nel caso di pannelli tozzi $p=1$ e la distribuzione delle tensioni tangenziale è uniforme, nel caso di pannelli snelli $p=1,5$ e la distribuzione delle tensioni tangenziale è parabolica.

τ_k : Tensione tangenziale media ultima da taglio per trazione in assenza di sforzo normale

σ_{kt} : Tensione normale ultima di trazione

Dalla (7) si ricava il PGA



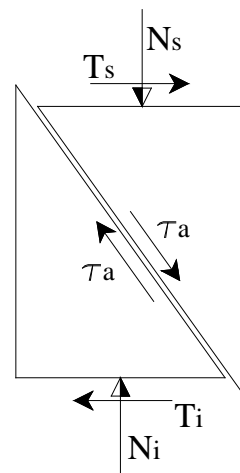
Crisi per taglio da scorrimento nel pannello

La crisi si genera a seguito del superamento della resistenza allo scorrimento tra malta ed elementi lapidei e il meccanismo di manifesta con le classiche lesioni diagonali. Per distinguerlo da quello dovuto al superamento della resistenza a trazione, bisogna osservare il tipo di movimento che hanno subito le due parti che costituiscono il pannello. In particolare per tale meccanismo le due parti tendono a scorrere reciprocamente lungo la lesione, mentre tendono ad allontanarsi in direzione ortogonale alla lesione nel caso di crisi per taglio da trazione.

$$T = \frac{(T_c + \mu_a \cdot N)}{p} \quad (8)$$

$$T_c = B \cdot S \cdot \tau_c \quad (9)$$

τ_c : Coesione media tra malta ed elementi lapidei



μ_a : Coefficiente di attrito interno della muratura e si distingue in due tipi di coefficienti, a seconda del meccanismo di rottura:

- Coefficiente di attrito apparente quando il meccanismo di crisi è per scorrimento orizzontale tra legante ed elementi lapidei. Assume un valore costante tra 0.30 e 0.80;
- Coefficiente di attrito effettivo quando il meccanismo di crisi è per scorrimento diagonale. Assume un valore

$$\mu_a = \frac{0.17}{(\sigma_n / \sigma_k)^{2/3}} \quad (10)$$

Dalla (8) si ricava il PGA di Collasso

CAPITOLO 2: METODOLOGIE DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA

2.1. INTRODUZIONE

In termini generali la vulnerabilità sismica V indica la propensione al danneggiamento sia degli elementi strutturali e funzionali di un sistema, per effetto dell'azione di un ente sollecitante. In relazione alla capacità di resistenza alle azioni sismiche degli stessi elementi, si può asserire quindi che ogni struttura presenta una propria vulnerabilità. Ne segue che la vulnerabilità sismica da una parte misura la perdita o la riduzione di efficienza del sistema al verificarsi di un evento sismico, dall'altra la capacità residua dello stesso sistema a svolgere e assicurare le funzioni che nel complesso normalmente esplica a regime.

La perdita di funzionalità di un singolo manufatto provoca una propagazione del danno tanto estesa quanto più numerosi sono gli elementi funzionalmente connessi con l'elemento danneggiato. Ne segue che l'azione volta alla prevenzione porta con sé valutazioni di costo: relative agli interventi sui singoli manufatti, ma anche a livello di funzionalità complessiva che si vuole garantire in ogni caso al sistema insediativi sottoposto a rischio. In altre parole, occorre confrontare i costi attuali di prevenzione con quelli futuri di ricostruzione.

Tuttavia si tratta di soluzioni che non possono aspirare ad un ottimo decisionale; le decisioni operate tendono a privilegiare di volta in volta componenti diverse. Può accadere che nei diversi interventi previsti a fini preventivi si manifestino contrasti con esigenze di altro tipo. Ad esempio destinare risorse finanziarie per aumentare la resistenza di alcuni edifici strategici può comportare la contrazione di altri investimenti altrettanto validi sotto il profilo sociale e anche più vantaggiosi quanto a rendimento economico (sviluppo di edilizia a basso costo, realizzazione di aree di produzione, ecc.).

Ecco che gli interventi finalizzati alla prevenzione devono rientrare nell'ambito delle valutazioni che contribuiscono a definire la coerenza d'insieme di un quadro programmatico a base locale. Avviare una "politica attiva" di riduzione della vulnerabilità implica valutazioni in merito ai costi derivanti dal rischio residuo e rischio accettabile che si è disposti a sopportare.

Lo studio per la riduzione del rischio sismico implicitamente afferma che, essendo tale rischio non completamente eliminabile, è possibile accettare l'esistenza di un rischio residuo che dovrà essere confrontato con quello che la collettività ritiene di poter accettare. Il rischio residuo rappresenta quella quota di danno atteso che permane anche dopo l'attuazione di misure preventive. Il rischio accettabile è la componente di rischio residuo che la collettività è disposta ad accettare in relazione ai costi non solo economici connessi all'attività di prevenzione.

La valutazione del rischio accettabile ha origine dall'individuazione di quegli elementi caratterizzanti la vita sociale che si ritengono irrinunciabili per una collettività. E' necessario ricercare il massimo consenso della collettività sulle linee strategiche di riduzione del rischio residuo. Le scelte hanno ripercussioni dirette sulla vita dei cittadini, non solo rispetto all'incolumità individuale, ma anche a causa, della necessità di differire nel tempo interventi di sviluppo a favore di una maggiore sicurezza.

La valutazione dei costi connessi a possibili iniziative di prevenzione deve comportare non solo un raffronto fra i costi protezione e quelli di ricostruzione ma anche una valutazione del rapporto costi efficacia nell'utilizzo delle risorse disponibili.

La questione si sposta pertanto sul livello di rischio ritenuto accettabile dalla comunità. Ne segue che nella formulazione di un piano di prevenzione e riduzione del rischio sismico è necessaria l'ampia partecipazione della collettività.

La protezione della struttura urbana, da operare attraverso una politica urbanistica ordinaria, consiste nel tentativo di garantire la sopravvivenza ad un terremoto di progetto delle funzioni vitali di una città. In questo caso si intende per struttura urbana da proteggere un sottosistema di funzione e spazi, una struttura urbana minima, che consenta lo svolgimento, anche se a ritmo ridotto, di quelle attività che caratterizzano il centro urbano colpito. La struttura urbana minima può essere il punto di partenza per una politica preventiva e può individuare il grado zero del rischio accettabile.

Da quanto detto si evince che contribuiscono alla definizione del concetto stesso della vulnerabilità sismica di un sistema (sistema territoriale per esempio) le seguenti componenti:

- la vulnerabilità diretta ($V1$);
- la vulnerabilità indotta ($V2$);
- la vulnerabilità differita ($V3$).

Pertanto si ha:

$$V = (V1, V2, V3) \quad (11)$$

La vulnerabilità diretta è definita in rapporto alla propensione dell'elemento fisico, semplice o complesso, a subire il collasso (ad esempio la vulnerabilità di un edificio, di un viadotto o di un insediamento).

La vulnerabilità indotta è definita in rapporto agli effetti di crisi prodotti dal collasso di un elemento semplice ad esempio un ponte, sul sottosistema cui esso appartiene costituito dal sistema di trasporto oppure prodotto da un sottosistema su un altro ad esso contiguo funzionalmente o fisicamente (ad esempio, il danno indotto dalla interruzione di erogazione dell'energia elettrica agli ospedali o alle industrie).

La vulnerabilità differita è definita in rapporto agli effetti ritardati prodotti dal danno diretto o indotto, che si manifestano nelle fasi successive all'evento e sono tali da condizionare il comportamento delle popolazioni insediate. Il disagio della popolazione conseguente alla riduzione della base occupazionale per il collasso di stabilimenti industriali, il decadimento economico di un'area turistica a seguito della ridotta transitabilità del sistema viario che la serve, la chiusura degli edifici di interesse artistico, di alberghi, ecc. rappresentano i principali effetti imputabili alla Vulnerabilità differita.

Pertanto, nell'ottica di un'analisi completa della vulnerabilità si pone il problema di individuare non solo i singoli elementi che possono collassare sotto l'impatto del sisma, ma di individuare e quantificare gli effetti che il loro collasso determinano sul funzionamento del sistema territoriale.

L'aspetto che verrà approfondito in questa sede, tuttavia, è la sola vulnerabilità diretta e più precisamente solo l'aspetto che riguarda la vulnerabilità strutturale, limitando le considerazioni ai soli manufatti in muratura ed in particolare alle scuole elementari del comune di Torre del Greco.

2.2. APPLICAZIONE IN CAMPO STRUTTURALE

La vulnerabilità strutturale V_s esprime la capacità di una costruzione di rispondere alle sollecitazioni indotte da un terremoto, ed è misurata dal danno d che la stessa subisce a causa della severità s dell'evento sismico:

$$V_s = d(s) \quad (12)$$

Per passare da questa definizione di carattere concettuale ad una formulazione in grado di stimare la vulnerabilità del costruito per ogni terremoto di una data severità, sarà necessario:

- I. individuare un parametro d di misura del danno;
- II. individuare un parametro s di misura della severità del sisma;
- III. stabilire una legge di correlazione tra il danno e la severità del sisma.

Il danno generalmente viene espresso in termini di costo economico, inteso come costo necessario per il ripristino della costruzione e, in genere, tale costo viene rapportato al costo della nuova costruzione.

Questa definizione ha il vantaggio di collegare direttamente il danno alle conseguenze economiche che determina ma, nello stesso tempo, risente delle incertezze legate ai criteri e alle modalità scelte per il ripristino, nonché delle fluttuazioni spazio-temporali che sono proprie dei fattori economici. Ne segue che tale rappresentazione del danno è legata alle caratteristiche attuali e locali del mercato edilizio e quindi è assai mutevole e difficilmente trasferibile da una realtà socioeconomica ad un'altra.

Una diversa rappresentazione del danno è data per mezzo di indici che possono essere qualitativi o meccanici.

Quelli qualitativi si riferiscono ai così detti stati di danno (nullo, lieve, moderato, significativo, collasso) presenti nelle scale macrosismiche, ciascuno dei quali è caratterizzato mediante una descrizione degli effetti sulle costruzioni che gli corrispondono. Si ha qui il vantaggio, da un lato, della lettura del danneggiamento che non privilegia a priori nessuna delle sue conseguenze, mentre dall'altro vi può essere il pericolo

di interpretazioni soggettive che fanno perdere così il vantaggio di operare con una variabile numerica continua.

Ecco perché viene introdotto il così detto indice di danno, definito nell'intervallo (0,1), che corrisponde a considerare gli stati di danno ordinati dal più lieve al più catastrofico, consentendo di recuperare in tal modo la continuità della variabile.

Per quanto riguarda il parametro s , questo viene valutato o mediante l'accelerazione massima espressa tramite la grandezza adimensionale $y = a/g$ (accelerazione al suolo rapportata alla gravità); o attraverso l'intensità I espressa mediante i gradi di una scala macrosismica.

L'impiego di ciascuna delle due citate grandezze presenta vantaggi e svantaggi. L'intensità I consente di fruire del grande archivio di dati forniti dalla sismicità storica e all'osservazione dei danni in siti colpiti recentemente da terremoti di intensità nota. E' adatta soprattutto per valutazioni effettuate su basi statistiche aventi come oggetto grandi classi di edifici considerate nel loro insieme, ma, per contro, non è direttamente utilizzabile come input nelle stime della vulnerabilità utilizzando l'analisi strutturale.

Utilizzando invece l'accelerazione $y = a/g$ si ha a disposizione una minore quantità di dati, che si limitano ai terremoti recenti per i quali vi sono registrazioni strumentali, ma si dispone di una variabile dotata di un chiaro significato meccanico.

L'impiego di tale parametro risulta quindi più idoneo per le valutazioni su base analitica, rivolte ad edifici esaminati singolarmente.

Ovviamente è possibile il passaggio da una grandezza all'altra, associando per ciascun grado di intensità macrosismica I un corrispondente valore "medio" di accelerazione y , tramite una delle tante leggi empiriche accelerazione-intensità macrosismica proposte dai in letteratura .

E' opportuno sottolineare che tali operazioni che consentono il passaggio da una misura all'altra, richiedono molta cautela perché le dispersioni che caratterizzano questo tipo di relazioni empiriche sono rilevanti.

La vulnerabilità sismica di un edificio è un suo carattere comportamentale descritto attraverso una legge causa-effetto in cui la causa è il terremoto e l'effetto è il danno.

Diversi sono gli approcci metodologici che possono essere adottati per individuare la legge di correlazione $d-s$ che porta a stimare la vulnerabilità del costruito per ogni assegnato terremoto di una data severità.

Quando si è in presenza di informazioni di tipo storico sui danni osservati in occasione di terremoti del passato, si possono stabilire relazioni tra i danni subiti da edifici di tipologia simile e la causa sismica.

In questo caso parleremo di vulnerabilità osservata e le metodologie di analisi saranno quelle basate su dati statistici.

Se invece sono disponibili dati sugli input sismici (durata, frequenza, accelerazione di picco, etc.) solo in linea teorica si potranno supporre alcune probabilità di danneggiamento per i diversi tipi di strutture. Pertanto parleremo di vulnerabilità prevista, e l'approccio metodologico sarà fondato su studi teorici della risposta dinamica di "edifici-tipo".

Poiché il comportamento delle costruzioni è essenzialmente aleatorio, la via più naturale per esplicitare tale relazione è quella probabilistica. Essa implica, come è noto, che ad ogni valore di y siano fatti corrispondere infiniti valori di d , a ciascuno dei quali è associato un valore di una funzione di densità di probabilità condizionata $p\{d | y\}$.

Nella figura è riportata qualitativamente la funzione $d'(y)$, che esprime i valori attesi della variabile aleatoria d . Anche y_i e y_c sono evidentemente variabili aleatorie, con valori attesi y_i' e y_c' : ad ogni y sono infatti associabili due funzioni $p\{d | 0\}$ e $p\{d | 1\}$, che condizionano la densità di probabilità di y ai valori 0 e 1 dell'indice d .

La risposta di un edificio in muratura per sollecitazioni sismiche di severità crescenti è in generale caratterizzata da una fase di inizio del danneggiamento in corrispondenza della accelerazione (y_i), seguita da un incremento del danno, fino al collasso (y_c).

Il grafico in Figura 12, mostra l'andamento qualitativo della funzione danno accelerazione $d(y)$.

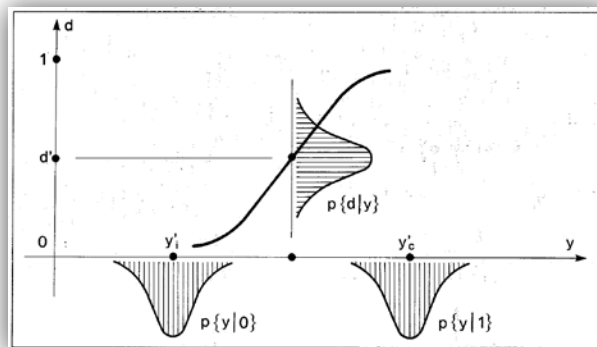


Figura 12: Funzione $d(y)$: danno d accelerazione y .

2.3. METODOLOGIE DI VALUTAZIONE ESAMINATE

Gli edifici esistenti, costruiti in epoche passate, in assenza di normative antisismiche e con caratteristiche tipologiche e strutturali diverse necessitano di una valutazione della loro attuale predisposizione al danneggiamento per le future scelte degli interventi da adottare.

Nel valutare lo stato di una struttura in muratura si utilizzano solitamente tre tipologie di metodi analisi:

- 1) di tipo speditivo tramite schede di rilievo,
- 2) meccanici semplificati capaci di descrivere i diversi aspetti del comportamento delle murature e lo sviluppo di adeguate strategie numeriche di soluzione, rendendo in definitiva possibile la definizione di metodologie di analisi e verifica concretamente utilizzabili
- 3) analisi meccaniche mediante software specifici.

L'oggetto del presente lavoro di tesi è quello di valutare la vulnerabilità sismica delle scuole elementari in muratura del comune di Torre del Greco mediante la comparazione di differenti metodologie di analisi. In particolare saranno applicati i seguenti metodi di analisi:

- di tipo speditivo: *Scheda GNDT II livello* (Benedetti e Petrini, 1984);
- di tipo meccanici semplificati: *FaMIVE* (D'Ayala e Speranza 1997) e *VM* (Dolce e Moroni 2002).
- *3Muri* versione 4.02 (S.T.A. DATA , 2009) che svolge l'analisi statica non lineare e dinamica modale con l'approccio ai macroelementi.

Le metodologie speditive risultano di più rapida applicazione proprio perché constano di un minor onere computazionale e minor dettaglio nel rilievo delle caratteristiche della struttura.

D'altro canto, i metodi meccanici semplificati e non, necessitano di informazioni di dettaglio sulle caratteristiche geometriche e meccaniche degli edifici, consentendone una stima più affidabile della vulnerabilità sismica.

2.4. SCHEDA GNDT II LIVELLO (MURATURA)

2.4.1 INTRODUZIONE

La procedura per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici utilizzata dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, deriva da una proposta formulata da Benedetti e Petrini, nel 1984 che si basa sull'analisi di una serie di informazioni sulle caratteristiche degli elementi costitutivi dell'edificio che vengono raccolte tramite schede.

Il metodo utilizza due tipologie di schede: quella di primo livello è valida per tutte le tipologie strutturali cioè contiene dati relativi alla localizzazione, alla geometria ed alla tipologia dell'edificio mentre quella di secondo livello, si differenzia per la tipologia strutturale e sarà applicata nel presente studio con riferimento alle strutture in muratura (Figura 13). Nella sua prima applicazione, la scheda venne utilizzata a seguito del terremoto di Parma del 1983 ed è stata successivamente più volte modificata nel corso degli anni.

Questa scheda (Figura 13) contiene dati finalizzati ad un modello, di derivazione soggettiva e basato quindi su giudizi, il quale permette di valutare la vulnerabilità in funzione della propensione dell'edificio in muratura a subire danni per effetto di un evento sismico. Il piano da prendere in considerazione (piano di verifica) è quello che si trova nelle condizioni più sfavorevoli dal punto di vista della resistenza alle azioni orizzontali ed è generalmente il primo piano fuori terra.

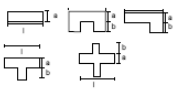
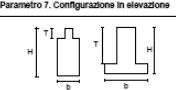



PARAMETRI		Classi	Qual. Inf.	ELEMENTI DI VALUTAZIONE		SCHEMI - RICHIAMI	
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	11	22	Norme nuove costruzioni (Clas. A) 33	1	Parametro 3. Resistenza convenzionale	
				Norme riparazioni (Clas. A)	2	Tipologia strutture verticali	
				Corsoi e catene tutti i livelli (Clas. B)	3		
				Buoni ammorsam. fra muri (Clas. C)	4		
				Senza corsoi cattivi ammors. (Clas. D)	5		
2	QUALITÀ DEL S.R.	23	24	(vedi manuale)	34	Parametro 3. Resistenza convenzionale	
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	31	34	Numero di piani N	35	Minimo tra A_x ed A_y	
				Area totale coperta A_t (mq)	37	Massimo tra A_x ed A_y	
				Area A_x (mq)	41	Coeff. $a_x = A_y / A_t$ Coeff. $\gamma = B/A$	
				Area A_y (mq)	44	$Q = (A_x + A_y) h p_w / A_t + p_w$	
				τ_v (t/mq)	47	$C = \frac{d_s F_{d,s}}{g N^2} \left[1 + 1.5 q \tau_v (1+\gamma) \right]$	
				Alt. media interpiano h (m)	50	$\sigma = C/0.4$	
				Peso specifico pareti p_w (t/mc)	53	Parametro 6. Configurazione planimetrica	
				Carico permanente solai p_s (t/mq)	54		
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	41	42	Pendenza percentuale del terreno	55	Parametro 7. Configurazione in elevazione	
				Roccia Fondazioni: Si 1 No 2			
				Terr. sciolto non sping. Fond. Si 3 No 4		Parametro 9. Copertura	
				Terr. sciolto spingente Fond. Si 5 No 6			
				Differen. max di quota Δh (m)	59		
5	ORIZZONTAMENTI	51	52	Piani sfalsati: Si 1 No 2			
				Orizzontamenti rigidi e ben collegati	60		
				Orizzontam. deformabili e ben collegati	2		
				Orizzontam. rigidi e mal collegati	3		
				Orizzontam. deformabili e mal collegati	4		
				% Orizzontam. rigidi e ben collegati	64		
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	61	71	Rapporto percentuale $\beta_x = a/b$	65		
				Rapporto percentuale $\beta_y = b/a$	70		
				% aumento (+) o diminuzione (-) di massa	74		
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	71	72	Rapporto percentuale T/H	77		
				Percentuale superficie porticata	79		
				Piano terra porticato: Si 1 No 2			
8	D _{max} MURATURE	81	82	Rapporto massimo l/a	83		
9	COPERTURA	91	92	Copert. non sp. 24 poco sp. 1 sp. 2			
				Corsoi in copertura: Si 93 No 2			
				Catene in copertura: Si 94 No 2			
				Carico perman. coper. p_c (t/mq)	87		
				Lungh. appoggio coper. l_a (m)	90		
				Perimetro copertura l_c (m)	93		
10	ELEM. NON STRUTT.	91	92	(Vedi manuale)			
11	STATO DI FATTO	93	94	(Vedi manuale)			

Figura 13: Scheda GNDDT II livello.

La scheda è composta da 11 parametri alcuni dei quali tengono conto del comportamento degli elementi, strutturali e non, mentre altri valutano il comportamento d'insieme dell'organismo costruttivo. Si riporta di seguito l'elenco dei parametri della scheda con una spiegazione sintetica del loro significato :

- *Tipo ed organizzazione del sistema resistente:*

valuta la presenza del funzionamento scatolare dell'organismo murario attraverso il rilievo della presenza di collegamenti ai piani e di ammorsature agli spigoli;

- *Qualità del sistema resistente:*

valuta l'omogeneità e la fattura del tessuto murario;

- *Resistenza convenzionale:*

quantifica, attraverso un calcolo speditivo con l'ipotesi di solaio infinitamente rigido e, quindi, di pura traslazione dei piani sotto azioni orizzontali la resistenza in due direzioni ortogonali delle strutture in elevazione in assenza di eccentricità in pianta;

- *Posizione dell'edificio e delle fondazioni:*

con questo parametro vengono messi in conto alcuni aspetti relativi alle fondazioni ed al terreno di fondazione ritenuti influenti sul comportamento sismico globale;

- *Orizzontamenti:*

si considera la rigidezza nel piano (funzionamento a diaframma), il tipo e l'efficacia dei collegamenti alle murature;

- *Configurazione planimetrica:*

valuta la forma in pianta attraverso il rapporto tra lato corto e lato lungo e fra sporgenze e lato lungo;

- *Configurazione in elevazione:*

considera eventuali variazioni e discontinuità in elevazione, quali, ad esempio, la presenza di una torre, di un piano porticato;

- *Distanza massima fra le murature:*

valuta l'efficacia delle murature ortogonali come vincoli di una data parete;

- *Copertura:*

valutata sia come una sorta di orizzontamento "privilegiato", sia per eventuale presenza di elementi con spinte non equilibrate;

- *Elementi non strutturali:*

considera l'influenza che ha nei riguardi del sisma la presenza, il tipo ed il collegamento alle strutture di tutti gli elementi non portanti quali comignoli, cornicioni, piccoli aggetti ecc.;

- *Stato di fatto:*

mette in conto la diminuzione di resistenza e di duttilità conseguenti a lesioni, dissesti, e stato di degrado negli elementi strutturali.

Per ogni parametro viene attribuita una classe fra quattro disponibili, dalla A che è la migliore fino alla D che risulta la peggiore. Ad ogni classe è attribuito un punteggio mentre ogni parametro è caratterizzato da un peso (Tabella 1).

Tabella 1: Punteggi e pesi relativi ai singoli parametri per le diverse classi.

PUNTEGGI E PESI RELATIVI AI SINGOLI PARAMETRI						
	PARAMETRO	CLASSE				PESO
		A	B	C	D	
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE(S.R.)	0	5	20	45	1
2	QUALITÀ DEL S.R.	0	5	25	45	0.25
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	0	5	25	45	1.5
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	0	5	25	45	0.75
5	ORIZZONTAMENTI	0	5	15	45	var
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	0	5	25	45	0.5
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	0	5	25	45	var
8	DISTANZA MAX MURATURE	0	5	25	45	0.25
9	COPERTURA	0	15	25	45	var
10	ELEMENTI NON STRUTTURALI	0	0	25	45	0.25
11	STATO DI FATTO	0	5	25	45	1

Per alcuni parametri 5,7,9 il peso varia tra 0.5 ed 1 in funzione di alcuni elementi caratteristici: percentuale degli orizzontamenti rigidi e ben collegati, presenza di piani porticati, peso della copertura. Nel nostro caso si è scelto di adottare un valore medio pari a 0.75 per i pesi variabili suddetti. Il prodotto del punteggio per il relativo peso fornisce l'indice numerico parziale per il singolo parametro; la somma degli indici parziali porta all'indice di vulnerabilità, numero compreso tra 0 (migliore cioè meno vulnerabile) e 382,5 (peggiore massima vulnerabilità). In molte applicazioni l'indice viene normalizzato sull'intervallo 0-100.

Inoltre nella compilazione della scheda assumono molta importanza gli “elementi di valutazione”, i quali da un lato costituiscono dati di partenza per la classificazione necessaria per la valutazione dell'indice di vulnerabilità, dall'altro permettono controlli in fase di elaborazione.

Per ognuno dei parametri viene anche fornita una “qualità” dell’informazione rappresentativa della confidenza del rilevatore nei dati raccolti. Qualità che può variare da un livello E; elevato, ad uno A; assente.

Infine la scheda è correlata da una dettagliata guida sulla compilazione ed è presente una spiegazione per ognuna delle 93 colonne che la compongono.

Si rimanda quindi alla guida del GNDT per qualsiasi delucidazione riguardo la compilazione (Appendice 1 “Manuale per il rilevamento della vulnerabilità sismica degli edifici” GNDT 1993 Roma).

2.4.2 METODI DI CALCOLO DELL’INDICE DI VULNERABILITÀ GNDT

L’indice di vulnerabilità che si ottiene costituisce una misura convenzionale e relativa della propensione al danneggiamento dell’edificio esaminato non fornisce una valutazione assoluta del danno atteso per un dato livello dell’evento sismico.

Affinché tale valutazione sia possibile, è necessario individuare una correlazione tra livello di danno, qualità dell’edificio e severità dell’evento sismico, che consenta di passare dalla valutazione della pericolosità alla stima del rischio. La definizione di tale correlazione presenta qualche difficoltà, dovuta alle elaborazioni molto complesse ed onerose dei modelli teorici di danno per ogni edificio. Pertanto si ricorre spesso a relazioni basate su elaborazioni statistiche che mettono in relazione l’indice di danno con l’accelerazione del suolo, per diversi valori dell’indice di vulnerabilità precedentemente definito.

Per una corretta valutazione è opportuno far riferimento a diversi livelli di intensità sismica e di danno.

Per il primo aspetto, intensità sismica, si possono assumere tre diversi livelli di riferimento. Il primo sarà quello riferito ad un terremoto frequente per la zona: esso sarà chiamato terremoto bassa intensità.

Il secondo livello è stato scelto corrispondente ad un evento paragonabile a quello usato come riferimento dalla normativa per le nuove edificazioni; esso viene chiamato terremoto intenso.

Infine il terzo livello corrisponde ad un evento vicino al massimo storico: esso viene chiamato terremoto molto intenso.

Per il secondo aspetto, ossia il danno, saranno definiti ancora tre livelli di riferimento e denominati lievi, gravi e gravissimi.

I danni lievi sono quelli che comportano perdita di funzionalità trascurabile per l'elemento.

I danni gravi sono invece quelli che comportano perdita del 20-30% della capacità portante e/o di duttilità di un elemento strutturale e quelli che comportano lesioni o dissesti anche rilevanti, ma non crolli di elementi non strutturali.

I danni gravissimi, infine, sono quelli che comportano perdite significative anche del 50% in termini di capacità portante e/o duttilità degli elementi resistenti e crolli degli elementi non strutturali.

I livelli di terremoto e di danno vengono usati per descrivere il comportamento atteso di ogni edificio secondo la lettura delle informazioni delle schede di vulnerabilità.

In Italia, per la calcolo della vulnerabilità del costruito, sono tradizionalmente utilizzate due distinte metodologie basate sulla vulnerabilità osservata, sviluppate nell'ambito delle attività del GNNDT e denominate rispettivamente:

- metodologia di I livello o delle Matrici di Probabilità di Danno.
- metodologia di II livello o dell'Indice di vulnerabilità.

La metodologia di 1° livello individua all'interno del costruito ordinario diverse tipologie edilizie e definisce alcune classi di vulnerabilità, per ciascuna delle quali viene precisata la relazione tra input sismico e danno, attraverso appunto le matrici di probabilità di danno. La severità del terremoto è considerata in termini di intensità macrosismica ed il danno è descritto attraverso livelli qualitativi, associati all'evidenza di particolari stati lesionativi o di collasso parziale o totale.

La metodologia di 2° livello è basata sulla definizione di un indice di vulnerabilità, che caratterizza la propensione dell'edificio al danneggiamento. Ad ogni valore di tale indice è associata una curva, che correla il danno (previsto in termini economici come rapporto tra il costo dell'intervento di riparazione ed il valore dell'opera) al picco di accelerazione dell'input sismico atteso.

2.4.3 INDICE DI VULNERABILITÀ GNDT II LIVELLO

La valutazione della vulnerabilità strutturale degli edifici in muratura tramite l'indice di vulnerabilità, attualmente utilizzata dal GNDT, è una metodologia di tipo semeiotico, indiretto e quantitativo.

Semeiotico, perché attribuisce ad ogni edificio un indice di vulnerabilità determinato sulla base di parametri comportamentali ritenuti rappresentativi della propensione dell'edificio a subire danni per effetto di un evento sismico.

Indiretto, in quanto determina prima l'indice di vulnerabilità e poi, in funzione di questo, stabilisce una relazione tra danni e terremoti.

Quantitativo in quanto fornisce il risultato (danno) in forma numerica (probabilistica o deterministica).

Il metodo deriva da una proposta di D. Benedetti e V. Petrini, e si basa sull'analisi di una serie di dati censiti tramite una scheda di rilevamento.

Nell'attuale versione, tale scheda è costituita da tre facciate: le prime due costituiscono la Scheda di I livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici valida per tutte le tipologie strutturali; mentre la terza facciata (Scheda di vulnerabilità di II livello) è specifica per le costruzioni in muratura.

La metodologia dell'indice di vulnerabilità è associata proprio alla scheda di 2° livello trovando applicazione per la prima volta in occasione del rilevamento di vulnerabilità e danno effettuato in seguito al terremoto di Parma del Novembre 1983.

Per ogni edificio l'indice di vulnerabilità I_v viene calcolato in funzione proprio degli 11 parametri sopra descritti che rappresentano gli indici di vulnerabilità parziali identificati come fattori di maggiore rilevanza per la descrizione del comportamento sismico delle costruzioni in muratura (funzionamento scatolare, resistenza delle pareti, efficienza dei diaframmi, stabilità edificio-terreno).

Con riferimento alla Tabella , l'indice di vulnerabilità I_v di ogni singolo edificio (detto anche indice globale) è ottenuto sommando i contributi dei pesi p_i , assegnati agli indici di vulnerabilità parziali, e dei punteggi C_i , assegnati alle classi di vulnerabilità crescente (A, B, C, D) tramite la seguente espressione:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} C_{vi} p_i \quad (13)$$

E' opportuno a questo punto fare una considerazione.

A causa delle incertezze connesse alla valutazione delle caratteristiche strutturali dei singoli edifici, alla variabilità del loro comportamento sismico, all'aleatorietà della scossa sismica ed agli eventuali effetti di amplificazione locali, l'indice di vulnerabilità calcolato rappresenta una misura convenzionale della propensione al danneggiamento, esso cioè non fornisce una valutazione assoluta del danno atteso per un data intensità sismica.

La validazione della procedura sopra illustrata, viene compiuta mediante la correlazione tra: l'indice di vulnerabilità (I_V), un indice di misura del danneggiamento (d) ed uno per la severità del sisma ($s=y=a/g$).

L'individuazione della correlazione danno-severità del sisma, attraverso l'indice di vulnerabilità I_V calcolato con la metodologia sopra esposta, si fonda sul fatto che la risposta di un edificio in muratura per sollecitazioni sismiche di severità crescenti è in generale caratterizzata da una fase di inizio del danneggiamento in corrispondenza della accelerazione (y_i), seguita da un incremento del danno, fino al collasso (y_c).

Il grafico in Figura 14, mostra l'andamento qualitativo di tipo deterministico della funzione danno-accelerazione $d(y)$.

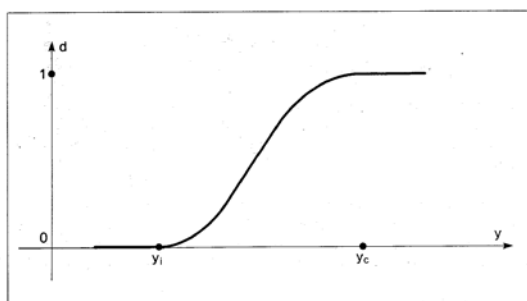


Figura 14: Funzione $d(y)$: danno d accelerazione y deterministica

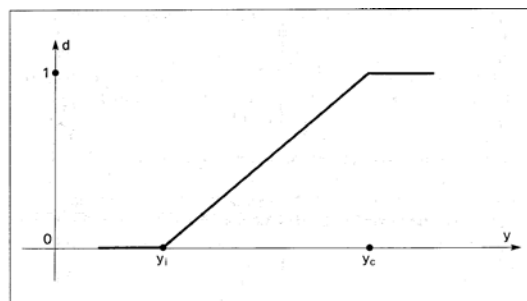


Figura 15: Funzione danno-accelerazione semplificata in forma deterministica trilineare

Per semplicità nella procedura e tenendo presenti le ampie incertezze che gravano sulla determinazione della legge accelerazione-danno, si assume di solito una funzione di tipo trilineare (Figura 15) avendo come punti significativi i valori dell'accelerazione cui corrisponde l'inizio del danno (y_i) e del collasso (y_c).

In questo modo il problema di stabilire la legge di correlazione $d(y)$ si riduce a quello di stabilire, per ogni livello di vulnerabilità (I_V), i valori delle accelerazioni di inizio danno y_i e di collasso y_c .

L'espressione analitica è di seguito riportata:

$$d = \frac{y - y_i}{y_c - y_i} \quad (14)$$

Dove si ha $d = 0$ per $y < y_i$ e $d = 1$ per $y > y_c$

Inoltre è possibile seguire diverse strade per ottenere tali valori limite estrapolandoli, per esempio, da correlazioni empiriche tra vulnerabilità rilevate e danno osservato in edifici danneggiati dal sisma.

Il risultato finale che esprime la vulnerabilità degli edifici in muratura nel modello sin qui illustrato è rappresentato dal diagramma delle curve di fragilità: curve trilineari $d(y, I_V)$ in funzione di y_i e y_c rappresentate nel grafico di Figura 16.

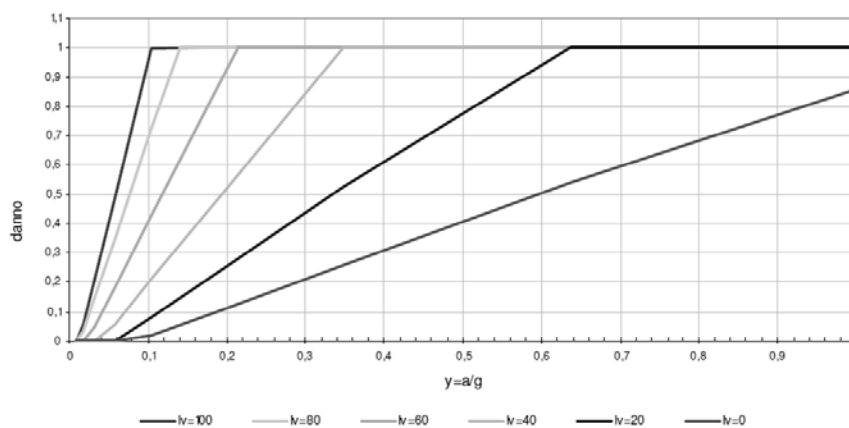


Figura 16: Curve di fragilità edifici in muratura

Tali curve forniscono la correlazione tra severità del terremoto, espressa in questo caso in termini di accelerazione di picco ($y=a/g$), e danno, espresso attraverso l'indice d variabile da 0 a 1, per ogni edificio al variare dell'indice di vulnerabilità (I_V).

Nella tabella seguente sono state riportate le 4 classi di edifici con i rispettivi punteggi e indici di vulnerabilità (I_V) minimi a massimi in relazione ai pesi di alcuni parametri e un giudizio sintetico di vulnerabilità. Il giudizio di vulnerabilità è stato graduato con classi intermedie che meglio rappresentano la realtà (Tabella 2).

Tabella 2: Intervalli dell'indice di vulnerabilità associati ai rispettivi giudizi di vulnerabilità

Classe	Punteggio	Indice di vulnerabilità I_V	Giudizio base di Vulnerabilità	Intervalli di I_V	Giudizio di Vul modificato
A	0	0,00	Adeguate	0-0,10	Adeguate
B	52,5	0,13	Bassa	0,10 - 0,20	Bassa
				0,20-0,40	Medio bassa
C	203,75	0,51	Media	0,40 - 0,60	Media
				0,60 - 0,80	Medio alta
D	393,75	1,00	alta	0,80 - 1,00	Alta

2.4.4 DIFETTI SCHEDA GNDT II LIVELLO

Le definizioni utilizzate per l'indice di danno e l'indice di vulnerabilità consentono di evidenziare molte limitazioni all'utilizzo di questa metodologia.

L'indice di vulnerabilità è definito in forma scalare e non consente di tenere conto delle differenze di risposta dell'edificio in funzione della direzione prevalente della sollecitazione. La direzionalità dell'azione può avere infatti una certa importanza quando si esaminano casi reali per stabilire correlazioni tra entità delle azioni e danni provocati. Un limite ancora più importante è legato all'aver trascurato, nella definizione dell'indice di vulnerabilità, gli effetti dell'interazione tra l'edificio e le costruzioni adiacenti; in altri termini, l'indice di vulnerabilità rappresenta una specie di misura intrinseca riferita ad una condizione ideale dell'edificio, considerato come isolato dal contesto e non tiene conto della eventuale vulnerabilità indotta dalla presenza di edifici contigui.

D'altro canto, il modo in cui è definito l'indice di danno lo rende insensibile alla localizzazione del danno stesso; in altri termini, un dato livello di danno ha lo stesso peso sia che si verifichi, ad esempio, al piano terra sia che sia stato rilevato all'ultimo piano dell'edificio. Una simile insensibilità non è ammissibile per molte applicazioni; la localizzazione del danno può avere influenza, ad esempio, sui giudizi di agibilità, sulla valutazione dei costi di intervento e sulla stima delle conseguenze per le persone.

Una terza limitazione, infine, deriva dalla relativa esiguità di dati disponibili per la calibrazione dei parametri della relazione tra danno, vulnerabilità ed entità delle azioni.

2.5. METODO FAMIVE

2.5.1 INTRODUZIONE

La procedura FaMIVE (Failure Mechanisms Identification and Vulnerability Evaluation), sviluppata presso l'Università di Bath (D'Ayala 1997, D'Ayala e Speranza 1999, 2003, 2004, Speranza 2003) consente l'identificazione dei meccanismi di collasso e la relativa valutazione della vulnerabilità di edifici in muratura.

Tale procedura di analisi, implementata in un software è stata sviluppata nel corso degli ultimi anni è basata su un metodo di calcolo agli Stati limite.

L'analisi condotta è statica equivalente ed ha lo scopo di prevedere il moltiplicatore di carico ultimo dei carichi laterali inteso come una percentuale dell'accelerazione di gravità g , che determinerà l'insorgenza di uno specifico meccanismo di collasso. Su questa base, è possibile produrre una previsione di possibili modi di danno e livelli di vulnerabilità per edifici o gruppi di edifici, in relazione ai livelli attesi di accelerazione sismica del suolo. È inoltre possibile analizzare la riduzione di vulnerabilità ottenibili con l'introduzione di particolari tipi di rafforzamento.

La metodologia può essere applicata a edifici isolati o gruppi, senza rinunciare ad una dettagliata analisi delle caratteristiche geometriche, tipologiche e strutturali che qualificano gli edifici analizzati. Questa caratteristica specifica di FaMIVE è strettamente legata al modo in cui è organizzata la raccolta dei dati: l'ispezione sul posto si concentra su quei parametri che possono qualificare le prestazioni sismiche degli edifici in muratura e può essere rilevata in gran parte da osservazioni sommarie desunte da rilievi in "strada".

Durante l'indagine, l'operatore è tenuto a riconoscere all'interno del centro urbano oggetto di studio la tipologia di schemi ricorrenti nel tessuto urbano, il tipo di muratura e la qualità dei materiali. Questo set di dati di solito si riferisce direttamente alle tecniche di costruzione locali e la disponibilità di materiali che accomuna gli edifici per analogie di schemi architettonici, strutturali e tipologie di materiali presenti in un determinato centro urbano. Una seconda serie di dati si riferisce a ciascun edificio: l'altezza, la lunghezza e lo spessore di ciascuna facciata visivamente ispezionabile, il numero di piani, la disposizione delle aperture, i dispositivi di consolidamento, ecc.

2.5.2 IL SOFTWARE APPLICATIVO DEL METODO DI ANALISI

La procedura di analisi FaMIVE è implementato in un foglio di calcolo elettronico composto da 7 sezioni che a loro volta sono suddivise in una serie di caselle da riempire con i dati osservati e valutati dal tecnico incaricato durante l'ispezione. Si riporta nelle successive Figura 17, Figura 18 e Figura 19 un breve elenco delle sezioni da compilare.

MODULO DI CONTROLLO PER IL RILEVAMENTO DI IMMOBILI ORDINARI					
Città	<input type="text"/>	da	<input type="text"/>	Blocco	<input type="text"/>
Dest.d'uso	<input type="text"/>	Data	<input type="text"/>		
indirizzo	<input type="text"/>		Edificio	<input type="text"/>	%usata
			Tecnico	<input type="text"/>	
1 DATI TESSUTO URBANO					
1-1	Vie di fuga e uscite emergenza	<input type="text"/>	1-4	Posizione edificio rispetto al blocco	<input type="text"/>
1-2	Forma e composizione dei blocchi	<input type="text"/>	1-5	Connessione della facciata con pareti adiacenti	<input type="text"/>
1-3	Numero di edifici nel blocco	<input type="text"/>			
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA					
2-1	Orientamento facciata	<input type="text"/>	2-5	Altezza totale facciata	<input type="text"/>
2-2	Numero di piani dell'edificio	<input type="text"/>	2-6	Presenza di parete del timpano	<input type="text"/>
2-3	Numero di piani della facciata	<input type="text"/>	2-7	Altezza timpano (se presente)	<input type="text"/>
2-4	Lunghezza facciata	<input type="text"/>	2-8	Angoli nella facciata	<input type="text"/>
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE					
3-1	Numero di aperture per piano	3-3 Schema aperture		disp.	n.s.
	Piani			sinistra	destra
	3	2	1	0	0
Aperture	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3-2	Stima dimensioni aperture	b	h	tipo lunghez: Materiale	
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3-4	Maschio murario laterale	<input type="text"/>			
3-5	Altezza fascia orizzontale sup.	<input type="text"/>			
3-6	Piattabanda	<input type="text"/>			
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA					
4-1	Spessore muro inferiore della facciata	<input type="text"/>	4-4	Nr. pareti portanti interne // alla facciata	<input type="text"/>
4-2	Spessore muro superiore (%)	<input type="text"/>	4-5	Lunghezza totale ⊥ alla facciata	<input type="text"/>
4-3	Nr.pareti portanti interne ⊥ alla facciata	<input type="text"/>	4-6	Nr.pareti interne ⊥ al retro facciata	<input type="text"/>

Figura 17:Scheda di rilevamento FaMIVE prime 4 sezioni

5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI

5-1 N. piani con strutture a volta

5-2 Tipologia solaio

5-3 Orditura solaio

5-4 Tipologia tetto

5-5 Orditura del tetto

5-6 Tipo di muratura

5-6b Tipo di malta

5-7 Livello manutenzione delle murature

5-8 Connessione a bordi sinistra right

5-9 Fuori verticalità

5-10 Catene per ogni piano della facciata

piano	3	2	1	0	0
Catene	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
iniezioni	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
piastre parete	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
fascia in legno	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6 ULTERIORI ELEMENTI DI VULNERABILITÀ

6-1 Presenza di sopraelevazioni

6-2 Dimensione della sopraelevazione H t

6-3 Specificare peso riduzione %

6-4 Canna fumaria sulla parete della facc

6-5 Tetto spingente L nr.Supporti

6-6 Cedimento entità posizione

6-7 Balconi profol L t nr. di piani

6-8 Preseza di colonne L nr. di pilastri

Figura 18: Scheda di rilevamento FaMIVE sezioni 5 e 6

7 LIVELLI DI DANNO E IDENTIFICAZIONE MECCANISMI

7-1 **IDENTIFICAZIONE MECCANISMI**

Classe	Tipologia	D. leve
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D	<input type="text"/>	<input type="text"/>
E	<input type="text"/>	<input type="text"/>
F	<input type="text"/>	<input type="text"/>
G	<input type="text"/>	<input type="text"/>
H	<input type="text"/>	<input type="text"/>
I	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
L	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Altra tipologia di danno o fallimento non identificati

7-2 **Descrizione tipo di crepe per ogni**

crepe orizzontali

crepe verticali

crepe ad angolo

crepe diagonali

Collasso muratura

7-3 Estensione del danno sulla facciata(%)

Note

Figura 19: Scheda di rilevamento FaMIVE sezioni 7

Nel modulo per ogni sezione è prevista una casella che esprime livello di affidabilità (alto, medio e basso) delle informazioni raccolte dal tecnico addetto.

Inoltre il modulo è corredato da 4 comandi che consentono di:

controllare eventuali errori nell' input dei dati ;

eseguire l'analisi ;

salvare i dati di input ed i risultati in un database ;

eliminare i dati precedentemente immessi nel modello.

2.5.3 CALCOLO DELLA VULNERABILITÀ SISMICA : INDICI ESC E V

Sulla base delle informazioni raccolte, la procedura assegna quindi ad ogni parete esterna dell'edificio i carichi agenti e sulla base delle rispettive condizioni di vincolo vengono identificati i possibili meccanismi di collasso, per ciascuno dei quali è calcolato il moltiplicatore ultimo inteso come il valore del carico di collasso (ESC capacità di taglio equivalente) espresso in termini di percentuale di accelerazione di gravità. I meccanismi sono quindi classificati in base alla loro ESC e alla percentuale di costruzione mobilitata dal meccanismo stesso. Infine, si valuta il pericolo associato ad ogni evento sismico considerato. Ciò rappresenta la vulnerabilità degli edifici, che viene quindi pesato in funzione dell'attendibilità delle informazioni. La procedura viene applicata ad ogni facciata dell'edificio analizzata che può assumere una fra quattro possibili categorie di vulnerabilità.

La procedura è stata sviluppata per lavorare direttamente con un database, in modo che utilizzano una sorta di software sia possibile inserire i dati direttamente in un foglio elettronico. Il programma è strutturato mediante una serie di macro realizzate per calcolare i valori del moltiplicatore di collasso per i diversi meccanismi compatibili con le caratteristiche costruttive dell'edificio analizzato, e nell'individuare quello che determina la crisi della struttura, e l'entità dell'azione sismica che lo attiva. Infine in funzione dei danni attribuisce all'edificio una determinata classe di vulnerabilità. Un diagramma di flusso della procedura è illustrata nella Figura 20.

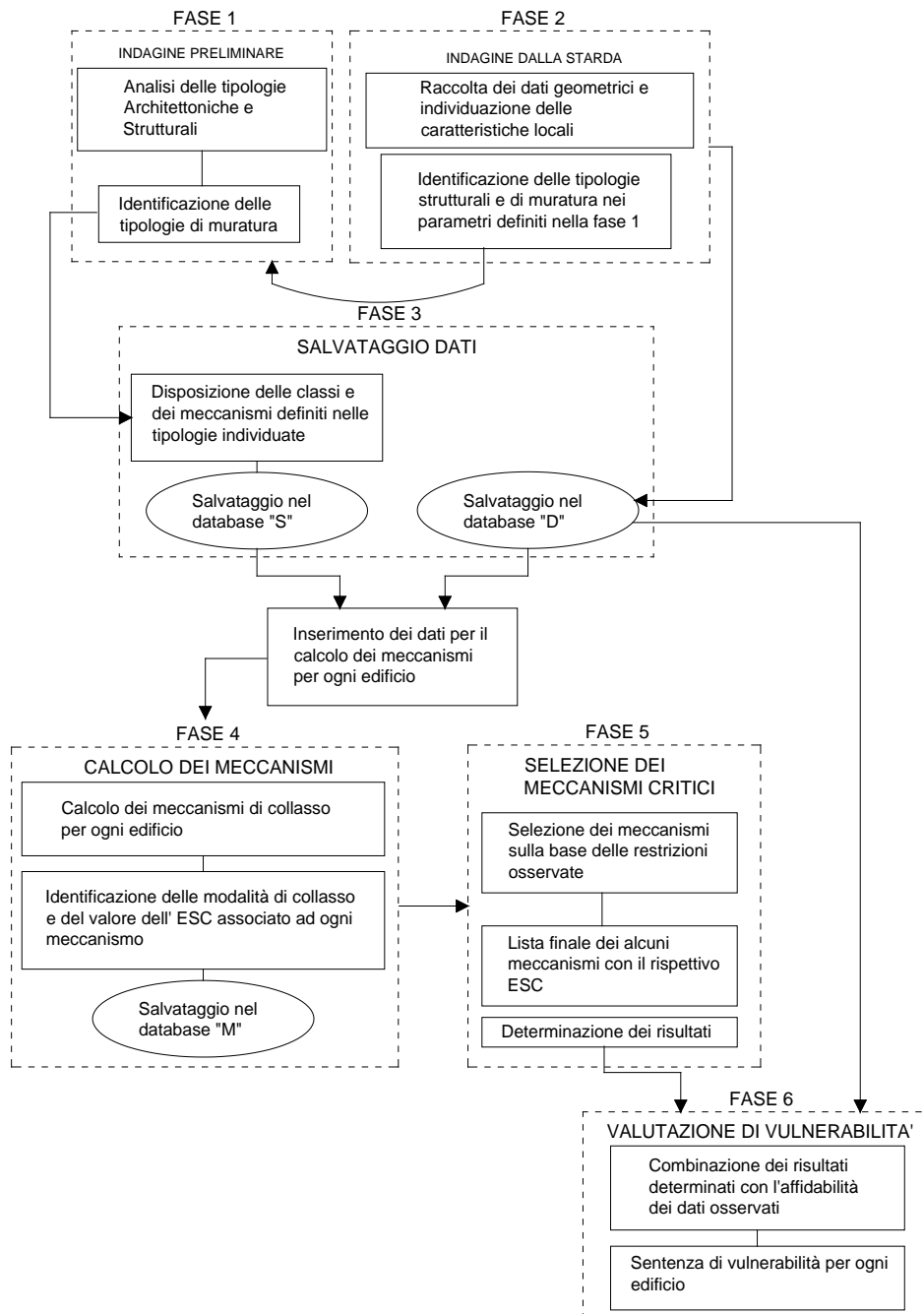


Figura 20: Diagramma di flusso della procedura di valutazione della vulnerabilità secondo FaMIVE: dalla raccolta dei dati alla determinazione della classe di vulnerabilità.

Inoltre si riportano in Figura 21 i meccanismi di collasso utilizzati dal programma FaMIVE tenendo conto di possibili cinematismi dei macroelementi coinvolti nella rottura.

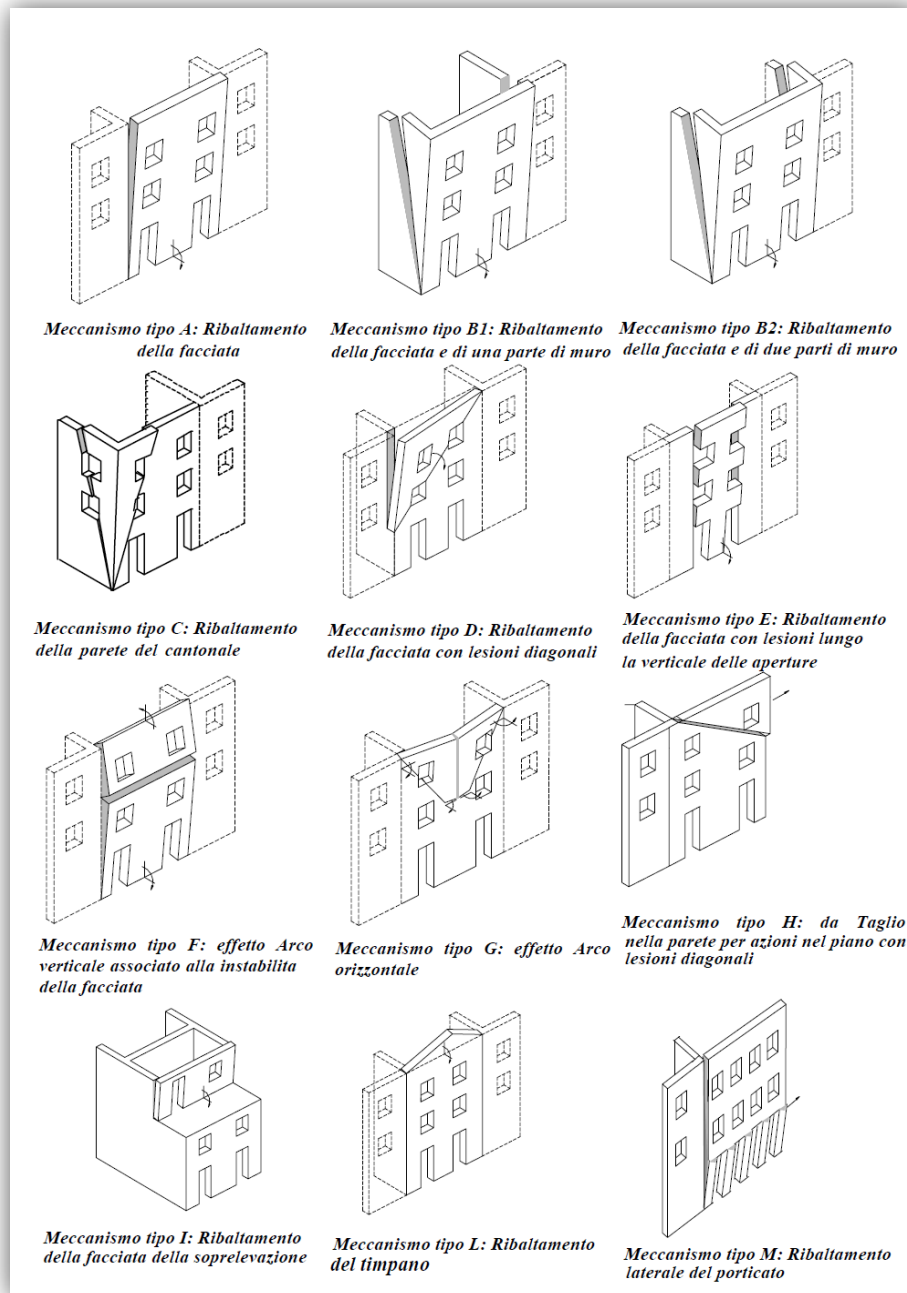


Figura 21: Meccanismi di collasso considerati nel programma FaMIVE.

La vulnerabilità sismica di ogni facciata è valutata sulla base del seguente formula:

$$V = \frac{d_e d_i}{ESC} \quad (15)$$

Dove:

ESC rappresenta il valore del carico di collasso che è funzione della snellezza della parete e della connessione della facciata analizzata con le altre pareti e con le fasce dei solai.

d_e e d_i sono due coefficienti che misurano rispettivamente l'estensione della facciata e dei piani della struttura coinvolte nel collasso ed il carattere catastrofico del crollo.

La procedura calcola sia l'Indice di vulnerabilità "V" che l'Indice di danno "D", per la facciata in esame, associato ad ogni meccanismo quindi li combina secondo la matrice in Figura 22 ed infine attribuisce un giudizio di "Vulnerabilità Finale" fra quattro classi : "Very High", "High", "Medium" ed infine "Low" come evidenziato in tonalità di grigio nella suddetta matrice.

L'Indice di vulnerabilità "V" risulta suddiviso in quattro classi:

$$\begin{aligned} V &> 10.5 \\ 10.5 &\geq V \geq 5 \\ 5 &\geq V \geq 2.5 \\ 2.5 &\geq V \geq 0 \end{aligned}$$

L'indice di danno risulta suddiviso in tre classi:

$$\begin{aligned} D &\geq 0.8 \\ 0.8 &\geq D \geq 0.4 \\ 0.4 &\geq D > 0 \end{aligned}$$

INDICE DI DANNO	INDICE DI VULNERABILITA' FaMIVE			
	$V > 10,5$	$10.5 \geq V > 5$	$5 \geq V > 2,5$	$2,5 \geq V > 0$
$D > 0,8$	VERY HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM
$0,8 \geq D \geq 0,4$	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	LOW
$0,4 \geq D > 0$	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW

Figura 22:Matrice Indice di Vulnerabilità - Indice di Danno

2.6. METODO VM

2.6.1 INTRODUZIONE

VM (Valutazione della Vulnerabilità Edifici in Muratura), è stata sviluppata nell'ambito del progetto SAVE (Strumenti aggiornati per la vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio e dei sistemi urbani) del Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (INGV – GNDT), presso l'Università della Basilicata, (Dolce e Moroni 2002).

Il programma consente la valutazione della vulnerabilità sismica e del rischio sismico del singolo edificio. La vulnerabilità è riferita a due livelli di danneggiamento, corrispondenti, in termini prestazionali (FEMA, 2000) alla condizione limite di operatività, ossia di danneggiamento lieve tale da non pregiudicarne l'utilizzazione, e alla condizione di collasso incipiente. La vulnerabilità, pertanto, viene intesa come stima dell'intensità del terremoto per la quale l'edificio raggiunge le due condizioni dette. Il rischio, ovviamente riferito alle condizioni di pericolosità sismica del sito in cui sorge la costruzione, tenendo conto anche di eventuali effetti di amplificazione locale, viene espresso in termini di periodo di ritorno del terremoto che produce le due condizioni limite dette.

La metodologia utilizzata è basata su di un modello di calcolo semplificato, che permette l'analisi piano per piano, per la determinazione degli spostamenti relativi tra un piano e l'altro, ai fini della valutazione delle condizioni di operatività, e della resistenza sismica dell'organismo strutturale, ai fini della valutazione delle condizioni di collasso.

Il livello di complessità del modello è commisurato al livello di conoscenza della struttura reale, in termini di caratteristiche sia meccaniche dei materiali, che geometriche dei diversi elementi strutturali e dell'organismo strutturale nel suo insieme. Infatti, la conoscenza di una struttura esistente non è mai totale, ed il livello di dettaglio è commisurato ai tempi e ai costi di esecuzione dei rilievi e delle indagini sperimentali sui materiali e sugli elementi strutturali. La scelta del modello e l'intera procedura di analisi nascono dall'ottimizzazione dell'impegno richiesto, sia in termini di indagini in situ, sia in termini di calcolo, impegno che va commisurato ad una applicazione su scala relativamente ampia.

La procedura può essere applicata secondo due logiche diverse. La prima, coerente con un'analisi della sicurezza svolta ai sensi della normativa, richiede la considerazione di coefficienti di sicurezza e fattori di confidenza, così come definiti nel D.M. 2008 e nelle normative specifiche relative ai diversi tipi e materiali strutturali, conduce ad una

valutazione convenzionale e cautelativa della reale vulnerabilità e del rischio sismico dell'edificio in esame. La seconda prescinde dall'adozione di coefficienti di sicurezza e fattori di confidenza e fa riferimento direttamente ai valori stimati più probabili delle resistenze dei materiali, essendo finalizzata alla determinazione della più probabile stima delle capacità sismiche della struttura in esame. Essa pertanto fornisce valutazioni meno cautelative ma più verosimili della reale vulnerabilità e del rischio sismico dell'edificio in esame.

Le strutture murarie degli edifici sollecitate da azioni sismiche sono caratterizzate da comportamenti molto diversi, dipendenti principalmente dalle caratteristiche e dall'efficacia dei collegamenti tra pareti ortogonali e tra pareti e strutture orizzontali (solai di calpestio e coperture).

Fondamentalmente, si possono individuare due importanti categorie di meccanismi di collasso: (i) i meccanismi caratterizzati da rotture e ribaltamenti di intere pareti o di cospicue porzioni per azioni ortogonali al piano medio delle pareti, (ii) quelli caratterizzati da rotture, di taglio e/o presso flessione degli elementi murari, per azioni parallele al piano medio delle pareti.

I meccanismi della prima categoria sono generalmente i più pericolosi e si manifestano per basse intensità sismiche, quando i collegamenti tra pareti ortogonali e tra pareti e solai sono inadeguati e/o quando i solai sono eccessivamente deformabili nel proprio piano. Gli edifici pubblici sono spesso caratterizzati da buoni collegamenti tra pareti e solaio, realizzati attraverso cordoli in c.a., nonché da solai adeguatamente rigidi. Pertanto, al fine di determinare la vulnerabilità sismica degli edifici, nel seguito si prenderanno in esame unicamente i meccanismi di collasso per azioni nel piano, fermo restando che occorre verificare le condizioni di validità delle ipotesi assunte.

L'adozione di numerose assunzioni sulle caratteristiche della struttura e dell'azione sismica, legate alla non perfetta conoscenza della struttura, basata su indagini sicuramente non esaustive, della pericolosità del sito, basata su una delle mappe disponibili a livello nazionale (SSN, 2001), dei terreni di fondazione, basata su conoscenze spesso sommarie dei profili stratigrafici, nonché l'adozione di un modello semplificato, limita, ovviamente, l'affidabilità dei risultati in termini assoluti. Ciononostante, l'applicazione di una stessa procedura ai diversi edifici permette di raffrontare in maniera diretta, e su base quantitativa, i loro livelli di vulnerabilità e di rischio, e di evidenziare quelle situazioni precarie, sulle quali occorre intervenire con maggiore urgenza.

2.6.2 MODELLO

In base al meccanismo di collasso predefinito, il modello considera le modalità di plasticizzazione e rottura per taglio e/o per pressoflessione dei maschi murari sollecitati nel proprio piano, determinando il taglio complessivo portato dalla struttura.

La resistenza all'azione orizzontale del maschio murario i -esimo, al j -esimo piano, nella direzione dell'analisi, sollecitato nel proprio piano, viene valutata considerando il valor medio della sua resistenza unitaria a taglio, secondo la formulazione di Turnsek-Cacovic (Turnsek, Cacovic, 1970, PCM, 2005). La formula originaria esprime bene la resistenza di un maschio murario quando la rottura avviene per taglio, mentre ne fornisce una sovrastima quando il maschio murario è snello e soggetto ad una tensione di compressione bassa, a causa del sopraggiungere della crisi per flessione, prima che si determini la crisi per taglio. Per tener conto di questa eventualità, si applica un fattore riduttivo della resistenza specifica tangenziale (M. Dolce, 1991), funzione della snellezza e della tensione di compressione media, così da ottenere il valore corretto $\tau_{corr,i,j}$ per il maschio murario i -esimo del piano j -esimo, nella direzione parallela al piano medio del maschio murario:

$$V_{i,j} = A_{i,j} \cdot \tau_{corr,i,j} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{i,j}}{1.5 \cdot \tau_{corr,i,j}}} \quad (16)$$

in cui:

V_{ij} è la resistenza a taglio del maschio murario i -esimo, al piano j -esimo, sollecitato nel proprio piano;

$\sigma_{0,i,j}$ è la tensione di compressione agente sullo stesso maschio murario per effetto dei carichi verticali;

$A_{i,j}$ è l'area della sua sezione orizzontale.

La valutazione di $\tau_{corr,i,j}$ viene effettuata automaticamente dalla procedura, una volta specificate le caratteristiche geometriche del maschio murario e delle fasce di piano inferiore e superiore ed i carichi agenti. La valutazione della resistenza complessiva dell'edificio, infatti, richiede la determinazione delle aree di muratura resistente nelle due direzioni, escludendo naturalmente le aperture di porte e finestre, valutando per ciascun allineamento la snellezza media e la tensione media di compressione, così da determinare il fattore riduttivo da applicare alla resistenza unitaria a taglio. La resistenza complessiva in

ciascuna direzione è ottenuta sommando i contributi dei singoli maschi murari del livello in esame sollecitati parallelamente, secondo l'equazione:

$$V_{,j} = \sum_i V_{i,j} \quad (17)$$

La rigidezza dei singoli maschi murari viene valutata tenendo conto della deformabilità a taglio e la deformabilità a flessione con l'equazione:

$$K_{i,j} = r \cdot \frac{G \cdot A}{\chi \cdot h_{def}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{G \cdot h_{def}^2}{\chi \cdot E \cdot b^2}} \quad (18)$$

r è un fattore riduttivo che tiene conto della riduzione di rigidezza per fessurazione, compreso tra 0.5 e 1;

h_{def} è l'altezza deformabile, valutata tenendo conto delle dimensioni delle aperture adiacenti al maschio murario in esame, secondo la formulazione data in [Dolce, 1991];

b è la larghezza del maschio murario;

A è l'area della sezione orizzontale del maschio murario.

2.6.3 VULNERABILITÀ SISMICA E RISCHIO DI RAGGIUNGIMENTO DEI LIMITI DI OPERATIVITÀ E DI COLLASSO

La vulnerabilità sismica dell'edificio viene valutata in termini di accelerazione di picco a terra che produce il raggiungimento dei due livelli prestazionale considerati: l'operatività e il collasso. Pertanto l'accelerazione massima, PGA, viene innanzitutto riferita al sito in cui è localizzato l'edificio, includendo anche l'amplificazione e la distorsione spettrale prodotta dai terreni deformabili di fondazione. Successivamente viene determinata l'accelerazione di picco riferita alle condizioni ideali su roccia ag, corrispondente all'accelerazione al sito PGA che produce il raggiungimento dei due livelli prestazionali della struttura.

La PGA può essere direttamente tradotta in termini di pericolosità sismica locale, espressa come quel valore dell'intensità macrosismica (MCS) che determina il raggiungimento della condizione considerata, nel secondo caso la valutazione si correla direttamente alla pericolosità sismica di base, cui si riferiscono normalmente le mappe di pericolosità a livello nazionale (SSN, 2001, INGV, 2004) e la classificazione sismica (PCM, 2003). È, allora, immediato rapportare la vulnerabilità alla pericolosità sismica, giungendo ad una valutazione di rischio, in termini di periodo di ritorno del terremoto che produce le condizioni prestazionali in esame o di rapporto tra le intensità di tale terremoto e del terremoto di progetto che la normativa sismica stabilisce come requisito minimo della progettazione. A questo riguardo occorre sottolineare una distinzione da fare in relazione all'aver assunto coefficienti di sicurezza sui materiali unitari o pari a quelli di normativa. Solo nel secondo caso, fatte salve le approssimazioni del modello, il confronto con il terremoto di progetto assume il significato di una verifica di sicurezza ai sensi della normativa.

Il passaggio dalle resistenze di piano, o dalle forze di piano che determinano il raggiungimento del limite di operatività, all'accelerazione al suolo che determina le condizioni critiche, richiede una serie di passaggi di seguito descritti, che mettono a confronto gli effetti indotti dall'azione sismica (sollecitazioni, richieste di duttilità, deformazioni), ossia la domanda, con le corrispondenti capacità per ciascun piano e per ciascuna direzione, andando poi a individuare la situazione più sfavorevole nel rapporto domanda/capacità, sulla base della quale si valuterà l'accelerazione al suolo che ne determina il raggiungimento.

2.6.4 TAGLI DI PIANO

Si determina il taglio prodotto ai vari piani da un valore dell'accelerazione agente globalmente sulla struttura pari a 1g. A tale scopo si utilizza il metodo dell'analisi statica lineare, nella formulazione prevista in [PCM, 2003, 2005], che definisce le forze di piano in relazione ad una prefissata forma semplificata del primo modo di vibrare della struttura:

$$F_j = \frac{F_h \cdot (z_j \cdot W_j)}{\sum (z_l \cdot W_l)} \quad (19)$$

dove:

$F_h = W$, avendo assunto l'accelerazione pari a 1g

F_j è la forza da applicare al piano j

W_j e W_l sono i pesi delle masse ai piani j e l rispettivamente

z_j e z_l sono le altezze dei piani j e l

W è il peso complessivo della costruzione in elevazione

g è l'accelerazione di gravità.

Il taglio agente al piano j, $V_{ag,j}$, nella direzione considerata è ottenuto sommando le forze calcolate agenti al di sopra del piano in esame:

$$V_{ag,j} = \sum_{l=j}^p F_l \quad (20)$$

I rapporti S_{Dj} tra i tagli di piano V_j corrispondenti alla condizione limite in esame e i tagli agenti $V_{ag,j}$ definiscono la prestazione strutturale dei singoli piani dell'edificio in termini di accelerazioni sulle masse strutturali, espresse in frazione di g.

2.6.5 ACCELERAZIONI DEL SUOLO

Il passaggio successivo consiste nel determinare le accelerazioni massime del terreno in situ (PGA) e su roccia (a_g) corrispondenti al raggiungimento delle condizioni limite ai singoli piani e nelle due direzioni considerate.

L'accelerazione del terreno è legata all'accelerazione sulle masse strutturali attraverso la seguente relazione:

$$S_{Dj} = PGA_j \cdot \alpha_{PM} \cdot \alpha_{AD} \cdot \alpha_{DS} / \alpha_{DUT,i} = a_{gj} \cdot S \cdot \alpha_{PM} \cdot \alpha_{AD} \cdot \alpha_{DS} / \alpha_{DUT,i} \quad (21)$$

Dove i coefficienti:

α_{PM} è il coefficiente di partecipazione modale del primo modo di vibrare nella direzione considerata, che può essere assunto pari a 0.8 per edifici aventi più di un piano, 0.9 per edifici aventi solo due piani, 1 per edifici ad un piano, in analogia con quanto indicato anche in (PCM, 2003) per il coefficiente riduttivo λ , ma con una maggiore differenziazione tra gli edifici con 1-3 piani, intervallo nel quale si collocano numerosi edifici pubblici, ed in particolare quelli scolastici;

α_{AD} è l'amplificazione spettrale, funzione del periodo del primo modo nella direzione in esame e della forma spettrale; esso viene determinato con riferimento agli spettri riportati in (PCM, 2003) per i diversi tipi di terreno, secondo le categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione. Il periodo proprio della struttura viene automaticamente calcolato mediante la formula di Rayleigh (Clough, Penzien, 1975), adottando la deformata prodotta dalle forze statiche.

α_{DS} negli edifici in muratura, nei quali il contributo degli elementi non strutturali, ove presenti, si considera trascurabile, α_{DS} è normalmente assunto pari a 1, sebbene tale valore sia modificabile nella procedura, per tener conto di situazioni particolari.

$\alpha_{DUT,j}$ è un coefficiente funzione di numerosi parametri, come viene specificato in dettaglio successivamente, alcuni riferiti all'edificio globalmente, altri al piano in esame. Per quanto riguarda i parametri globali, essi dipendono essenzialmente dalle irregolarità presenti, sia in termini di distribuzione delle resistenze in elevazione, che di geometria della struttura, che di rigidità e/o di massa in pianta. Tutti i fattori sopra elencati, penalizzanti per le capacità duttili della struttura, varieranno il valore di $\alpha_{DUT,i}$ nel range $1 \leq \alpha_{DUT,j} \leq 2$. Nella valutazione delle prestazioni strutturali rispetto alle condizioni di operatività il coefficiente di duttilità assume, in ogni caso, valore unitario.

2.6.6 COEFFICIENTE DI DUTTILITÀ

Per gli edifici in muratura perfettamente regolari si adotta un valore di riferimento del coefficiente di duttilità di piano pari a 2. Tale valore può essere ulteriormente penalizzato mediante i coefficienti p_k , che tengono conto dell'influenza delle irregolarità sulla duttilità di piano. Il coefficiente di duttilità di piano nella direzione considerata assume pertanto la forma:

$$\alpha_{DUT,j} = 2 \cdot p_{1,j} \cdot p_2 \cdot p_3 \geq 1 \quad (22)$$

dove ai coefficienti p_k sono da attribuire i seguenti significati:

$p_{1,j}$ = coefficiente riduttivo di piano per irregolarità di resistenza tra piani successivi

p_2 = coefficiente riduttivo globale per irregolarità di rigidezza o di massa in pianta

p_3 = coefficiente riduttivo globale per irregolarità di forma geometrica

Il significato, nonché i valori assunti da ognuno dei coefficienti di penalizzazione considerati, è di seguito specificato.

a) coefficiente riduttivo per irregolarità di resistenza tra piani successivi - $p_{1,j}$

L'irregolarità di resistenza in elevazione, in particolare un eccessivo aumento del rapporto tra capacità e domanda in termini di taglio di piano procedendo dal basso verso l'alto, viene quantizzata attraverso il calcolo automatico dei rapporti taglio-resistente/taglio-agente ad ogni piano, per ogni direzione. Detto R_i il rapporto tra i suddetti rapporti calcolati per il piano j -esimo e il piano $(j+1)$ -esimo immediatamente al di sopra, per una data direzione:

$$R_j = (V_j/V_{ag,j}) / (V_{j+1}/V_{ag,j+1}) \quad (23)$$

si ha:

$$p_{1,j} = 0.5 + 0.5 R_j \geq 0.75 \text{ se } R_j < 1$$

$$p_{1,j} = 1 \text{ se } R_j \geq 1$$

Il coefficiente $p_{1,j}$, pertanto, sarà pari a uno se ai piani inferiori si hanno delle sovreresistenze rispetto ai piani superiori, a 0.75 quando si hanno delle sovreresistenze dei

piani superiori maggiori del 50% rispetto ai piani inferiori, e valori compresi tra 0.75 e 1 negli altri casi. Ovviamente il coefficiente è sempre unitario all'ultimo piano.

Le irregolarità di rigidezza e massa in elevazione non sono considerate, ritenendo che esse producano effetti trascurabili rispetto a quelli determinati dalle irregolarità di resistenza.

b) coefficiente riduttivo dovuto all'irregolarità di rigidezza o di massa in pianta - p_2

Le irregolarità di rigidezza e/o resistenza in pianta, quali ad esempio quelle determinate da una distribuzione disuniforme dei maschi murari in pianta viene penalizzata con un unico fattore riduttivo p_2 , da applicare al coefficiente di duttilità di tutti i piani, che assume i seguenti valori:

$p_2 = 1.00$ per situazioni regolari

$p_2 = 0.95$ per situazioni mediamente irregolari

$p_2 = 0.90$ per situazioni fortemente irregolari

c) coefficiente riduttivo dovuto all'irregolarità di forma geometrica - p_3

L'irregolarità di forma in pianta (pianta non compatta, non simmetrica) e/o in elevazione (rastremazioni in elevazione) vengono portate in conto mediante un unico fattore riduttivo p_3 , da applicare al coefficiente di duttilità di tutti i piani, pari a:

$p_3 = 1.00$ per situazioni regolari

$p_3 = 0.95$ per situazioni mediamente irregolari

$p_3 = 0.90$ per situazioni fortemente irregolari

Considerando tutti i fattori riduttivi detti il coefficiente di duttilità risultante non potrà comunque essere assunto minore di uno, come è chiaramente indicato nella (22). Come già detto, il valore unitario, in realtà, non indica l'assenza di richieste di duttilità, in quanto il calcolo della resistenza complessiva è dato dalla somma delle resistenze di tutti gli elementi resistenti, ciò implicando che, affinché tutte le resistenze vengano chiamate in gioco per intero, gli elementi che plasticizzano per primi subiscano comunque delle deformazioni inelastiche.

2.6.7 DETERMINAZIONE DEL LIVELLO PRESTAZIONALE CHE COMPORTA LA PERDITA DI OPERATIVITÀ

La perdita di operatività è riferita alla condizione di danneggiamento non trascurabile delle parti non strutturali e/o di quelle strutturali. Per questo essa è determinata dal raggiungimento di una delle due seguenti condizioni:

- drift percentuale (spostamento interpiano/altezza di interpiano) $d_{r,lim} = 0.3\%$
- accelerazione a terra corrispondente ad un valore unitario di $\alpha_{DUT,j}$.

Per quanto riguarda la prima condizione, nota la rigidezza totale K_j e l'altezza h_j del piano j -esimo, il taglio che provoca il drift limite nella direzione considerata sarà pari a:

$$V_{op,j} = K_j \cdot h_j \cdot d_{r,lim} \quad (23)$$

Considerando questo come valore massimo “resistente”, è possibile, procedendo analogamente a quanto fatto per l'individuazione del limite di collasso, determinare le massime accelerazioni spettrali. Le uniche differenze sono legate ai coefficienti riduttivi $p_{1,j}$ e p_3 che assumono valore unitario.

L'espressione del coefficiente di duttilità di piano, quindi, degenera in:

$$\alpha_{DUT,j} = 1 \cdot (1 \cdot p_2 \cdot 1) = p_2 \quad (24)$$

dove il coefficiente riduttivo p_2 assume gli stessi significati e gli identici valori del precedente paragrafo. È evidente che il fattore $\alpha_{DUT,j}$ assume in questo caso il significato di fattore di irregolarità che amplifica gli effetti del sisma in termini di deformazioni locali, rispetto alle quali si effettua la verifica dei limiti di operatività.

L'altra condizione è valutata semplicemente assumendo $\alpha_{DUT,j} = 1$.

È opportuno sottolineare come questa condizione corrisponda non alla prima plasticizzazione locale dei maschi murari ma alla plasticizzazione di tutti i maschi di un piano, e, dunque, ad uno stato di danneggiamento effettivo della struttura.

2.6.8 ACCELERAZIONI AL SUOLO

Noti i coefficienti di trasformazione, dall'inversione della (4.6) si ricavano facilmente le accelerazioni massime al suolo in situ e su roccia, che determinano, per ogni piano e per ciascuna direzione, il raggiungimento delle condizioni limite (collasso e operatività).

$$PGA_j = S_{Dj} \cdot \alpha_{DUT,i} / \alpha_{PM} \cdot \alpha_{AD} \cdot \alpha_{DS} \quad (25)$$

$$a_{gj} = PGA_j / S \quad (26)$$

Nel caso in cui la valutazione sia eseguita sia nell'ipotesi di assenza che nell'ipotesi di presenza di elementi non strutturali collaboranti, a ciascun piano e per ciascuna direzione, si assumerà, tra i valori di accelerazione ottenuti, il massimo tra i due, come valore rappresentativo della capacità del piano.

Note le accelerazioni al suolo che determinano il raggiungimento della condizione limite in esame a ogni piano e nelle due direzioni, si individua il piano e la direzione nella quale si manifesta per prima la condizione limite, assumendo il corrispondente valore come accelerazione di riferimento della resistenza sismica dell'intero edificio.

2.6.9 DETERMINAZIONE DEI PERIODI DI RITORNO E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Una volta valutata la vulnerabilità reale della struttura, espressa in termini di accelerazione massima a terra del terremoto che produce il collasso o la perdita di operatività, tali accelerazioni possono essere espresse anche in termini di intensità della scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg, o riportate in termini di periodo di ritorno del corrispondente terremoto attraverso una legge di trasformazione, quale ad esempio quella riportata in (Margottini et al., 1985):

$$IMCS = 1/0.179 \cdot \text{LOG}_{10}[(PGA/g) \cdot (981/4.864)]$$

Con PGA espresso in cm/s^2

Utilizzando le due relazioni precedenti si ottengono i valori riportati nella Tabella 3.

Tabella 3:Corrispondenza approssimativa tra PGA e intensità macrosismica MCS
secondo Margottini et al., 1985.

PGA [g]	0.05	0.07	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50
I _{MCS}	V-VI	VI	VII	VIII	IX	IX-X	X	X-XI	XI

Il tempo di ritorno è il tempo medio di attesa stimato tra l'occorrere di un determinato evento e il successivo con caratteristiche tali per cui, il valore della grandezza in esame venga eguagliato o superato.

$$T = K \cdot e^{[\alpha \ln(a_g)]} \quad (27)$$

2.6.10 AFFIDABILITÀ STIME ED ASPETTI CONNESSI

L'attendibilità dei risultati che il metodo può fornire è strettamente legata alla qualità delle informazioni e all'aderenza del modello alla realtà. In condizioni ottimali il metodo fornisce risultati molto affidabili, come si può constatare dai confronti riportati in altri capitoli, e vicini sia alla realtà sperimentale, sia alle valutazioni svolte con procedure più complesse e sofisticate. Il venir meno di tali condizioni può richiedere una revisione del parametro finale di vulnerabilità e di rischio, attraverso un giudizio soggettivo che valuti sia la possibilità che la stima abbia margini di variabilità molto ampi, per la cattiva conoscenza dei parametri principali, sia la possibilità che la stima non sia cautelativa, per la presenza di fattori negativi che il metodo e il modello non possono mettere in conto.

Particolare importanza, circa l'attendibilità dei risultati del metodo, è rivestita dall'adeguatezza del modello rispetto all'edificio analizzato, dalla qualità delle informazioni e dal grado di conoscenza acquisito attraverso sopralluoghi, saggi e documentazione disponibile (progetto o rilievo architettonico, progetto strutturale o altri elaborati di carpenteria, numero di saggi effettuati sugli elementi strutturali per individuazione delle armature e verifica delle dimensioni o per determinazione delle caratteristiche delle murature e dell'apparecchio murario e su quelli non strutturali, numero e tipo di prove sui materiali).

Si ricorda, peraltro, che non sono portati in conto dal modello taluni fattori strutturali peggiorativi, quali:

- Disposizione irregolare delle aperture e presenza di piccole aperture e nicchie nelle pareti strutturali che possono influenzare il comportamento sismico degli edifici in muratura,

- Presenza di spinte statiche (tetti, volte, archi, negli edifici in muratura, pareti di sostegno del terreno, ecc.),
- Elevata snellezza dell'edificio,
- Elevata snellezza delle strutture verticali,

Altri elementi che possono aumentare l'effettiva vulnerabilità dell'edificio possono essere:

- Presenza di danni preesistenti
- Giunti strutturali inadeguati
- Evidenza di cedimenti fondali
- Solai di caratteristiche non adeguate alla luce e all'utilizzo (aule, palestre, ecc.) e/o con evidenti inflessioni
- Muratura di scarsa qualità (di pietrame a sacco o in laterizio), soggetta a comportamenti fragili per instabilità o per costituzione dei materiali e dell'apparecchio murario
- Presenza di pareti intersecate da pareti trasversali ad interasse elevato (>7m) negli edifici in muratura.

Da non sottovalutare, inoltre, nel giudizio complessivo sull'immobile, la vulnerabilità delle parti non strutturali, di cui il modello non tiene conto. Tali parti sono maggiormente soggette a danni, anche per terremoti di bassa intensità, e possono determinare cadute pericolose di elementi pesanti. Elementi da prendere in considerazione sono le altezze d'interpiano superiori ai 3.5 m senza cordoli rompitratta intermedi o altri provvedimenti atti a ridurre il rischio di ribaltamento di tamponature e tramezzi, le tamponature disposte esternamente alla maglia strutturale e/o su sbalzi, i rivestimenti pesanti in cattivo stato di manutenzione, le controsoffittature pesanti, i cornicioni e i camini in muratura, gli sbalzi di grande luce e tutti quegli altri fattori che, seppur non partecipino alla stabilità dell'edificio, comunque influenzano la vulnerabilità delle sue singole parti, limitandone la capacità a svolgere le funzioni cui è destinato.

2.7. SOFTWARE 3MURI S.T.A.DATA

2.7.1 INTRODUZIONE

Alla richiesta di grande cambiamento delle nuove normative sono state analizzate nuove metodologie di analisi, nuovi modi di ragionare.

L'analisi delle strutture sismiche, non più basata su criteri di resistenza ma sulla duttilità, è impegnativa e teoricamente complessa ed il software è indispensabile.

3Muri ha risposto per primo a queste richieste, tramite l'applicazione pratica della ricerca universitaria, sia teorica che sperimentale.

Dalla ricerca del gruppo di lavoro del prof. Sergio Lagomarsino dell'Università di Genova è nato il motore di calcolo, lungamente testato e validato a livello nazionale ed internazionale.

Dall'esperienza di 25 anni di sviluppo del software per l'ingegneria di S.T.A. DATA è nata l'interfaccia grafica, semplice, immediata.

Da queste radici è nato 3Muri, per fornire uno strumento operativo pratico, affidabile, veloce da cui il termine l'originale.

3Muri è un software per il calcolo sismico delle strutture in muratura secondo il DM 14-1-2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Molto semplicemente 3Muri esamina grandi e piccole strutture in muratura e miste, cioè con elementi in c.a., acciaio, legno come travi, pilastri, setti per il progetto di nuove strutture o per l'esame di edifici esistenti.

Il software 3Muri nasce dalla decisione di S.T.A. DATA, da sempre rivolta alle soluzioni innovative, di sviluppare un nuovo potente prodotto per l'analisi sismica delle strutture in muratura, i cui risultati siano fondati su solide basi teoriche.

Per questo motivo è stato scelto, come solutore, il motore di calcolo dotato della migliore capacità di simulazione del comportamento non lineare degli edifici in muratura, sviluppato in ambito di ricerca da un'equipe di specialisti guidata dal prof. Sergio Lagomarsino (Ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di Genova) e l'ing. Andrea Penna, l'ing. Alessandro Galasco, l'ing. Serena Cattari.

Dalla fruttuosa collaborazione tra S.T.A. DATA e gli autori del motore di calcolo è nato e continua a rinnovarsi 3muri, uno strumento efficiente, affidabile e sempre aggiornato per la pratica professionale.

Il metodo adottato da 3Muri (FME – Frame by Macro Elements), schematizza l'edificio mediante “macro elementi strutturali” (murature, travi, catene, solai, pilastri, setti).

L'osservazione pratica dei danni sulle strutture esistenti, ha portato infatti alla formulazione del “macroelemento in muratura” come elemento che rappresenta compiutamente la realtà.

Gli aspetti teorici posti alla base di 3Muri derivano dalla ricerca avanzata delle strutture in muratura svolte durante campagne sperimentali e dall'osservazione diretta degli eventi sismici, da sempre fonte di spunti interessanti.

Il programma dispone di un modulo grafico per l'introduzione della struttura con comandi intuitivi, di un solutore per la creazione del modello di calcolo e la relativa soluzione, di un post-processore per la presentazione immediata dei risultati e la creazione della relazione di calcolo.

Quindi 3Muri si articola attraverso diverse fasi che vanno dalla definizione della struttura all'analisi ed infine alla verifica.

2.7.2 ANALISI STATICA NON LINEARE

Numerose procedure di calcolo e verifica, adottate in svariati paesi nella moderna legislazione progettuale antisismica, propongono una descrizione della risposta strutturale in termini di spostamenti piuttosto che di forze, tenuto conto della maggiore sensibilità del danneggiamento agli spostamenti imposti. Anche la normativa italiana propone un metodo che utilizza l'analisi statica non lineare.

In questo contesto giocano un ruolo centrale le procedure statiche non lineari fra le quali si ricorda quella del metodo dello spettro di capacità (Capacity Spectrum Method, originariamente proposto da Freeman et al. 1975) e l'N2 Method (Fajfar 1999, 2000). Queste metodologie sono procedure semplificate in cui il problema della valutazione della massima risposta attesa, conseguente all'accadimento di un determinato evento sismico, è ricondotto allo studio di un sistema non lineare ad un unico grado di libertà equivalente al modello dotato di n gradi di libertà, che rappresenta la struttura reale (“Substitutive Structure Approach” di Shibata e Sozen, 1976).

La caratteristica comune di queste procedure è quella di basarsi sull'uso di analisi statiche non lineari (pushover) per caratterizzare poi il sistema sismico resistente tramite curve di capacità: analisi “statiche” in quanto la forzante esterna è applicata staticamente alla

struttura e “non lineari” a causa del modello comportamentale assunto per gli elementi resistenti della struttura.

Tali curve intendono rappresentare l’involuppo dei cicli d’isteresi prodotti durante la realizzazione del sisma e possono essere considerate come un indicatore del comportamento post-elastico della struttura .

Così mentre nei metodi di analisi elastici il comportamento non lineare è tenuto in conto introducendo il fattore di struttura, l’analisi statica non lineare permette di cogliere l’evoluzione della risposta strutturale mano a mano che i singoli elementi evolvono in campo non lineare, fornendo informazioni sulla distribuzione della domanda di anelasticità.

La curva ottenuta dalle analisi pushover (che sarà poi trasformata in curva di capacità, tenendo conto delle caratteristiche del sistema equivalente ad un grado di libertà) riporta convenzionalmente l’andamento del taglio risultante alla base rispetto allo spostamento orizzontale di un punto di controllo della struttura. Ad ogni punto della curva può essere associato uno specifico stato di danno dell’intero sistema, ed è possibile pertanto associare a determinati livelli di spostamento il grado di funzionalità atteso e il danno corrispondente.

La curva è ottenuta implementando analisi pushover, che prevedono l’assegnazione di una prefissata distribuzione di forze incrementate in maniera statica e monotona. La distribuzione viene mantenuta inalterata anche oltre il punto limite di rottura. Le analisi possono essere condotte in controllo di forze o tramite un controllo misto forze-spostamenti.

La distribuzione di carico applicata ha lo scopo di rappresentare la distribuzione delle forze inerziali indotta dall’evento sismico. I profili proposti dalla NTC2008, per le strutture in muratura sono quello coerente con la prima forma modale, approssimabile con quello adottato per l’analisi statica lineare, e quello proporzionale alle masse. In particolare nel caso di strutture regolari la prima distribuzione è adottata con l’intento di cogliere al meglio la risposta della struttura in campo elastico e la seconda quella in campo non lineare.

La “capacità” offerta dalla struttura deve essere poi confrontata, nell’ottica di una verifica sismica, con la “domanda” richiesta dalla forzante esterna, cioè da un determinato evento sismico.

Gli effetti della dissipazione di energia, che offrono un ulteriore margine di resistenza non spiegabile ricorrendo alla sola teoria elastica lineare, sono rilevanti soprattutto nel campo della risposta non lineare della struttura: per tenerne conto si effettua una riduzione della domanda.

La risposta attesa per l'edificio, in funzione di una determinata azione, è così ottenuta attraverso l'identificazione del nodo di controllo (la cui coordinata in termini di spostamenti spettrali corrisponde a d^*_{max}).

Il valore massimo dello spostamento offribile dall'edificio al sisma, si ottiene in corrispondenza di un valore del taglio che ha subito un decadimento del 20% dal valore di picco. In base alla curva di capacità del sistema reale così definita, si deve passare alla bilatera associata al sistema equivalente; nota la quale, si identifica il periodo del sistema a un grado di libertà, il cui comportamento permette di individuare la richiesta in spostamento del sisma.

L'osservazione pratica dei danni sulle strutture esistenti, ha portato alla formulazione del macroelemento muratura come elemento che nella sua parte centrale coglie il comportamento a taglio e che nelle zone periferiche il comportamento a pressoflessione.

Macroelemento

Punto di forza di 3Muri è il metodo di calcolo innovativo, (FME - Frame by Macro Element) che schematizza la struttura attraverso un telaio equivalente costituito da un particolare tipo di elemento, detto macroelemento (Figura 23).

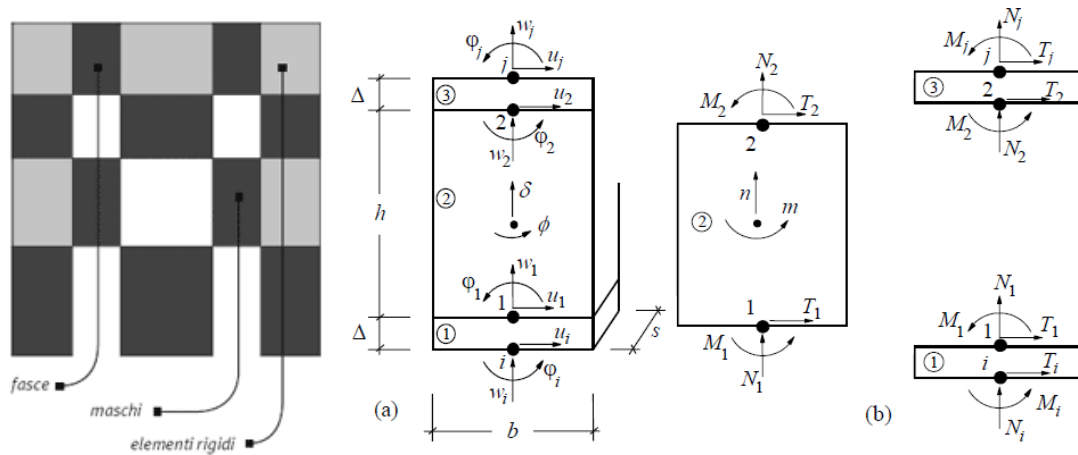


Figura 23: Schematizzazione in macroelementi Maschi Nodi e Fasce.

La costruzione di un macroelemento, rappresentativo di un intero pannello murario, deve permettere la formulazione di equazioni d'equilibrio che coinvolgano un numero limitato d'incognite e deve poter rappresentare un modello cinematico capace di cogliere i meccanismi elementari di deformazione, danneggiamento e dissipazione delle strutture murarie.

Si consideri un pannello di larghezza b e spessore s costituito di tre parti: la deformabilità assiale sia concentrata nei due elementi di estremità 1 e 3 di spessore infinitesimo Δ , infinitamente rigidi ad azioni taglianti, e la deformabilità tangenziale sia situata nel corpo centrale 2 di altezza h che, viceversa, è indeformabile assialmente e flessionalmente.

Il modello cinematico completo per il macroelemento deve, quindi, contemplare i tre gradi di libertà dei nodi i e j e quelli dei nodi di interfaccia 1 e 2.

Le ipotesi di rigidità introdotte consentono di semplificare la cinematica del macroelemento imponendo opportune condizioni di congruenza all'interno delle singole sottostrutture 1, 2 e 3. Avendo indicato con w gli spostamenti assiali, con u quelli trasversali e con ϕ le rotazioni, si può affermare che : $u_1 = u_i$; $u_2 = u_j$ (infatti i corpi 1 e 3 hanno rigidità tagliante infinita e spessore Δ tendente a zero) e $w_1 = w_2 = \delta$; $\phi_1 = \phi_2 = \phi$

(il corpo centrale è assialmente e flessionalmente rigido e rappresentano rispettivamente lo spostamento assiale e la rotazione).

Dal punto di vista cinematico il modello è quindi descritto da otto gradi di libertà: le sei componenti di spostamento dei nodi di estremità ($u_i, w_i, \varphi_i, u_j, w_j, \varphi_j$) e le due componenti del macroelemento (δ e ϕ).

Il meccanismo di ribaltamento del pannello, favorito dall'assenza di una significativa resistenza a trazione del materiale, viene rappresentato ipotizzando un contatto elastico monolatero nelle interfacce 1 e 3, mentre il meccanismo di rottura a taglio è schematizzato, considerando uno stato di tensione uniforme nel modulo centrale 2 (si assume $T_i = T_j$), attraverso un legame tra le componenti cinematiche u_i, u, ϕ , lo stato tensionale e le variabili descrittive del comportamento plastico (il grado di danneggiamento α e lo scorrimento plastico γ_p). Il danneggiamento per fessurazione sulle fasce diagonali, dove si verificano meccanismi di taglio-scorrimento, è, infatti, rappresentabile mediante la componente anelastica di spostamento γ_p che si attiva quando viene superata una condizione limite per attrito alla Coulomb. Il legame Gambarotta-Lagomarsino consente di descrivere, attraverso le variabili α e γ_p , l'evoluzione ciclica del degrado di rigidità e del deterioramento della resistenza associato al progressivo danneggiamento a taglio (Gambarotta et al., 1996; Galasco, 2001).

Nelle due estremità dell'elemento è concentrato il comportamento a flessione: le relazioni che legano la normale di compressione N ed il momento M alle componenti di spostamento w e φ derivano direttamente dalle equazioni elastiche di legame. Fintanto che il centro di pressione risulta interno al nocciolo centrale d'inerzia non si verifica la parzializzazione della sezione di estremità del pannello.

Definizione dello spostamento ultimo (drift) per il macroelemento

Il legame precedentemente descritto viene completato dall'inserimento di un meccanismo di collasso: coerentemente con la NTC2008 si è stabilito di definire deformazioni massime (drift) accettabili per il pannello, dovuti ai meccanismi di taglio e pressoflessione. Se questi valori vengono superati, il pannello non è più considerato in grado di sopportare azioni orizzontali.

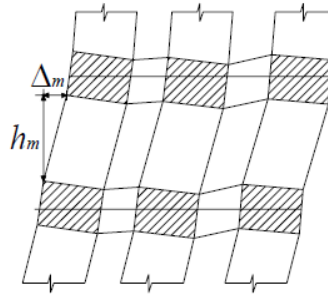


Figura 24: Schema determinazione drift

Nel caso di analisi su edifici esistenti in muratura, questi parametri assumono i valori in seguito riportati:

$$\delta_m^{DL} = \frac{\Delta_m}{h_m} = \delta_u \begin{cases} 0.004 \text{ Taglio} \\ 0.006 \text{ Pressoflessione} \end{cases} \quad (28)$$

Tali drift vengono considerati separatamente all'interno del macroelemento considerando gli spostamenti e le rotazioni corrispondenti alla porzione centrale (in cui si concentra la deformabilità a taglio) ed alle porzioni di estremità (in cui si ha la pressoflessione).

$$\delta^{Taglio} = \frac{(u_i - u_j)}{h} + \varphi_e \quad (29)$$

$$\delta^{Pressoflessione} = \frac{(\varphi_i - \varphi_j)}{2} + \varphi_e \quad (30)$$

Il superamento di tali limiti comporta la pressoché totale perdita di resistenza flessionale e tagliente del pannello, che conserva una sia pur ridotta rigidità assiale (diviene pertanto una biella).

Il meccanismo di pressoflessione è affrontato, in modo rigoroso, considerando l'effettiva ridistribuzione delle compressioni dovute sia alla parzializzazione della sezione, sia al raggiungimento della resistenza massima a compressione. Lo spostamento ultimo associato al meccanismo di pressoflessione è determinato sulla base del valore massimo di drift previsto per questo meccanismo dalla normativa considerata.

Il meccanismo di taglio è descritto da un modello alla Mohr-Coulomb che, attraverso il legame Gambarotta-Lagomarsino, riesce a cogliere il progressivo degrado di resistenza e rigidità dell'elemento, attraverso le grandezze descrittive del danneggiamento. Tale legame, in virtù della sua formulazione incrementale, è capace di modellare un comportamento isteretico, ovvero può descrivere un ciclo di carico-scarico del pannello (questa formulazione è necessaria per poter effettuare analisi dinamiche non lineari o push-over cicliche). La deformazione ultima a taglio è determinata sulla base del valore massimo di drift previsto dalla normativa considerata.

Modellazione:

La modellazione tridimensionale implementata è diretta conseguenza dell'osservazione del comportamento di edifici reali e di prove sperimentali che hanno permesso di introdurre alcune ipotesi sul funzionamento strutturale delle costruzioni in muratura.

Come già evidenziato precedentemente, i meccanismi di danno osservati negli edifici possono essere suddivisi in due categorie a seconda del tipo di risposta delle pareti e del loro mutuo grado di connessione: i cosiddetti meccanismi di primo modo, in cui sono coinvolte pareti o porzioni di esse sollecitate ortogonalmente al proprio piano, e di secondo modo in cui la parete risponde all'azione sismica nel proprio piano.

Operazione preliminare al fine di una corretta simulazione è la comprensione e l'identificazione della struttura resistente ai carichi verticali ed orizzontali all'interno della costruzione in muratura: tali elementi tipicamente sono costituiti dalle pareti e dagli orizzontamenti.

Alle pareti si attribuisce il ruolo di elementi resistenti, sia nei riguardi dei carichi verticali sia orizzontali; agli orizzontamenti invece si riconosce il ruolo di riportare alle pareti i carichi verticali gravanti su di essi e di ripartire, come elementi di irrigidimento di piano, le azioni orizzontali sulle pareti di incidenza.

Nei riguardi delle azioni orizzontali la modellazione adottata trascura il contributo resistente delle pareti in direzione ortogonale al proprio piano, data la notevole flessibilità.

I meccanismi di collasso fuori piano non sono quindi modellati, ma questo, tuttavia, non rappresenta un limite in quanto si tratta di fenomeni legati alla risposta locale delle singole pareti di cui, con opportuni accorgimenti ed interventi puntuali, si può limitare decisamente l'insorgenza.

Analogamente non viene simulata la risposta flessionale dei solai, significativa per la loro verifica di resistenza, ma trascurabile ai fini della risposta globale; i carichi sui solai sono ripartiti sulle pareti in funzione della direzione di orditura e delle aree di influenza. Il solaio contribuisce invece come lastra dotata di opportuna rigidezza di piano.

2.7.3 FASI DI CALCOLO

Come riportato nello schema (Figura 25) le operazioni di introduzione dei dati e di controllo dei risultati si suddividono in tre fasi principali.

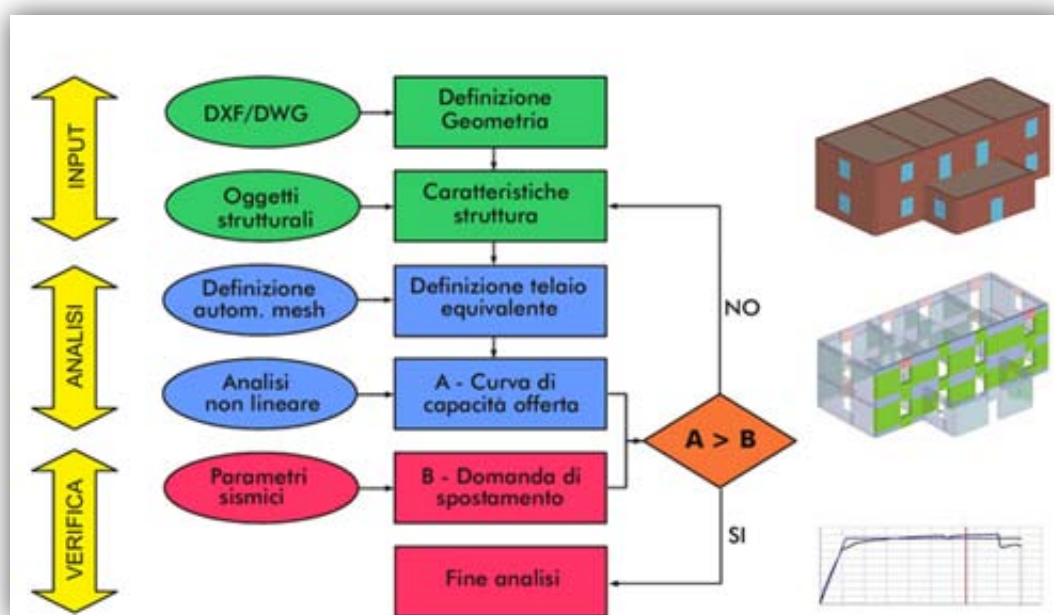


Figura 25: Fasi di calcolo di 3Muri.

2.7.4 INPUT FASE I

Definizione geometria

Le caratteristiche geometriche della struttura, cioè la disposizione in pianta delle pareti e le altezze dei piani costituiscono un supporto di base per l'inserimento degli "oggetti strutturali" trattati nella fase seguente.

Le caratteristiche geometriche, principalmente rappresentate da elementi lineari, sono introdotti in modo grafico direttamente o lucidando un file in formato DXF o DWG.

La costruzione del modello viene eseguita in modo interattivo, introducendo graficamente la struttura e controllando in ogni momento i dati ed i risultati.

La prima fase prevede l'input completamente grafico della struttura attraverso "oggetti strutturali": pannelli di muratura, travi e pilastri in c.a., acciaio, legno, muratura, catene, cordoli.

Sono calcolati in automatico parametri fondamentali per l'analisi "push-over" come la flessibilità dei solai prendendo in conto le diverse tipologie (solai in legno, in acciaio e laterizio, in c.a. semplici o incrociati, volte, ecc.).

Il modello viene completato con i carichi introdotti direttamente sui solai, i vincoli, le caratteristiche del terreno.

L'Analisi dei carichi ed azione sismica

I carichi vengono introdotti direttamente sui solai.

Il peso proprio delle murature è calcolato in automatico mentre i carichi dei solai, suddivisi tra permanenti e variabili, sono ripartiti automaticamente sulle murature su cui appoggiano secondo la loro reale disposizione, monodirezionale o bidirezionale.

Inserite le caratteristiche del territorio (zona sismica e categoria del suolo di fondazione), le azioni sulla struttura vengono assegnate automaticamente, tramite forze sui nodi delle pareti portanti, a partire dai pesi propri delle pareti stesse e dai carichi uniformemente distribuiti sugli orizzontamenti.

Caratteristiche struttura

La struttura è costituita da "oggetti strutturali" che determinano gli elementi resistenti.

Gli oggetti previsti sono principalmente pannelli di muratura verticali con eventuali rinforzi (catene, cordoli, pilastri), solai per la ripartizione delle azioni orizzontali, elementi

lineari (travi, pilastri) nelle varie tipologie di materiali (c.a., acciaio, legno). Ogni oggetto è caratterizzato dal materiale e da ulteriori parametri geometrici (spessore, caratteristiche d'inerzia, proprietà resistenti).

Inoltre lesioni e dissesti possono essere inclusi nella modellazione, adottando opportune condizioni di vincolo ovvero riduzioni della continuità strutturale.

2.7.5 ANALISI FASE II

L'analisi di 3muri si concentra nella ricerca del comportamento "globale" della struttura, superando quindi la verifica puntuale. Seguendo le indicazioni della Normativa, la risposta strutturale è descritta in termini di spostamenti piuttosto che di forze, tenuto conto della maggiore sensibilità del danneggiamento agli spostamenti imposti. L'analisi statica non lineare (pushover) caratterizza il sistema sismico resistente tramite curve di capacità: analisi "statiche" in quanto la forzante esterna è applicata staticamente alla struttura e "non lineari" a causa del modello comportamentale assunto per gli elementi resistenti della struttura.

Definizione telaio equivalente

A partire da geometria ed oggetti strutturali inseriti vengono ricavati i dati per l'analisi secondo il modello 3Muri, cioè il telaio equivalente.

Divisa la parete in tratti verticali corrispondenti ai vari piani e nota l'ubicazione delle aperture, vengono determinate le porzioni di muratura, maschi murari e fasce di piano, in cui si concentrano deformabilità e danneggiamento (come è verificabile dalle osservazioni dei danni di sismi reali, da simulazioni sperimentali e numeriche) e che vengono modellate con i macroelementi finiti bidimensionali, rappresentativi di pannelli murari, a due nodi con tre gradi di libertà per nodo (u_x , u_z , rot_y) e due gradi di libertà aggiuntivi interni.

Le restanti porzioni di parete vengono dunque considerate come nodi rigidi bidimensionali di dimensioni finite, a cui sono connessi i macroelementi; questi ultimi trasmettono, ad ognuno dei nodi incidenti, le azioni lungo i tre gradi di libertà del piano. Nella descrizione di una singola parete i nodi sono individuati da una coppia di coordinate (x, z) nel piano della parete e dalla quota z corrispondente a quelle degli orizzontamenti; i gradi di libertà di cui disporranno saranno unicamente u_x , u_z , rot_y (nodi bidimensionali).

Grazie a questa suddivisione in nodi ed elementi, il modello della parete diviene quindi del tutto assimilabile a quello di un telaio piano.

Il risultato di questa analisi è la presentazione di una mesh che schematizza maschi, fasce, travi, tiranti e pilastri. Questi elementi possono ancora essere modificati manualmente per tener conto di situazioni particolari.

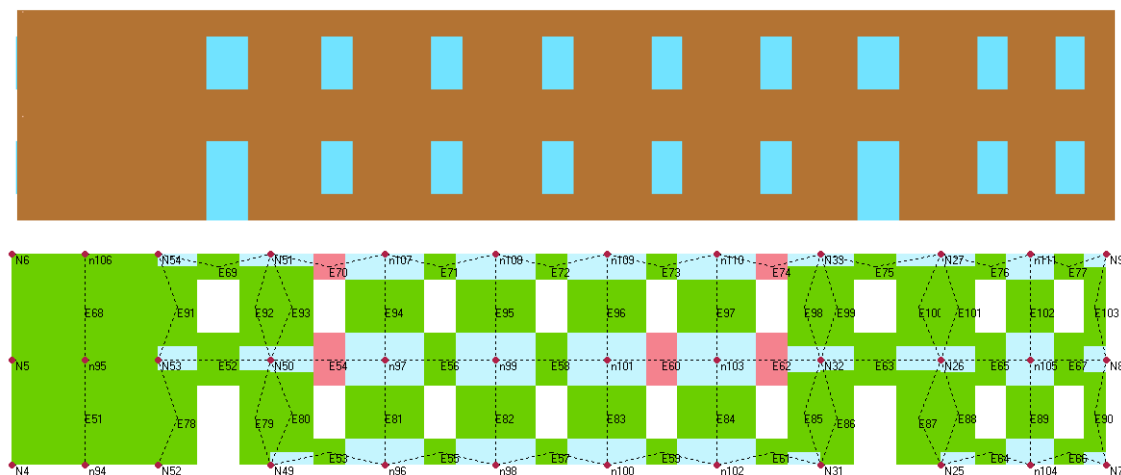
Meshatura automatica del modello

Definita la geometria strutturale dell'edificio, come assemblaggio di pannelli murari, un algoritmo riconosce le connessioni tra di essi e provvede ad identificare automaticamente maschi, fasce e nodi.

Il programma permette la determinazione automatica del telaio equivalente suddividendo i pannelli murari in elementi rigidi, maschi, fasce e creando la struttura da analizzare.

Grazie ad un meshatore evoluto, sono presi in esame situazioni anche molto complesse con risultati sempre ingegneristicamente corretti. La struttura introdotta sopra è automaticamente schematizzata con il telaio equivalente tenendo conto delle aperture, delle pareti confinanti dei vincoli esterni con la determinazione automatica di maschi, fasce ed elementi rigidi.

La Figura 26 seguente rappresenta il modello geometrico introdotto dall'utente, a seguito di meshatura automatica, con l'individuazione di maschi, fasce, elementi rigidi e la presentazione del telaio equivalente.



Analisi non lineare

Quest'analisi è condotta aumentando in modo monotono i carichi e ricavando lo spostamento orizzontale della struttura.

Superando un valore convenzionale di spostamento, calcolato automaticamente, si considera la struttura collassata e si può costruire la curva Forza orizzontale – Spostamento orizzontale, che rappresenta la Curva di capacità offerta, cioè il comportamento della struttura al variare dei carichi orizzontali.

Da notare che questa curva è indipendente dal terremoto, in quanto si tratta di una caratteristica intrinseca della struttura, funzione solo di geometria e caratteristiche di resistenza del materiale.

Esecuzioni analisi

Il programma prevede 24 condizioni di carico e quindi 24 push-over per tener conto del sisma secondo X e Y nei due versi e delle eccentricità accidentali richieste da normativa. In questa fase viene eseguito il calcolo con la normativa scelta.

La distribuzione delle forze sismiche è proporzionale alle masse o al primo modo di vibrare.

La curva di capacità portante può essere tracciata riferendosi allo spostamento di uno specifico nodo di controllo o allo spostamento medio di piano.

2.7.6 VERIFICA FASE III

Come indicato nello schema la verifica è realizzata tramite il confronto tra domanda di spostamento e spostamento offerto.

Eseguita l'analisi, l'utente ha la possibilità di esaminare qualsiasi parametro della risposta della costruzione, al fine di una adeguata comprensione del comportamento strutturale, anche per progettare al meglio gli eventuali interventi di adeguamento o miglioramento sismico.

Curva push-over

Il post-processor consente anche una verifica in forma automatica della struttura. Nel caso di analisi lineari (statica o dinamica modale) vengono verificati singolarmente tutti gli elementi.

Risultato dell'analisi statica non lineare è la curva push-over, taglio alla base – spostamento di un nodo di controllo. Dalla curva così ottenuta viene definita la bilineare equivalente ed effettuata la verifica sismica globale dell'edificio.

Il modello danneggiato e l'evoluzione del danneggiamento

Per ottenere una chiara rappresentazione del danneggiamento della struttura è possibile presentare l'evoluzione anche in modalità 3d, evidenziando in questo modo le parti con lo stato raggiunto.

Dopo aver effettuato l'analisi push-over è possibile visualizzare l'andamento del danneggiamento nella struttura, secondo il procedimento di carico previsto. Spostando infatti il cursore che indica la storia di carico, si ottiene l'animazione della propagazione del danno della struttura.

L'output grafico del programma permette di visualizzare la configurazione deformata dei solai e delle singole pareti ai vari passi di carico, evidenziando il grado di danneggiamento nei macroelementi, sono tabellati i risultati numerici delle analisi (frequenze dell'analisi modale, spostamenti dei nodi, etc.).

Per ogni analisi dinamica è possibile ottenere una storia temporale degli spostamenti nei nodi o degli altri parametri significativi dell'analisi (drift di interpiano, danneggiamento e rottura degli elementi, sollecitazioni), individuando automaticamente i valori massimi e minimi.

CAPITOLO 3 : ESAME DEI CASI DI STUDIO

3.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO

Torre Del Greco, Comune urbano situato a circa 14 km da Napoli, ha una superficie territoriale complessiva di 3.066 ha. Si estende tra il Vesuvio ed il mare Tirreno, confinando ad oriente con i Comuni di Torre Annunziata e Trecase, ad occidente con Ercolano (Figura 27).

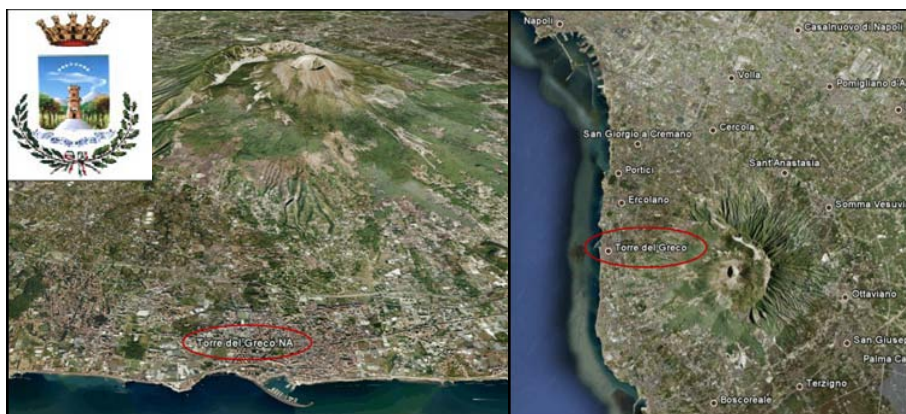


Figura 27: Vista satellitare di Torre del Greco tramite ©2009 Google Earth.

Il territorio comunale, inserito nel più ampio contesto della conurbazione costiera, che va dalla zona orientale di Napoli fino a Castellammare di Stabia, si presenta, fatta eccezione per il cono del Vesuvio, fortemente edificato e densamente abitato, ma non adeguatamente infrastrutturato, con gravi problemi derivanti da rischi naturali (sismici e vulcanici) e dall'assetto insediativo e produttivo. Il centro urbano presenta notevoli squilibri funzionali e le aree periferiche manifestano, soprattutto nell'ambito delle realizzazioni dell'edilizia economica e popolare, un deficit di dotazione d'attrezzature e servizi. In molti ambiti del territorio cittadino, in particolare nei quartieri della zona mare del "centro storico" e nelle aree destinate ad edilizia economica e popolare, la percezione avvertita è quella di un ambiente poco attrattivo e poco fruibile ed accessibile, caratterizzato da un diffuso degrado del tessuto urbano ed edilizio, nonché sociale. Morfologicamente il territorio comunale, compreso fra il culmine del cono del Vesuvio - a quota 1186 - ed il livello del mare, presenta una pendenza che gradualmente diminuisce dal monte alla costa e un'altitudine

media di 43 metri sul livello del mare. La conformazione orografica del territorio comunale si presenta nel suo complesso molto eterogenea, determinata com'è dalla vicinanza del Vesuvio, che con le sue ricorrenti e molteplici eruzioni ha, nel corso dei secoli, continuativamente mutato la natura dei luoghi. Infatti la natura del terreno si trasforma sensibilmente nel passaggio dalle balze vesuviane, dove dominano le lave antiche e recenti, alle colline (Montedoro, Camaldoli), ricche di ceneri e lapillo ed al piano agricolo, compreso fra l'autostrada ed il mare, in cui strati ben sedimentati di terreno poggiano su di una piattaforma effusiva di relativa antica formazione. La parte più antica dell'abitato, a ridosso della zona portuale, densamente costruita ed abitata, è situata in posizione eccentrica rispetto all'intero territorio comunale, mentre le aree periferiche, ad oriente, in direzione di Torre Annunziata, sono localizzate nello stretto corridoio compreso tra la zona pedemontana ed il mare. La fascia pedemontana, costituita da un'ampia area collinare alle pendici del Vesuvio di particolare pregio paesaggistico ambientale, inizia a partire dalla quota 250 s.l.m. La parte bassa del territorio, variamente articolata e digradante verso il mare, è racchiusa in uno stretto corridoio posto a monte e a valle della ss. 18 – Tirrena Inferiore. Nella parte bassa troviamo anche le grandi aree di estrazione della pietra vesuviana, allo stato dismesse, che costituiscono un'emergenza di rilevante valore paesaggistico ambientale.

3.2. CASO DI STUDIO

Oggetto dell' analisi saranno cinque scuole elementari del comune di Torre del Greco realizzate principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrate.

Inoltre si elencano i nomi, gli indirizzi e il periodo di realizzazione delle scuole elementari analizzate :

- *G. Mazza*

Indirizzo Via Vittorio Veneto, 1

- *N.Sauro*

Indirizzo Via Circumvallazione, 184

- *Leopardi-Campanariello*

Indirizzo V. Cupa Campaniello, 5

Queste prime tre scuole risalgono come anno di realizzazione approssimativamente tra il 1919 ed il 1945.

- *Chiazzolelle*

Indirizzo Via Chiazzolelle, 3

- *G.Orsi*

Indirizzo Via Lava Troia, 14

Queste ultime due scuole risultano un po' più moderne e risalgono come anno di realizzazione approssimativamente tra il 1946 ed il 1960.

Nei paragrafi successivi di cui ognuno è dedicato ad una delle 5 scuole si riportano le analisi, nei rispettivi sottoparagrafi, con i tre metodi e precisamente per prima si applicherà quello speditivo della scheda GNDT II livello successivamente quelli meccanici semplificati: VM e FaMIVE rispettivamente.

Infine nel capitolo successivo si procederà con l'analisi del software 3Muri.

3.2.1 NORMATIVA UTILIZZATA

Nel capitolo precedente nelle spiegazioni generali dei diversi metodi di analisi sismica, da quello semplificato ai metodi meccanici, si nota che questi differiscono anche per normativa considerata, tranne che per il software 3Muri, che ha la possibilità di considerare diverse normative.

Quindi si è cercato nell'ottica del confronto dei risultati ottenuti e di una validazione metodologica di uniformare i valori dei parametri meccanici e dei carichi connessi allo stato limite considerato. Infatti sebbene il rilievo geometrico delle scuole esaminate possa considerarsi affidabile, le forti incertezze nella determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali.

La normativa che risulta contemplare meglio quelle richieste è la Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

3.2.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

Si riportano le tabelle ed i punti salienti considerati della normativa :

Livelli di conoscenza

Livello di conoscenza LC1 si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi ed indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali. Il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1.35$.

Per le resistenze si considerano i minimi degli intervalli riportati in Tabella 4 per la tipologia muraria in considerazione.

Per i moduli elastici si prendono i valori medi degli intervalli riportati nella Tabella 4.

Tabella 4: Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w (kN/m ³)
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

f_m = resistenza media a compressione della muratura,

τ_0 = resistenza media a taglio della muratura,

E = valore medio del modulo di elasticità normale,

G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,

w = peso specifico medio della muratura.

Il coefficiente parziale è di sicurezza γ_M sulla resistenza a compressione della muratura, comprensivo delle incertezze di modello e di geometria, fornito dalla Tabella 5, in funzione delle classi di esecuzione e degli elementi resistenti utilizzati di categoria I o di categoria II.

Tabella 5

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

Nell'analisi delle strutture scolastiche oggetto di indagine faremo riferimento a muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite ecc.)

$$LC1 \text{ FC}=1.35$$

$$f_m = 1400 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_0 = 28 \text{ kN/m}^2$$

$$E = 1080000 \text{ kN/m}^2$$

$$G = 360000 \text{ kN/m}^2$$

$$w = 16 \text{ kN/m}^3$$

Date tutte le incertezze legate all'analisi di una struttura la cui esecuzione risale a circa 80 anni si considerano i valori di categoria II e classe di esecuzione 1 che implicano la presenza di qualsiasi tipo di malta e nessun controllo di conformità sugli elementi per muratura. Pertanto risulta $\gamma_M = 2,5$

E' interessante infine sottolineare che la Normativa a cui fa riferimento il metodo VM è quella del 14 maggio 1981 n. 219 art.10 - tabella 1 par. 3.1 - oppure il Decreto Ministeriale del 20 novembre 1987 - par. 2.3 la quale prescrive che per avere i valori di rottura bisogna semplicemente moltiplicare quelli medi per i relativi coefficienti di sicurezza parziale. Date le analogie con la nuova normativa si considerano i suddetti valori di rottura secondo i coefficienti della NTC2008.

Nella Tabella 6 che segue sono riassunte tutte le caratteristiche meccaniche considerate:

Tabella 6: Caratteristiche meccaniche
medie e di rottura

Tufo giallo napoletano	
LC1	FC = 1.35
Resistenze medie	
f_m (kN/mq)	= 1400
τ_0 (kN/mq)	= 28
E (kN/mq)	= 1080000
G (kN/mq)	= 360000
Coefficienti sicurezza muratura	
categoria II classe 1	
γ_M	= 2.5
Resistenze a rottura	
σ_k (kN/mq)	= 3500
τ_k (kN/mq)	= 70
w (kN/mc)	= 16

3.2.3 COMBINAZIONI DI CARICO E AZIONI SISMICHE

Essendo questa una verifica di strutture esistenti si procede considerando una combinazione di carico sismica allo stato limite ultimo.

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (31)$$

Dove :

E indica azione sismica;

G_1 e G_2 indicano rispettivamente carichi permanenti strutturali e non;

Q_{ki} indicano l'azione variabile;

ψ_{2i} rappresenta il coefficienti di combinazione assunto pari a 0,6 essendo in categoria C : scuola elementare ambiente suscettibile di affollamento (Tabella 7).

Tabella 7: Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU saranno:

$$\gamma_{G1} = 1$$

$$\gamma_{G2} = 0$$

$$\gamma_{Qi} = 1$$

Azioni sismiche

Scuole : si considera tipo di costruzione 2 vita nominale 50 anni (Tabella 8): Opere ordinarie di importanza normale.

Tabella 8: Vita nominale V_N per diversi tipi di opere.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Classe d'uso III che implica un $C_u=1.5$ (Tabella 9) costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.

Tabella 9: Valori del coefficiente d'uso.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Quindi il periodo di riferimento per l'azione sismica V_R :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (32)$$

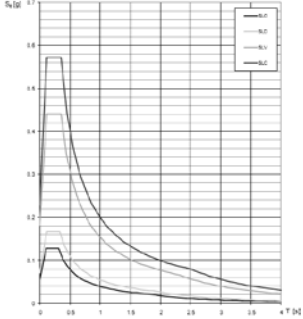
Tabella 10: Probabilità P_{VR} superamento stato limite considerato

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

In Tabella 11 sono elencati i valori considerati e tramite l'allegato B alle NTC2008 sono calcolati i diversi valori di periodo di ritorno T_R , $a_g(g)$ ecc. per il comune di Torre del Greco.

Tabella 11: NTC2008 allegato B a sinistra e grafico Spettri di risposta a destra

NTC 2008						
Tipi di costruzione "2"	Classe d'uso III	Periodo di rif. Azione sismica				
$V_N(\text{anni})$	C_u	$V_R(\text{anni})$				
50	1.5	75				
NTC 2008 Spettro Allegato B				Torre del Greco		
stato limite	P_{VR}	$T_R(\text{anni})$	$a_g(g)$	F_0	$T_C^*(s)$	
esercizio	SLO	0.81	45	0.05	2.35	0.31
	SLD	0.63	75	0.07	2.35	0.33
ultimo	SLV	0.10	712	0.18	2.43	0.35
	SLC	0.50	1462	0.23	2.51	0.35



Quindi si considera Suolo tipo B. Per le verifiche si adotterà per la componente orizzontale lo spettro elastico SLE per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV (Tabella 12).

Tabella 12: Spettro elastico SLV NTC2008 Torre del greco

NTC 2008				
Suolo tipo B				
Stato limite	S_s	T_B	T_C	T_D
SLO	1.2	0.14	0.43	1.82
SLD	1.2	0.15	0.45	1.89
SLV	1.2	0.16	0.47	2.33
Spettro di progetto elastico			$T(s)$	$S_e(g)$
SLV		-	0	0.22
		T_B	0.16	0.53
Componente orizzontale		T_C	0.47	0.53
Smorzamento $\xi = 5\%$		T_D	2.33	0.11

Nel applicazione del metodo VM la vulnerabilità sismica dell'edificio viene valutata in termini di accelerazione di picco a terra che produce il raggiungimento dei due livelli prestazionale considerati: l'operatività e il collasso. Quindi si riporta rispetto alla NTC2008 i suddetti stati limite:

Stati limite

Gli stati limite di esercizio sono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

3.2.4 ANALISI DEI CARICHI:

Questa analisi dei carichi risulta unica per tutte e 5 le scuole elementari data la loro analogia per periodo di costruzione, comune di appartenenza, materiali impiegati, e tipologia dei solai.

Di seguito sono calcolati i pesi dei solai a mq sia di interpiano che di copertura considerando che, dopo un'attenta osservazione e ispezione in loco, i solai sono realizzati in putrelle e tavelloni di spessore di circa 30 cm con luci variabili fino a 7m ed interasse variabile di circa 1m (Figura 28).

Si riporta quindi l'analisi dei carichi di un solaio tipo di interpiano (Tabella 13) e di copertura (Tabella 14)

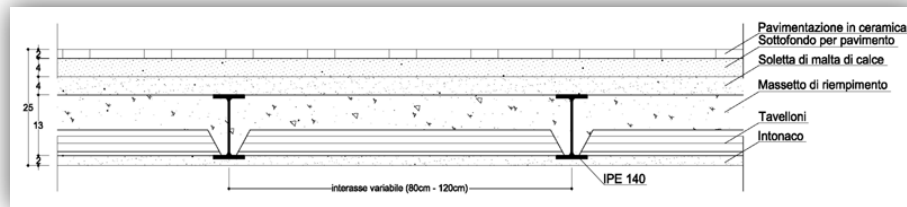


Figura 28: Solaio tipo putrelle e tavelloni.

Tabella 13: Analisi dei carichi solaio di interpiano

Solaio interpiano carichi a mq			
Analisi dei carichi Solaio	pesi	carichi a mq	
IPE 140÷200 interasse 1m	$(0.129+0.224)/2$	0.18	kN/m
Tavelloni (h=7cm)	8 kN/mc x 0,07m	0.56	kN/mq
Massetto di riempimento (h=4cm)	13 kN/mc x 0,07m	0.91	kN/mq
Soletta malta di calce (h=4cm)	18 kN/mc x 0,04 m	0.72	kN/mq
Sottofondo per pavimento (h=4cm)	18 kN/mc x 0,04 m	0.72	kN/mq
Pavimento	0.4 kN/mq	0.40	kN/mq
Intonaco (spessore=1.5cm)	0.3 kN/mq	0.30	kN/mq
Quota tramezzi		1.00	kN/mq
Totale G_k		4.79	kN/mq

Tabella 14: Analisi dei carichi solaio di copertura

Solaio di copertura praticabile carichi a mq			
Analisi dei carichi Solaio	pesi	carichi a mq	
IPE 140÷200 interasse 1m	$(0.129+0.224)/2$	0.18	kN/m
Tavelloni (h=7cm)	8 kN/mc x 0,07m	0.56	kN/mq
Soletta malta di calce (h=4cm)	18 kN/mc x 0,04 m	0.72	kN/mq
Intonaco (spessore=1.5cm)	0.3 kN/mq	0.30	kN/mq
Impermeabilizzante	10 kN/mq	0.10	kN/mq
Massetto delle pendenze (h=5cm)	18 kN/mc x 0,05 m	0.90	kN/mq
Totale G_k		2.76	kN/mq

Analizzando i valori appena calcolati si sceglie di approssimare per eccesso per entrambi i solai il carico permanente G_k e precisamente 5kN/mq per l'interpiano e 3kN/mq per la copertura.

Inoltre si riportano i valori dei sovraccarichi (Tabella 15) dedotti dalla NTC2008 per le diverse categorie di edifici.

Tabella 15: Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Quindi scuola categoria C1: ambiente suscettibile di affollamento.

$$q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

Si riporta in Tabella 16 un riepilogo delle caratteristiche generali (carichi, numero di piani, altezza d'interpiano, ecc.) di seguito calcolate delle 5 scuole elementari.

Tabella 16: Caratteristiche generali scuole elementari

Scuole	h m	w kN/mc	G_{solaio} kN/mq	$G_{\text{copertura}}$ kN/mq	Q kN/mq	ψ_2	piani
G.Mazza	5.1	16	5	3	3	0.6	3
N.Sauro	5.0	16	5	3	3	0.6	2
Campanariello	3.0	16	5	3	3	0.6	2
Chiazzolelle	3.0	16	5	3	3	0.6	2
G.Orsi	4.0	16	5	3	3	0.6	2

3.3. I CASO DI STUDIO: SCUOLA GIOVANNI MAZZA

3.3.1 DESCRIZIONE GENERALE

La scuola elementare Giovanni Mazza (Figura 29) sita in via Vittorio Veneto 1, la sua realizzazione risale approssimativamente al periodo fascista 1919-1945 e risulta costituita principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrata. Inoltre si sviluppa su tre piani di superficie coperta di circa 1200mq con altezza di interpiano di 5,1m, ed è dotata di copertura piana praticabile accessibile solo per interventi di manutenzione.



Figura 29: Scuola G.Mazza visione satellitare e facciata principale

La suddetta struttura è caratterizzata al suo esterno dalla presenza una scala antincendio in acciaio e di una vistosa canna fumaria (Figura 30).



Figura 30: Particolari esterni scuola G.Mazza : canna fumaria e scala antincendio.

Inoltre nella scuola è presente un corridoio composto da archi e volte a crociera senza catene (Figura 31).



Figura 31: Particolare del corridoio con volte a crociera della scuola G.Mazza

Da un'osservazione dall'esterno si nota che la scuola è interessata da un evidente quadro fessurativo su tutte le facciate (Figura 32).



Figura 32: Particolari esterni scuola G.Mazza :Diffuse lesioni degli intonaci.

Da un'osservazione degli interni si notano lievi lesioni che fanno pensare ad uno schiacciamento della muratura soggette allo scarico delle putrelle (Figura 33).



Figura 33: Particolari degli interni scuola G.Mazza :Lesioni da schiacciamento della muratura

Infine non risulta eseguito nessun intervento di adeguamento sismico fino ad oggi.

Descrizione geometrica:

Si riportano di seguito (Figura 34) la visuale dal satellite della scuola oggetto di analisi.

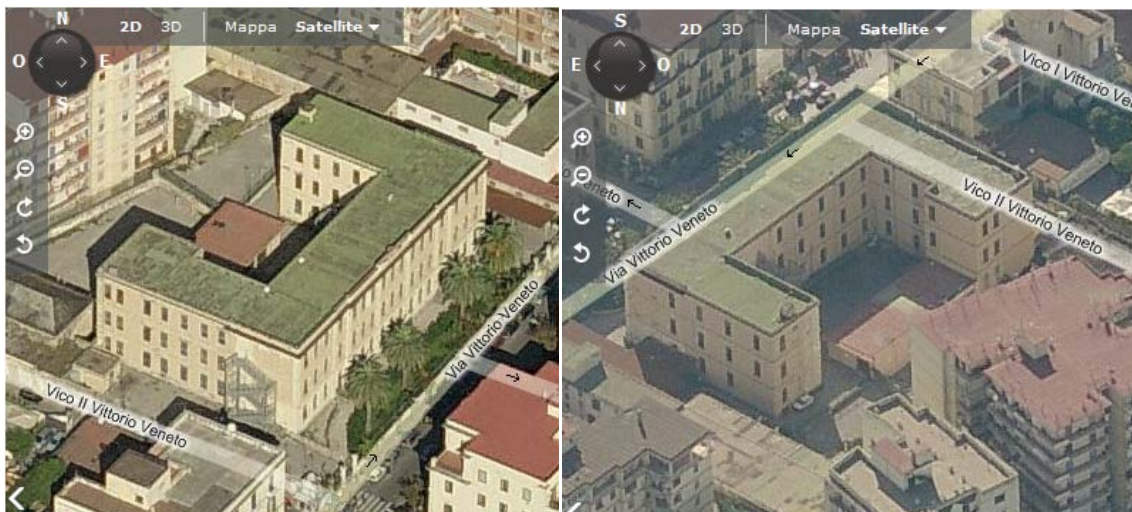


Figura 34 : Visuale dal satellite in 3D della scuola G.Mazza da “Bing © 2009 Microsoft”

Si riportano di seguito (Figura 35) la pianta del piano terra rialzato.

Le piante del primo e secondo piano sono identiche al piano terra dal punto di vista della disposizione mentre differiscono per la parte colorata in grigio in Figura 35 che è presente solo al piano terra e naturalmente per lo spessore delle murature portanti che vanno di piano in piano rastremandosi.

Nelle piante che seguono sono numerati in rosso i maschi murari (numerazione necessaria per identificare le pareti per applicare il metodo VM), inoltre sono evidenziate in verde le orditure dei solai.

Infine viene riportato in pianta sia l'orientamento della scuola rispetto al nord che la numerazione delle 8 facciate che compongono il perimetro della scuola (numerazione necessaria per applicare la procedura FaMIVE).

SCUOLA "G.MAZZA"

PIANTA PIANO TERRA
PIANTA I E II PIANO

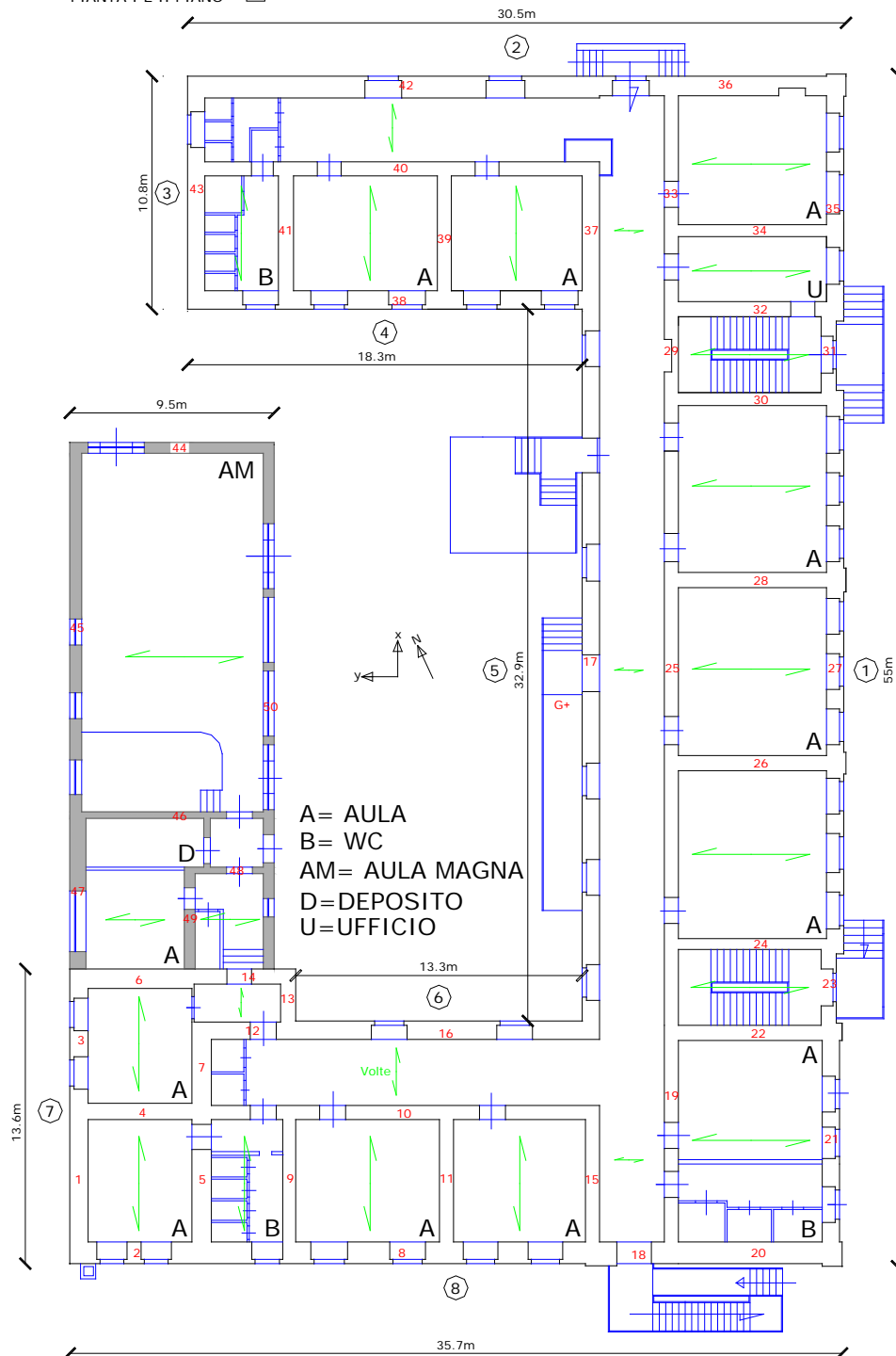


Figura 35: Scuola G.Mazza Pianta

3.3.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO

Il primo metodo applicato è quello speditivo: scheda GNDT II livello.

Il piano da prendere in considerazione (piano di verifica) è quello che si trova nelle condizioni più sfavorevoli dal punto di vista della resistenza alle azioni orizzontali ed è generalmente il primo piano fuori terra.

La suddetta scheda è composta da 11 parametri che di seguito verranno elencati con i valori considerati per la suddetta scuola :

1.Tipo ed organizzazione del sistema resistente:

Classe C: Edifici che, pur non presentando cordoli o catene a tutti i livelli, sono costituiti da pareti ortogonali ben ammassate fra loro.

2.Qualità del sistema resistente:

Classe B: Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare. Bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli oppure come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni.

3.Resistenza convenzionale:

Classe B: Edifici con $0.6 \leq \alpha < 1$ cioè:

Nell'ipotesi di un perfetto comportamento scatolare la valutazione della resistenza di un edificio in muratura alle azioni sismiche può essere condotta col ragionevole affidabilità. Il procedimento di seguito riportato rappresenta una necessaria semplificazione e richiede il rilevamento dei dati di seguito specificati, relativi al piano di verifica:

N Numero di piani a partire da quello di verifica (incluso)

A_t area coperta media al disopra del piano di verifica

A_x e A_y area totale degli elementi resistenti in due direzioni ortogonali.

La lunghezza degli elementi resistenti è misurata tra gli interassi dei muri ortogonali di intersezione.

A valore minimo fra A_x e A_y

B valore massimo fra A_x e A_y

$$a_0 = A / A_t$$

$$\gamma = B/A$$

τ_k : resistenza tangenziale di riferimento caratteristica del tipo di muratura ;

q: peso medio per unità di area coperta q può essere valutato in funzione dei peso specifico medio della muratura p_m del peso medio per unità di superficie dei solaio p_s e della altezza media di un interpiano h:

$$q = \frac{(A_x + A_y) \cdot h \cdot p_m}{A_t} + p_s \tag{33}$$

Si dimostra che il rapporto C fra il taglio ultimo a livello dei piano di verifica ed il peso P della parte di edificio al disopra è dato da:

$$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}} \tag{34}$$

Si riportano in Tabella 17 i dati misurati per il calcolo della resistenza convenzionale:

Tabella 17: Dati per il calcolo della resistenza convenzionale scuola G.Mazza

Numero di piani	N	3
Area totale coperta	A_t (mq)	1201
Area	A_x (mq)	132
Area	A_y (mq)	150
	τ_k (t/mq)	7
Alt. media interpiano	h(m)	5.1
Peso specifico pareti	p_m (t/mq)	1.6
Carico permanente solai	p_s (t/mq)	0.50

Dal valore del rapporto tra C ricavato e C di riferimento pari a 0,4 si desume la classe:

$$\alpha = C/0,4$$

Si riporta in Tabella 18 il calcolo della resistenza convenzionale cioè del parametro 3:

Tabella 18: Resistenza convenzionale scuola G.Mazza

Parametro 3. Resistenza convenzionale	
Tipologia strutture verticali	τ_k (t/mq)
MURATURA IN TUFO NAPOLETANO	7
Minimo tra A_x ed A_y	A(mq) 132
Massimo tra A_x ed A_y	B(mq) 150
Coeff. $a_0 = A / A_t = 0.11$	Coeff. $\gamma = B/A = 1.13$
$q = (A_x + A_y) h p_m / A_t + p_s = 2.42$	
$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}}$	0.29
$\alpha = C/0,4 = 0.72$	

4. Posizione dell'edificio e delle fondazioni:

Classe B: Edifici posti su roccia con pendenza $10\% < p \leq 30\%$.

Terreno sciolto non spingente.

5. Orizzontamenti:

Classe D: - Edifici con orizzontamenti di qualsiasi natura mal collegati alle pareti.

6. Configurazione in planimetrica:

Classe D: $\beta_1 < 40$ $\beta_2 > 30$

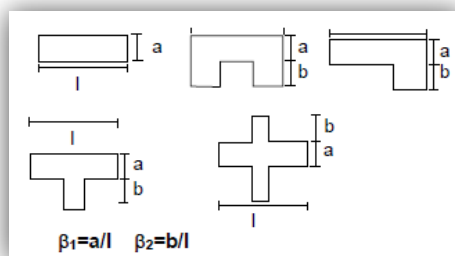


Figura 36: Schemi configurazioni planimetriche scuola G.Mazza

In Figura 36 si riportano gli schemi planimetrici previsti dalla scheda, ed in Tabella 19 si riportano i rapporti calcolati.

Tabella 19: Rapporti fra i lati della pianta della scuola G.Mazza.

Rapporto percentuale $\beta_1 = a/l$	20.94
Rapporto percentuale $\beta_2 = b/l$	33.67

7. Configurazione in elevazione:

Classe A: - Edifici con distribuzione di masse e di elementi resistenti praticamente uniforme su tutta l'altezza;

- edifici con massa ed elementi resistenti decrescenti con continuità;

- edifici che presentano arretramenti comportanti una riduzione dell'area di pianta inferiore al 10%.

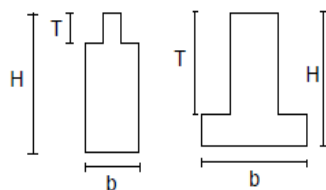


Figura 37: Schemi configurazioni in elevazione

8. Distanza massima fra le murature:

Classe A: - Edifici con rapporto interasse/spessore non superiore a 15

9. Copertura:

Classe B:

- Edifici con copertura non spingente ma privi sia di cordolo di sottotetto che di catene

10. Elementi non strutturali:

Classe C:

- Edifici con infissi esterni o insegne di piccole dimensioni mal vincolate alle pareti e con controsoffitti di piccola estensione mai collegati ovvero di grande estensione e ben collegati.

11. Stato di fatto:

Classe C:

- Edifici con lesioni di media entità (ampiezza della lesione: 2-3 mm) o con lesioni capillari di origine sismica.

- Edifici che, pur non presentando lesioni, sono caratterizzati da uno stato di conservazione delle murature tale da determinare una significativa diminuzione di resistenza.

Quindi riepilogando (Tabella 20) si può passare al calcolo dell'indice di vulnerabilità con la relazione (3):

Tabella 20: Calcolo indice di vulnerabilità scuola G.Mazza.

PUNTEGGI E PESI RELATIVI AI SINGOLI PARAMETRI						$I_{v(assoluto)}$	
PARAMETRO	PESO	CLASSE				TOTALE	
		A	B	C	D		
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE(S.R.)	0	5	20	45	1	C 20
2	QUALITÀ DEL S.R.	0	5	25	45	0.25	B 1.25
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	0	5	25	45	1.5	B 7.5
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	0	5	25	45	0.75	B 3.75
5	ORIZZONTAMENTI	0	5	15	45	0.75	D 33.75
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	0	5	25	45	0.5	D 22.5
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	0	5	25	45	0.75	A 0
8	DMAX MURATURE	0	5	25	45	0.25	A 0
9	COPERTURA	0	15	25	45	0.75	B 11.25
10	ELEM. NON STRUTT.	0	0	25	45	0.25	C 6.25
11	STATO DI FATTO	0	5	25	45	1	C 25
							131.25

Quindi normalizzando l'indice di vulnerabilità rispetto all'indice di vulnerabilità rispetto al suo valore massimo 382.5 si ottiene (Tabella 21) :

Tabella 21: Indice di vulnerabilità relativo scuola G.Mazza.

$I_{v(assoluto)}$	$I_{v(max)}$	$I_{v(relativo)}$
131.25	382.50	0.34

Questo indice è compreso nell'intervallo di vulnerabilità medio-bassa cioè tra 0,20 e 0,40.

3.3.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE

Il secondo metodo applicato risulta VM nel quale si valuta, dopo un accurata raccolta di dati geometrici e strutturali, l'accelerazione di picco del suolo che mette in crisi la struttura per gli stati limite considerati e quindi identifica piano e direzione che per primi vanno in crisi.

L'applicazione del metodo necessita di una numerazione delle pareti per ogni piano nonché dell'orientamento lungo x o y delle varie pareti, inoltre fa riferimento alle dimensioni delle aperture e delle fasce superiori ed inferiori per calcolare la % piena di ogni parete ed infine bisogna inserire i carichi agenti e le resistenze caratteristiche.

In base al meccanismo di collasso predefinito, il modello considera le modalità di plasticizzazione e rottura per taglio e/o per pressoflessione dei maschi murari sollecitati nel proprio piano, determinando il taglio complessivo portato dalla struttura.

La resistenza all'azione orizzontale del maschio murario i-esimo, al j-esimo piano, nella direzione dell'analisi, sollecitato nel proprio piano, viene valutata considerando il valor medio della sua resistenza unitaria a taglio, secondo la formulazione di Turnsek-Cacovic (Turnsek, Cacovic, 1970, PCM, 2005). La formula originaria esprime bene la resistenza di un maschio murario quando la rottura avviene per taglio, mentre ne fornisce una sovrastima quando il maschio murario è snello e soggetto ad una tensione di compressione bassa, a causa del sopraggiungere della crisi per flessione, prima che si determini la crisi per taglio. Per tener conto di questa eventualità, si applica un fattore riduttivo della resistenza specifica tangenziale, funzione della snellezza e della tensione di compressione media, così da ottenere il valore corretto $\tau_{\text{corr},i,j}$ per il maschio murario i-esimo del piano j-esimo, nella direzione parallela al piano medio del maschio murario.

Sezione 1 :Input dati generali:

Si riportano come dati di input generali i valori dell'altezza di interpiano, peso specifico muratura, peso solaio, carichi accidentali solaio, coefficiente di riduzione carichi accidentali, peso e massa, taglio resistente ed infine area di muratura nelle 2 direzioni per ogni piano (da Tabella 22 a Tabella 24).

Piano terra :

Tabella 22: Sezione 1 input dati generali piano terra scuola G.Mazza

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	5.1	m	Vres_X	14388	KN	dir X	132	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	18139	KN	dir Y	150	mq
p. solaio	5	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	34268	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	6.8	KN/mq				31715.31 KN		

Piano I:

Tabella 23: Sezione 1 input dati generali I piano scuola G.Mazza

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	5.1	m	Vres_X	11756	KN	dir X	108	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	12843	KN	dir Y	119	mq
p. solaio	5	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	28048	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	6.8	KN/mq				27334.14		

Piano II: Essendo questo l'ultimo piano si considera come carico permanente quello calcolato per coperture praticabili nel paragrafo 3.2.4 dell'analisi dei carichi e come sovraccarico lo stesso di quello per i solai di interpiano.

Tabella 24: Sezione 1 input dati generali II piano scuola G.Mazza

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	5.1	m	Vres_X	5730	KN	dir X	103	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	6110	KN	dir Y	108	mq
p. solaio	3	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	24546	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	4.8	KN/mq				14762 KN		

Sezione 2 :Input dati pareti omogenee

Si riportano (da Tabella 25 a Tabella 27) le caratteristiche geometriche e l'orientamento rispetto asse x o y di ogni parete per ogni piano. Inoltre si considera la resistenza caratteristica sia a compressione che a taglio della muratura dedotta dalla NTC2008.

Il piano terra composto da 50 pareti ha le ultime 7 pareti da 44 a 50 in più rispetto agli altri due piani si fermano a 43 pareti proprio perché come evidenziato in pianta (Figura 35) la parte in grigio è presente solo al piano terra.

Tabella 25: Dati di input pareti piano terra scuola G.Mazza.

SCUOLA		G.MAZZA					Hfin (m)					Hporte (m)	
PIANO		terra					3	1	1.1	2.1	3		
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L APERTUR E (m)	D SOLAIO (m)	
x	Parete 1	1.00	6.60	0.85	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 2	0.52	5.80	1.00	70	3500	2.00	1.00	1.10	19.14	1.40	3.30	
x	Parete 3	0.52	6.30	0.85	70	3500	2.00	1.00	1.10	0.00	1.50	0.00	
y	Parete 4	1.00	5.80	0.75	70	3500	0.00	0.00	0.00	37.41	0.00	6.45	
x	Parete 5	0.82	6.60	0.90	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.16	0.00	
y	Parete 6	1.00	5.40	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	17.01	0.00	3.15	
x	Parete 7	1.00	3.80	0.90	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 8	0.63	18.00	1.00	70	3500	4.00	1.00	1.10	58.50	1.65	3.25	
x	Parete 9	1.00	6.50	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 10	0.80	18.00	0.65	70	3500	3.00	0.00	2.10	92.70	1.20	5.15	
x	Parete 11	1.00	6.50	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 12	0.70	4.00	0.80	70	3500	1.00	0.00	2.10	12.80	1.20	3.20	
x	Parete 13	1.00	2.60	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 14	0.73	4.40	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	5.72	1.20	1.30	
x	Parete 15	1.00	6.50	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 16	0.76	13.90	0.85	70	3500	2.00	1.00	1.10	26.41	1.65	1.90	
x	Parete 17	0.66	33.60	0.80	70	3500	7.00	0.86	1.24	62.16	1.65	1.85	
y	Parete 18	0.57	3.70	1.00	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.60	0.00	
x	Parete 19	0.83	14.30	0.65	70	3500	2.00	0.00	2.10	79.37	1.25	5.55	
y	Parete 20	1.00	7.40	1.00	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 21	0.54	10.30	0.80	70	3500	3.00	1.00	1.10	38.11	1.57	3.70	
y	Parete 22	0.85	7.40	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00	
x	Parete 23	0.58	4.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	14.80	1.70	3.70	
y	Parete 24	0.86	7.70	0.50	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00	
x	Parete 25	0.74	25.20	0.65	70	3500	5.00	0.00	2.10	143.64	1.33	5.70	
y	Parete 26	1.00	7.70	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 27	0.39	25.20	0.80	70	3500	9.00	1.00	1.10	97.02	1.70	3.85	
y	Parete 28	1.00	7.70	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 29	1.00	4.00	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	22.60	0.00	5.65	
y	Parete 30	0.86	7.60	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00	
x	Parete 31	0.58	4.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	15.20	1.70	3.80	
y	Parete 32	0.86	7.60	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00	
x	Parete 33	0.77	10.50	0.65	70	3500	2.00	0.00	2.10	59.33	1.20	5.65	
y	Parete 34	1.00	7.60	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 35	0.65	10.50	0.80	70	3500	2.00	1.00	1.10	39.90	1.85	3.80	
y	Parete 36	0.84	10.90	0.90	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	1.70	0.00	
x	Parete 37	1.00	6.20	0.75	70	3500	0.00	0.00	0.00	11.47	0.00	1.85	
y	Parete 38	0.54	18.30	0.85	70	3500	5.00	1.00	1.10	56.73	1.70	3.10	
x	Parete 39	1.00	6.20	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 40	0.82	18.30	0.65	70	3500	3.00	0.00	2.10	91.50	1.10	5.00	
x	Parete 41	1.00	6.20	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 42	0.73	18.70	1.00	70	3500	3.00	1.00	1.10	35.53	1.70	1.90	
x	Parete 43	0.84	10.00	0.80	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	1.60	0.00	
y	Parete 44	0.71	8.90	0.50	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	2.60	0.00	
x	Parete 45	0.76	17.00	0.55	70	3500	3.00	1.00	1.10	75.65	1.33	4.45	
y	Parete 46	0.98	68.90	0.30	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.20	0.00	
x	Parete 47	0.62	7.40	0.75	70	3500	1.00	1.00	1.10	19.98	2.80	2.70	
y	Parete 48	0.68	3.70	0.30	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.20	0.00	
x	Parete 49	0.76	4.90	0.50	70	3500	1.00	0.00	2.10	22.30	1.20	4.55	
x	Parete 50	0.34	17.00	0.50	70	3500	5.00	1.00	1.10	45.90	2.23	2.70	

Tabella 26: Dati di input pareti I piano scuola G.Mazza.

SCUOLA		G.MAZZA					H_{fin}				H_{porte}	
PIANO		I					3	1	1.1	2.1	3	
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N^* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	$L_{APERTUR}$ E (m)	D_{SOLAIO} (m)
x	Parete 1	1.00	6.60	0.75	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 2	0.52	5.80	0.95	70	3500	2.00	1.00	1.10	19.14	1.40	3.30
x	Parete 3	0.52	6.30	0.75	70	3500	2.00	1.00	1.10	0.00	1.50	0.00
y	Parete 4	1.00	5.80	0.75	70	3500	0.00	0.00	0.00	37.41	0.00	6.45
x	Parete 5	0.82	6.60	0.80	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.16	0.00
y	Parete 6	1.00	5.40	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	17.01	0.00	3.15
x	Parete 7	1.00	3.80	0.90	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 8	0.63	18.00	1.00	70	3500	4.00	1.00	1.10	58.50	1.65	3.25
x	Parete 9	1.00	6.50	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 10	0.80	18.00	0.75	70	3500	3.00	0.00	2.10	92.70	1.20	5.15
x	Parete 11	1.00	6.50	0.50	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 12	0.70	4.00	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.10	12.80	1.20	3.20
x	Parete 13	1.00	2.60	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 14	0.73	4.40	0.60	70	3500	1.00	1.00	1.10	5.72	1.20	1.30
x	Parete 15	1.00	6.50	0.50	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 16	0.76	13.90	0.75	70	3500	2.00	1.00	1.10	26.41	1.65	1.90
x	Parete 17	0.66	33.60	0.70	70	3500	7.00	0.86	1.24	62.16	1.65	1.85
y	Parete 18	0.57	3.70	1.00	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.60	0.00
x	Parete 19	0.83	14.30	0.65	70	3500	2.00	0.00	2.10	79.37	1.25	5.55
y	Parete 20	1.00	7.40	0.90	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 21	0.54	10.30	0.80	70	3500	3.00	1.00	1.10	38.11	1.57	3.70
y	Parete 22	0.85	7.40	0.80	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 23	0.58	4.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	14.80	1.70	3.70
y	Parete 24	0.86	7.70	0.50	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 25	0.74	25.20	0.60	70	3500	5.00	0.00	2.10	143.64	1.33	5.70
y	Parete 26	1.00	7.70	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 27	0.39	25.20	0.75	70	3500	9.00	1.00	1.10	97.02	1.70	3.85
y	Parete 28	1.00	7.70	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 29	1.00	4.00	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	22.60	0.00	5.65
y	Parete 30	0.86	7.60	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 31	0.58	4.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	15.20	1.70	3.80
y	Parete 32	0.86	7.60	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 33	0.77	10.50	0.60	70	3500	2.00	0.00	2.10	59.33	1.20	5.65
y	Parete 34	1.00	7.60	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 35	0.65	10.50	0.80	70	3500	2.00	1.00	1.10	39.90	1.85	3.80
y	Parete 36	0.84	10.90	0.80	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	1.70	0.00
x	Parete 37	1.00	6.20	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	11.47	0.00	1.85
y	Parete 38	0.54	18.30	0.75	70	3500	5.00	1.00	1.10	56.73	1.70	3.10
x	Parete 39	1.00	6.20	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 40	0.82	18.30	0.55	70	3500	3.00	0.00	2.10	91.50	1.10	5.00
x	Parete 41	1.00	6.20	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 42	0.73	18.70	0.90	70	3500	3.00	1.00	1.10	35.53	1.70	1.90
x	Parete 43	0.84	10.00	0.80	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	1.60	0.00

Tabella 27: Dati di input pareti II piano scuola G.Mazza.

SCUOLA		G.MAZZA						H_{fin}	H_{fascia}	H_{fascia}	H_{fascia}	H_{porte}
PIANO		II						(m)	inf(m)	sup(m)	sup(m)	(m)
								3	1	1.1	2.1	3
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N^* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	$L_{APERTUR}$ E (m)	D SOLAIO (m)
x	Parete 1	1.00	6.60	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 2	0.52	5.80	0.80	70	3500	2.00	1.00	1.10	19.14	1.40	3.30
x	Parete 3	0.52	6.30	0.65	70	3500	2.00	1.00	1.10	0.00	1.50	0.00
y	Parete 4	1.00	5.80	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	37.41	0.00	6.45
x	Parete 5	0.82	6.60	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.16	0.00
y	Parete 6	1.00	5.40	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	17.01	0.00	3.15
x	Parete 7	1.00	3.80	0.90	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 8	0.63	18.00	1.00	70	3500	4.00	1.00	1.10	58.50	1.65	3.25
x	Parete 9	1.00	6.50	0.50	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 10	0.80	18.00	0.65	70	3500	3.00	0.00	2.10	92.70	1.20	5.15
x	Parete 11	1.00	6.50	0.50	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 12	0.70	4.00	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.10	12.80	1.20	3.20
x	Parete 13	1.00	2.60	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 14	0.73	4.40	0.50	70	3500	1.00	1.00	1.10	5.72	1.20	1.30
x	Parete 15	1.00	6.50	0.50	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 16	0.76	13.90	0.75	70	3500	2.00	1.00	1.10	26.41	1.65	1.90
x	Parete 17	0.66	33.60	0.65	70	3500	7.00	0.86	1.24	62.16	1.65	1.85
y	Parete 18	0.57	3.70	1.00	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.60	0.00
x	Parete 19	0.83	14.30	0.65	70	3500	2.00	0.00	2.10	79.37	1.25	5.55
y	Parete 20	1.00	7.40	0.85	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 21	0.54	10.30	0.80	70	3500	3.00	1.00	1.10	38.11	1.57	3.70
y	Parete 22	0.85	7.40	0.55	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 23	0.58	4.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	14.80	1.70	3.70
y	Parete 24	0.86	7.70	0.45	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 25	0.74	25.20	0.60	70	3500	5.00	0.00	2.10	143.64	1.33	5.70
y	Parete 26	1.00	7.70	0.45	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 27	0.39	25.20	0.70	70	3500	9.00	1.00	1.10	97.02	1.70	3.85
y	Parete 28	1.00	7.70	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 29	1.00	4.00	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	22.60	0.00	5.65
y	Parete 30	0.86	7.60	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 31	0.58	4.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	15.20	1.70	3.80
y	Parete 32	0.86	7.60	0.50	70	3500	1.00	0.00	2.10	0.00	1.10	0.00
x	Parete 33	0.77	10.50	0.60	70	3500	2.00	0.00	2.10	59.33	1.20	5.65
y	Parete 34	1.00	7.60	0.45	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 35	0.65	10.50	0.80	70	3500	2.00	1.00	1.10	39.90	1.85	3.80
y	Parete 36	0.84	10.90	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	1.70	0.00
x	Parete 37	1.00	6.20	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	11.47	0.00	1.85
y	Parete 38	0.54	18.30	0.75	70	3500	5.00	1.00	1.10	56.73	1.70	3.10
x	Parete 39	1.00	6.20	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 40	0.82	18.30	0.55	70	3500	3.00	0.00	2.10	91.50	1.10	5.00
x	Parete 41	1.00	6.20	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 42	0.73	18.70	0.80	70	3500	3.00	1.00	1.10	35.53	1.70	1.90
x	Parete 43	0.84	10.00	0.70	70	3500	1.00	1.00	1.10	0.00	1.60	0.00

Sezione 3 : Riepilogo caratteristiche e sollecitazioni delle pareti:

In questa sezione vengono riepilogate le caratteristiche e le sollecitazione sopportata da ogni parete secondo la sua direzione x o y ed infine viene considerato il collasso per schiacciamento della muratura che nel nostro caso non si verifica.

Sezione 4 : Riepilogo calcolo Resistenze a taglio (Tabella 28)

Tabella 28: Riepilogo Resistenze ai differenti piani scuola G.Mazza

	Resistenza a Taglio della muratura		
	P. Terra	1°	2°
Vx_tot	14388	11756	5730
Vy_tot	18139	12843	6110
<i>Rotture schiacc.</i>	0	0	0

Sezione 5 : Il coefficiente di riduzione sia per le irregolarità in pianta che di rigidezza può assumere i seguenti valori:

1 = Edificio con forma regolare, in pianta ed in elevazione

0.95 = Edificio con forma non regolare

0.9 = Edificio con forma fortemente irregolare

Il coefficiente di duttilità assegnato ai maschi murari viene consigliato dal metodo stesso pari a 2.

Tabella 29: Caratteristiche di regolarità geometrica e strutturale scuola G.Mazza

- 0.9 Irregolarità geometrica della struttura, a giudizio dell'Utente
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 1 Irregolarità di Rigidezza e/o di resistenza in pianta.
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 2.0 Coefficiente di duttilità assegnato ai maschi murari.

Nel nostro caso per la scuola G.Mazza si considerano i coefficienti in Tabella 29 poiché la pianta è a forma di C e quindi fortemente non regolare e dal punto di vista strutturale sarà regolare in relazione alla distribuzione disuniforme in pianta delle tamponature, o alla presenza di vani scala, nuclei ascensori o setti strutturali in posizione eccentrica.

Sezione 6 : Calcolo forze statiche equivalenti (Tabella 30):

Tabella 30: Calcolo forze statiche equivalenti scuola G.Mazza

numero di piani		Calcolo forze statiche equivalenti					
3		$\gamma = h_i * \sum W_i / \sum (W_i * h_i)$					
piano	Wi	h interp (m)	hi (m)	gamma i	acc /g	Fi	Taglio V
P.Terra	31715	5.1	5.1	0.56	1	17915	73811
1° P	27334	5.1	10.2	1.13	1	30881	55896
2° P	14762	5.1	15.3	1.69	1	25016	25016
$\sum W_i$	73811						
$\sum (W_i * h_i)$			666413				

Nel calcolo bisogna anche considerare un coefficiente riduttivo della rigidezza per tener conto della fessurazione compreso tra 0 e 1 nel nostro caso 0,5.

Nella stessa sezione c'è un pulsante che manda in esecuzione il calcolo del periodo proprio nelle due direzioni della struttura sia integra che fessurata (Tabella 31):

Tabella 31: Calcolo periodo proprio scuola G.Mazza.

<i>T periodo proprio</i>	
dir X	dir Y
0.503	0.468

<i>T periodo proprio - Fessurata</i>	
dir X	dir Y
0.712	0.662

Sezione 7:Calcolo accelerazione spettrale (Tabella 32)

Tabella 32: Calcolo accelerazione spettrale scuola G.Mazza

Vres/V1g	Accelerazione spettrale		
	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°
dir X	0.195	0.210	0.229
dir Y	0.246	0.230	0.244

Sezione 8 : Calcolo coefficiente α_{DUT} (Tabella 33):

Tabella 33: Calcolo coefficiente α_{DUT} scuola G.Mazza

coeff. Ri per la valutazione automatica della Regolarità strutturale in altezza			Coeff. riduttivo dovuto all'irregolarità di resistenza in altezza (grid 1b)				
	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°		Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°
dir X	0.927	0.918	1.000	dir X	0.871	0.867	0.900
dir Y	1.070	0.941	1.000	dir Y	0.928	0.876	0.900

Prodotto dei coeff riduttivi (q _{grid 1b} * q _{grid 2} * q _{grid 3})			Valori di duttilità come ottenuti dalle analisi, e per tanto anche minori dell'unità				
	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°		Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°
dir X	0.784	0.781	0.810	dir X	1.567	1.561	1.620
dir Y	0.835	0.789	0.810	dir Y	1.670	1.577	1.620

Limitazione dei valori di duttilità imponendo che: $1 \leq \alpha_{dut}$

Calcolo del Coefficiente di DUTTILITA' α_{DUT}			Coeff di DUTTILITA' α_{DUT} - da utilizzare nel calcolo seguente				
	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°		Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°
dir X	1.567	1.561	1.620	dir X	1.567	1.561	1.620
dir Y	1.670	1.577	1.620	dir Y	1.670	1.577	1.620

Il coefficienti α_{DUT} dipende da altri coefficienti :

p_{1j} = coefficiente riduttivo di piano per irregolarità di resistenza tra piani successivi

p_2 = coefficiente riduttivo globale per irregolarità di rigidezza o di massa in pianta

p_3 = coefficiente riduttivo globale per irregolarità di forma geometrica

Per le modalità di determinazione si rimanda alla spiegazione generale al paragrafo 2.6.6.

Sezione 9: Calcolo Accelerazioni al Suolo (PGA):

Nella Tabella 34 vengono considerate:

la % di smorzamento assunta pari a 5%

il tipo di terreno: tipo B

integrità della muratura: f cioè fessurata

Tabella 34: Descrizione generale coefficienti scuola G.Mazza

smorzamento della struttura	5 %	Tipo di terreno	B
		Integrità della muratura da considerare	f
Coefficienti utilizzati		Periodo Proprio in dir. X	0.711852 dirX
$S_a = PGA * \alpha_{PM} * \alpha_{AD} * \alpha_{DS} * (1/\alpha_{DUT})$		Periodo Proprio in dir. Y	0.66225 dirY
α_{PM}	coeff. partecipazione modale (1 per edif ad 1 piano, 0.9 per edif 2 piani, 0.8 più piani)		
α_{AD}	amplificazione spettrale		
α_{DS}	coeff. che tiene conto delle capacità dissipative dell'edificio.		
α_{DUT}	coeff. di duttilità che tiene conto della presenza di una certa duttilità strutturale (valore definito nella sezione precedente)		

Successivamente in Tabella 35 si calcola in automatico il coefficiente parziale per la trasformazione da accelerazione spettrale in PGA:

Tabella 35: Coefficiente parziale per la trasformazione da Accelerazione spettrale in PGA scuola G.Mazza

dir x		dir y
0.8	α_{PM}	0.8
1.76	α_{AD}	1.89
1	α_{DS}	1
	α_{DUT}	
↓		↓
1.40		1.51

Inoltre nella Tabella 36 sono calcolati piano e direzione di crisi nonché il PGA.

Tabella 36: PGA, piano e direzione di crisi per la scuola G.Mazza

PGA						
	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°	minimo	piano Terra	dir X
dir X	0.217	0.234	0.264	0.217	1°	dir X
dir Y	0.272	0.240	0.262	0.240	1°	dir Y

L'accelerazione al suolo (PGA)
che mette in crisi il Terra piano in dir X
e quindi la struttura, è pari a:
0.217 g

Sezione 10: Calcolo periodo di ritorno (Tabella 38)

Determinazione su suolo rigido PGA su roccia = a_g (Tabella 37)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 37: Calcolo PGA su roccia per la scuola G.Mazza.

ag - (PGA su roccia)						
	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°	minimo	piano Terra	dir X
dir X	0.174	0.187	0.211	0.174	1°	dir X
dir Y	0.217	0.192	0.210	0.192	1°	dir Y

L'accelerazione al suolo (PGA)
che mette in crisi il Terra piano in dir X ,
e quindi la struttura, è pari a:
0.174 g

Tabella 38: Calcolo periodo di ritorno per la scuola G.Mazza.

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
924		580	

Sezione II: Livello prestazionale Operatività:

Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola G.Mazza (Tabella 39).

Tabella 39: Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola G.Mazza

Rigidezza K (kN/m)				Accelerazione Spettrale - limite di Operatività			
K	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°	Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°
	dir X	1851287	1612898		874355	dir X	0.384
dir Y	2248362	1765806	947767	dir Y	0.466	0.967	1.739
Taglio resistente							
Vres	Piano Terra	Piano 1°	Piano 2°				
	dir X	28325	49355	40133			
dir Y	34400	54034	43502				

Tenendo conto dei coefficienti di duttilità calcolati (Tabella 40) e con una deformazione imposta del 3% : deformazione di interpiano per la quale si manifesta il danneggiamento delle pareti che rappresenta il rapporto tra lo spostamento relativo tra i piani e l'altezza di interpiano si procede al calcolo del piano e direzione di crisi nonché il PGA per il Livello prestazionale operatività (Tabella 41).

Tabella 40: Coefficienti duttilità per la scuola G.Mazza.

Coefficienti utilizzati	
$S_a = PGA * \alpha_{PM} * \alpha_{AD} * \alpha_{DS} * (1/\alpha_{DUT})$	
α_{PM}	coeff. partecipazione modale (1 per edif ad 1 piano, 0.9 per edif 2 piani, 0.8 più piani)
α_{AD}	amplificazione spettrale
α_{DS}	coeff. che tiene conto delle capacità dissipative dell'edificio.
$\alpha_{DUT, j = p2}$	coeff. di duttilità di piano - comprensivo del coeff $q_{rid 2}$ che tiene conto dell' irregolarità di rigidità in (valore che può essere definito sulla base della sezione precedente)
1.0	Coefficiente di duttilità degli elementi allo stato prestazionale di Operatività

Tabella 41: PGA livello prestazionale Operatività per la scuola G.Mazza.

PGA						
Vres/Vlg	Piano	Piano	Piano	minimo	piano	
	Terra	1°	2°			
dir X	0.273	0.629	1.142	0.139	Terra	dir X
dir Y	0.309	0.640	1.152	0.152	1°	dir Y

PGA per il livello prestazionale: Operatività						
Vres/Vlg	Piano	Piano	Piano	L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano e quindi la struttura, è pari a:	Terra	dir X
	Terra	1°	2°			
dir X	0.139	0.150	0.163		0.139	g
dir Y	0.163	0.152	0.162			

Sezione 12: Calcolo periodo di ritorno per il mantenimento dell'Operatività (Tabella 43).

Accelerazione su roccia al limite dell'Operatività (Tabella 42)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 42: Calcolo PGA su roccia livello prestazionale Operatività per la scuola G.Mazza.

ag (accelerazione su roccia) - livello prestazionale: Operatività						
Vres/Vlg	Piano	Piano	Piano	minimo		
	Terra	1°	2°			
dir X	0.111	0.120	0.130	0.111	Terra	dir X
dir Y	0.130	0.122	0.129	0.122	1°	dir Y

L'accelerazione sul suolo rigido (PGA su roccia) che provoca il danneggiamento del piano

Terra in dir X è : 0.111 g

Tabella 43: Calcolo periodo di ritorno per mantenimento Operatività scuola G.Mazza .

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
323		198	

3.3.4 METODO FAMIVE

Il metodo di analisi si applica ad ogni facciata. Quindi sono state numerate.

Osservando la pianta che è a forma di una "C" si possono identificare in tutto ben 8 facciate esterne.

Di seguito si analizzeranno singolarmente le 8 facciate:

Facciata 1:

Orientamento SUD-EST (Figura 38).



Figura 38:Foto e Vista satellitare Facciata 1 scuola G.Mazza

Sezione 1 Dati del tessuto urbano :

1.1 Presenza di vie di fuga e uscite di emergenza;

Analizzando la struttura si evince che la scuola è dotata sia di scale antincendio che di uscite di emergenza quindi nel complesso si attribuisce la lettera “M” che indica sistema qualità media.(possibilità di scelta tra buono”G” medio”M” e scadente”B”

1.2 Forma e composizione dei blocchi di edifici della facciata;

Essendo una struttura isolata e non compresa in un blocco di edifici come per tutte e 5 le scuole si attribuisce il valore “0” che indica assenza di blocco (edificio isolato).

Quindi le sottosezioni 1.3, 1.4 e 1.5 risultano come la 1.2 di valore “0”.

Si riporta nella Figura 39 un riepilogo della prima sezione:

1 DATI TESSUTO URBANO					
1-1	Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4	Posizione edificio rispetto al blocco	na
1-2	Forma e composizione dei blocchi	0	1-5	Connessione della facciata con pareti adiacenti	0
1-3	Numero di edifici nel blocco	0			

Figura 39:Sezione 1 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Sezione 2 Caratteristiche geometriche facciata :

2.1 Orientamento facciata;

Sud-Est: “SE”

2.2 Numero di piani dell’edificio;

la scuola è costituita da tre piani: ”3”

2.3 Numero di piani della facciata;

Il numero di piani della facciata è lo stesso della struttura: “3”

2.4 Lunghezza facciata;

La facciata si estende per una lunghezza di 55m.

2.5 Altezza totale facciata;

L'altezza totale di tre piani di 5,10m di altezza risulta 15,3m

Le sottosezioni 2.6, 2.7 e 2.8 risultano vuote data l'assenza della parete del timpano dato che le strutture esaminate hanno tutte copertura piana

Si riporta nella Figura 40 un riepilogo della seconda sezione:

2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA			
2-1 Orientamento facciata	SE	2-5 Altezza totale facciata	15.30
2-2 Numero di piani dell'edificio	3	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>
2-3 Numero di piani della facciata	3	2-7 Altezza timpano (se presente)	<input type="text"/>
2-4 Lunghezza facciata	55.0	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>

Figura 40: Sezione 2 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Sezione 3 Caratteristiche geometriche delle aperture :

3.1 Numero di aperture per piano;

La facciata in oggetto ha ben 17 aperture per ogni piano.

3.2 Stima delle dimensioni delle aperture;

Le dimensioni delle aperture risultano pari a 1,7 m di larghezza per 3,0 m di altezza.

3.3 Schema aperture;

Quindi si considera il valore "E2" cioè aperture con allineamento verticale su entrambi i bordi della facciata.

3.4 Maschio murario laterale;

Si considera regolare su entrambi i lati destro e sinistro.

3.5 Altezza fascia orizzontale superiore;

l'altezza della fascia muraria superiore risulta pari a 1,1 m.

3.6 Piattabanda;

Non presente.

Si riporta nella Figura 41 un riepilogo della terza sezione:

3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE							
3-1 Numero di aperture per piano	Piani		3-3 Schema aperture				
	0	1	2	3	4	disp.	n.s.
Aperture	17	17	17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	E2	3
						sinistra	destra
						R	R
3-2 Stima dimensioni aperture	b		h		3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1	
	1.7	3			tipo	lunghez.	Materia
					3-6 Piattabanda		

Figura 41: Sezione 3 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Sezione 4 Caratteristiche geometriche pianta :

4.1 Spessore muro inferiore della facciata;

Analizzando la pianta del piano terra si rileva che lo spessore è pari ad 0.80 m.

4.2 Spessore muro superiore;

Lo spessore della parete all'ultimo piano risulta 0.70 m quindi 87.5% di quella inferiore : $0.7/0.8 = 0.875$

4.3 Numero pareti portanti ortogonali alla facciata;

Per pareti portanti si indicano quelle caricate dai solai secondo l'orditura con cui sono stati realizzati. Quindi si considerano 0 pareti portanti ortogonali alla facciata.

4.4 Numero pareti portanti interne parallele alla facciata;

In questo caso escludendo la facciata risulta una sola parete parallela alla facciata.

4.5 Lunghezza pareti ortogonali alla facciata;

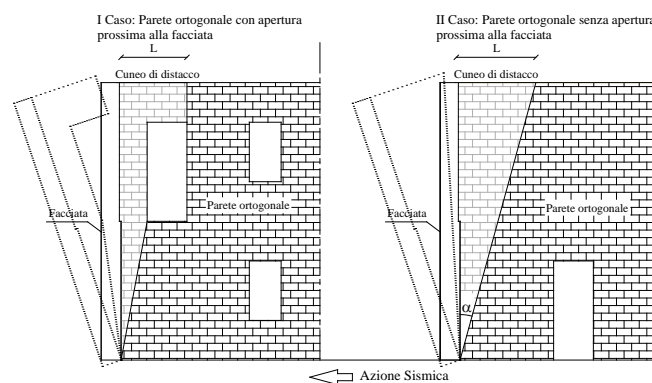


Figura 42: Cuneo di distacco ribaltamento composto

L'angolo di inclinazione del cuneo di distacco rispetto alla direzione verticale dipende, dalla qualità muraria e dalla presenza di aperture in prossimità del nodo in cui confluiscono i muri ortogonali. L'osservazione dei danni causati dal sisma sugli edifici in muratura hanno indicato che tale valore è compreso tra 15° e 30° . Quindi per analizzare la condizione più sfavorevole considereremo la proiezione del cuneo con un inclinazione minima (15°).

In questo caso si considerano 1.4m.

4.6 Numero pareti portanti interne ortogonali al retro facciata;

In questo caso si considerano le 7 pareti interne ortogonali direttamente collegate alla facciata.

Si riporta nella Figura 41 un riepilogo della quarta sezione:

4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA			
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.80	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.875	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.4
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	7

Figura 43: Sezione 4 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Sezione 5 Caratteristiche strutturali :**5.1 Numero piani con strutture a volta;**

Nella scuola oggetto di analisi è presente un corridoio con volte a crociera per tutti e tre i piani che non verrà considerato per questa facciata date le sue modeste dimensioni rispetto agli altri impalcati della struttura. Questo tipo di opzione sarà considerata unicamente nell'analisi della facciata 5 che risulta direttamente caricata dal suddetto corridoio con volte a crociera per tutti e tre livelli della struttura.

5.2 Tipologia solaio;

Le tipologie di solaio contemplate dal metodo sono:

A = solaio in legno,

B = solaio alleggerito con travi in acciaio e volte

C = solaio alleggerito travi in acciaio e tavelloni con lastre di calcestruzzo

Quindi nel nostro caso si considera la "B" relativamente alla facciate 5 cioè adiacente al corridoio con volte a crociera mentre per il resto delle facciate si considererà sempre il valore "C" cioè solaio putrelle e tavelloni.

5.3 Orditura solaio;

Per la facciata in esame l'orditura dei solai è ad essa ortogonale, quindi si considera il valore "O".

5.4 Tipologia tetto;

La classificazione è identica a quella del solaio (sottosezione 5.2).

5.5 Orditura tetto;

La classificazione è identica a quella dell'orditura solaio (sottosezione 5.3).

5.6 Tipo di muratura;

Questo parametro viene desunto dalla Tabella 44 :

TIPOLOGIA	A1	
Dimensione elementi (m) (lxh)	0.4	0.16
Lunghezza di sovrapposizione (m)	0.2	
Livello di collegamento nello spessore	SUFFICIENT	
Livello di coesione del tessuto	SUFFICIENT	
Peso specifico(kN/mc)	16	
Coefficiente d'attrito	0.4	

Nel caso delle murature in tufo in oggetto si considera la tipologia “A1” che risulta compatibile con i valori della forma dei blocchi, del peso della muratura e del coefficiente di attrito adottati dalla NTC08.

5.6b Tipo di malta;

Questo parametro viene lasciato vuoto data dalle incertezze delle indagini.

5.7 Livello di manutenzione murature;

Le categorie di manutenzione sono 4, nel caso in esame si considera “2” cioè qualità media.

5.8 Connessione ai bordi;

La connessione ai bordi della facciata risulta di dubbia qualità quindi si considera in questo caso “na” cioè non applicabile.

5.9 Fuori verticalità;

Non presente.

5.10 Catene, iniezioni ecc per ogni piano della facciata;

RB = asta ad anello;

A2 = ancoraggio su entrambi i lati della facciata (sinistra e destra);

A1 = ancoraggio su un solo lato della facciata,

M = ancoraggio/i al centro della facciata;

A3 = ancoraggio su entrambi i lati della facciata e al centro;

AM = ancoraggio/i su un lato della facciata e al centro;

0 = per mancanza di ancoraggio.

Non presenti a nessun piano.

Si riporta nella Figura 41 un riepilogo della quinta sezione:

5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità																															
5-10 Catene per ogni piano della facciata																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 44: Sezione 5 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Sezione 6 Ulteriori elementi di vulnerabilità :

- 6.1 Presenza di sopraelevazioni;
- 6.2 Dimensioni della sopraelevazioni;
- 6.3 Riduzione % peso;
- 6.4 Presenza canna fumaria sulla parete della facciata;
- 6.5 Tetto spingente;
- 6.6 Cedimento;
- 6.7 Balconi;
- 6.8 Presenza di colonne;

Questa sezione risulta vuota data l'assenza di tutti gli elementi di vulnerabilità contemplati nella sezione 6 per ognuna delle facciate della scuola G.Mazza quindi in seguita non si riporterà (Figura 45).

Figura 45: Sezione 6 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Sezione 7 Livelli di danno e identificazione meccanismi :

- 7.1 Identificazione meccanismi;

Come accennato prima nella descrizione generale della struttura non si notano lesioni che fanno pensare a qualche meccanismo di collasso già innescato.

- 7.2 Descrizione tipo di crepe per ogni piano;

Si considerano crepe verticali e crepe ad angolo diffuse parzialmente su tutta la facciata.

- 7.3 Estensione del danno sulla facciata %;

Si tiene conto delle lesione diffuse della struttura considerando approssimativamente il valore 10% cioè 0,1 come estensione del danno sulla facciata.

Questa sezione risulta identica per ognuna delle facciate della scuola G.Mazza quindi in seguita non si riporterà (Figura 46).

7 LIVELLI DI DANNO E IDENTIFICAZIONE MECCANISMI		
7-1 IDENTIFICAZIONE MECCANISMI		Danno
Classe	Tipo	
A	No	<input type="checkbox"/>
B1	No	<input type="checkbox"/>
B2	No	<input type="checkbox"/>
C	No	<input type="checkbox"/>
D	No	<input type="checkbox"/>
E	No	<input type="checkbox"/>
F	No	<input type="checkbox"/>
G	No	<input type="checkbox"/>
H	No	<input type="checkbox"/>
I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altro tipo di danno o il fallimento non identificati		<input type="checkbox"/>
7-2 Descrizione tipo di crepe per ogni piano		
crepe orizzontali	No	
crepe verticali	Partial façade	
crepe ad angolo	Partial façade	0
crepe diagonali	No	
Collasso muratur		<input type="checkbox"/>
7-3 Estensione del danno sulla facciata(%)		0.1

Figura 46: Sezione 7 scuola G.Mazza modulo FaMIVE.

Risultati Facciata 1scuola G.Mazza.

Nella Tabella 45 sono elencati i valori “ESC” calcolati da FaMIVE per tutti i meccanismi di collasso considerati. Questi sono evidenziati nel grafico di Figura 47 che ha per ascissa la Snellezza e per ordinata il valore “ESC”.

In questo grafico il parametro snellezza viene scelto tra le quattro calcolate a seconda del meccanismo di collasso considerato ed in particolare :

Meccanismi fuori piano con Snellezza: H/t

Effetto Arco con Snellezza: L/t

Meccanismi nel piano con Snellezza: H/L

Tabella 45: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
3	0	0.1	87.3	2.6	8.1	0.13	0.13	0.13	0.65	0.10	0.14		0.12	0.40	0.22
2	0	0.2		5.6	15.1	0.07	0.07	0.07	0.64	0.05	0.09			0.40	0.11
1	0	0.3		9.6	21.3	0.05	0.05	0.05	0.64	0.04	0.07			0.40	0.07

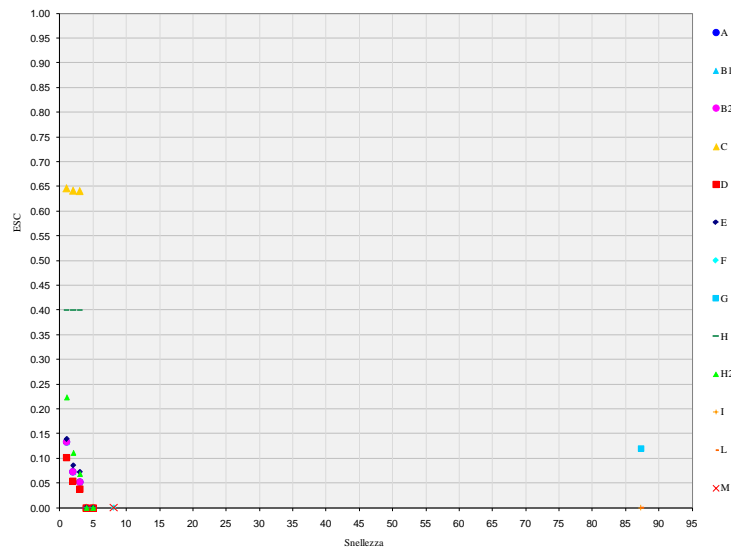


Figura 47: Grafico Snellezza-ESC

Nella Tabella 46 sono calcolati i valori di:

Indice di Vulnerabilità;

Indice di Danno;

Classe di Vulnerabilità;

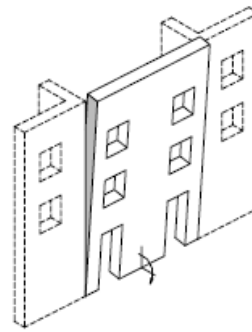
Tabella 46: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.05	0.05	0.05	0.11	0.12	0.13	0.06	0.07	0.07
INDICE DI VULNERABILITA'	20.39	19.37	18.44	8.77	8.33	7.94	15.41	14.63	13.94
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.41	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	A			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Nella Tabella 47 sono elencati i risultati connessi alla condizione più gravosa in termini di Classe di vulnerabilità per la facciata esaminata.

Tabella 47: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.05	0.05	0.05	ESC
20.39	19.37	18.44	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	A		MECCANISMI DI COLLASSO
VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	3		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	2	n.storeys	



Meccanismo tipo A: Ribaltamento della facciata

Facciata 2:

Orientamento NORD-EST

Di seguito si riportano in Figura 48 le foto della facciata 2 nonché il modulo (Figura 49) compilato per la facciata analizzata.

La suddetta facciata è composta da due tratti di parete con spessori e caratteristiche differenti, quindi si analizza la parte destra caratterizzato da quattro aperture per ogni piano e da una lunghezza di 22m rispetto ai 30.5m dell'intera facciata.



Figura 48: Vista satellitare Facciata 2 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO			
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0
1-3 Numero di edifici nel blocco	0		
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA			
2-1 Orientamento facciata	NE	2-5 Altezza totale facciata	15.30
2-2 Numero di piani dell'edificio	3	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>
2-3 Numero di piani della facciata	3	2-7 Altezza timpano (se presente)	
2-4 Lunghezza facciata	22.0	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE			
3-1 Numero di aperture per piano	3-3 Schema aperture		disp. n.s. E2 3
Piani		sinistra destra	
Aperture		R R	
3-2 Stima dimensioni aperture		3-4 Maschio murario laterale	
b h		3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	
1.7 3		tipo lunghezza Materia	
		3-6 Piattabanda	
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA			
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	1.00	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.800	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.46
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	2	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI			
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	
5-3 Orditura solaio	O	sinistra right	
5-4 Tipologia tetto	C	na na	
5-5 Orditura del tetto	O	5-9 Fuori verticalità	
5-6 Tipo di muratura	A1	5-10 Catene per ogni piano della facciata	
5-6b Tipo di malta		piano	
		0 1 2 3 4	
		Catene/Cordoli	
		0 0 0 0 0	
		iniezioni	
		0 0 0 0 0	
		piastre parete	
		0 0 0 0 0	
		fascia in legno	
		0 0 0 0 0	

Figura 49: Modulo FaMIVE Facciata 2 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 2 scuola G.Mazza :

Tabella 48: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
3	0	0.2	30.6	0.9	7.1	0.25	0.28	0.29	0.65	0.25	0.27		0.11	0.40	0.44
2	0	0.5		1.9	12.6	0.26	0.16	0.17	0.64	0.29	0.30			0.40	0.37
1	0	0.7		3.3	17.0	0.32	0.12	0.13	0.64	0.39	0.38			0.40	0.24

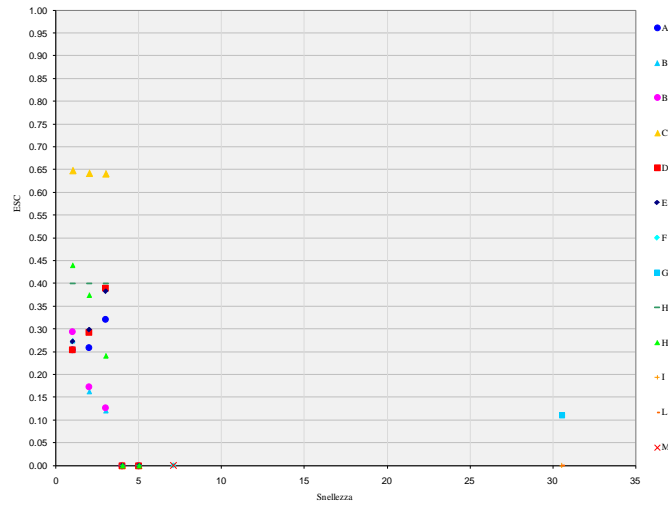


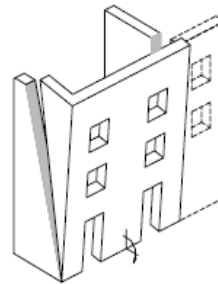
Figura 50: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 49: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.11	0.12	0.13	0.10	0.11	0.12	0.23	0.24	0.25
INDICE DI VULNERABILITA'	8.70	8.26	7.87	9.57	9.09	8.66	4.37	4.15	3.95
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.41	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO		B1			G			H2	
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 50: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.11	0.12	0.13	ESC
8.70	8.26	7.87	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	B1		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	3		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	2	n.storeys	



Meccanismo tipo B1: Ribaltamento della facciata e di una parte di muro

Facciata 3:

Orientamento NORD-OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 51 le foto della facciata 3 nonché il modulo (Figura 52) compilato per la facciata analizzata.



Figura 51: Vista satellitare Facciata 3 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	NW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	3																														
2-3 Numero di piani della facciata	3																														
2-4 Lunghezza facciata	10.8																														
2-5 Altezza totale facciata	15.30																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Aperture</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	Aperture	1	1	1																
Piani																															
0	1	2	3	4																											
Aperture	1	1	1																												
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>3</td> </tr> </table>	b	h	1.7	3																										
b	h																														
1.7	3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	3	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	3																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	<input type="checkbox"/>																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghezza</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghezza	Materia																											
tipo	lunghezza	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.80																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.875																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	3.5																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 52: Modulo FaMIVE Facciata 3 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 3 scuola G.Mazza :

Tabella 51: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
3	0	0.5	17.1	0.8	8.1	0.21	0.21	0.23	0.65	0.14	0.25		0.23	0.40	0.41
2	0	0.9		1.8	15.1	0.22	0.12	0.13	0.64	0.11	0.31			0.40	0.37
1	0	1.4		3.1	21.3	0.28	0.08	0.09	0.64	0.12	0.41			0.40	0.23

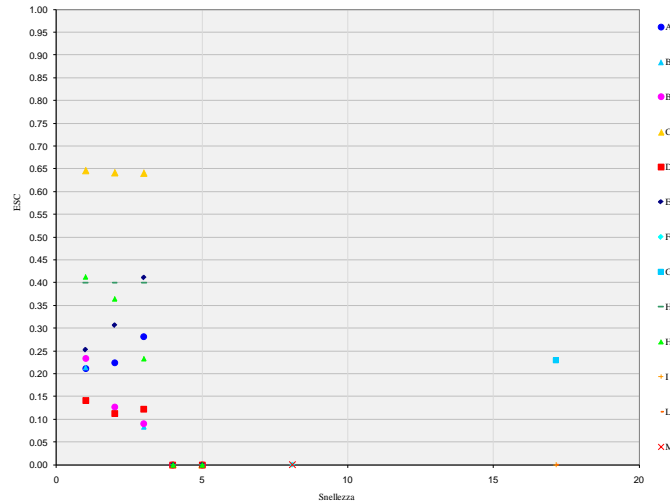


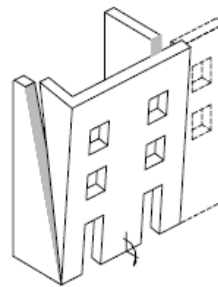
Figura 53: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 52: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.08	0.08	0.09	0.22	0.23	0.24	0.22	0.23	0.25
INDICE DI VULNERABILITA'	12.64	12.00	11.43	4.58	4.35	4.14	4.51	4.28	4.08
INDICE DI DANNO	1.30	1.30	1.30	0.34	0.34	0.34	1.04	1.04	1.04
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	LOW	LOW	LOW	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 53: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.08	0.08	0.09	
12.64	12.00	11.43	INDICE DI VULNERABILITA'
1.30	1.30	1.30	INDICE DI DANNO
B1			MECCANISMI DI COLLASSO
VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	VULNERABILITA' FINALE
3	Numero di piani		
52	Angolo inclinazione lesioni		
---	TESSUTO MURATURA		
partial failure of roof	COLLASSO TETTO		
partial failure of floors	COLLASSO SOLAI		
2	n.storeys		



Meccanismo tipo B1: Ribaltamento della facciata e di una parte di muro

Facciata 4:

Orientamento NORD-EST interna.

Di seguito si riportano in Figura 54 le foto della facciata 4 nonché il modulo (Figura 55) compilato per la facciata analizzata.



Figura 54: Vista satellitare Facciata 4 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	NE																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	3																														
2-3 Numero di piani della facciata	3																														
2-4 Lunghezza facciata	18.3																														
2-5 Altezza totale facciata	15.30																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	5	5	5																	
Piani																															
0	1	2	3	4																											
5	5	5																													
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>3</td> </tr> </table>	b	h	1.7	3																										
b	h																														
1.7	3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	3	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	3																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materna</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materna																											
tipo	lunghez.	Materna																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.80																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.875																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	4.1																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	2																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	na na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 55: Modulo FaMIVE Facciata 4 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 4 scuola G.Mazza :

Tabella 54: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
3	0	0.3	29.0	2.3	8.1	0.25	0.32	0.35	0.65	0.20	0.27		0.15	0.40	0.30	
2	0	0.6		5.0	15.1	0.23	0.19	0.21	0.64	0.13	0.27			0.40	0.16	
1	0	0.8		8.5	21.3	0.25	0.14	0.15	0.64	0.12	0.32			0.40	0.10	

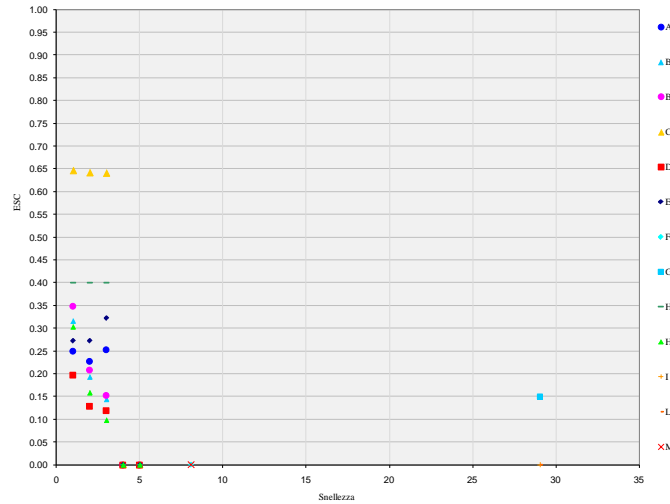


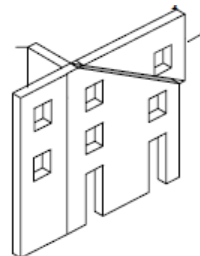
Figura 56: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 55: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.09	0.10	0.10
INDICE DI VULNERABILITA'	7.33	6.97	6.63	7.02	6.67	6.35	10.72	10.18	9.70
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.41	0.41	0.41	1.12	1.12	1.12
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VERY HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 56: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.09	0.10	0.10	
10.72	10.18	9.70	INDICE DI VULNERABILITA'
1.12	1.12	1.12	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
VERY HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	3		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	---		COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
	2	n.storeys	



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 5:

Orientamento SUD-EST interna.

Di seguito si riportano in Figura 57 le foto della facciata 5 nonché il modulo (Figura 58) compilato per la facciata analizzata.



Figura 57: Vista satellitare Facciata 5 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	NE																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	3																														
2-3 Numero di piani della facciata	3																														
2-4 Lunghezza facciata	32.6																														
2-5 Altezza totale facciata	15.30																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	7	7	7																	
Piani																															
0	1	2	3	4																											
7	7	7																													
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>3</td> </tr> </table>	b	h	1.7	3																										
b	h																														
1.7	3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	3	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	3																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1																														
3-6 Piattabanda																															
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.80																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.813																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.95																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	3																														
5-2 Tipologia solaio	B																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	B																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	na na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 58: Modulo FaMIVE Facciata 5 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 5 scuola G.Mazza :

Tabella 57: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
3	0	0.2	55.7	1.4	8.7	0.12	0.12	0.12	0.65	0.09	0.13		0.10	0.40	0.41
2	0	0.3		3.1	15.6	0.07	0.07	0.07	0.64	0.05	0.09			0.40	0.22
1	0	0.5		5.4	21.3	0.05	0.05	0.05	0.64	0.04	0.08			0.40	0.14

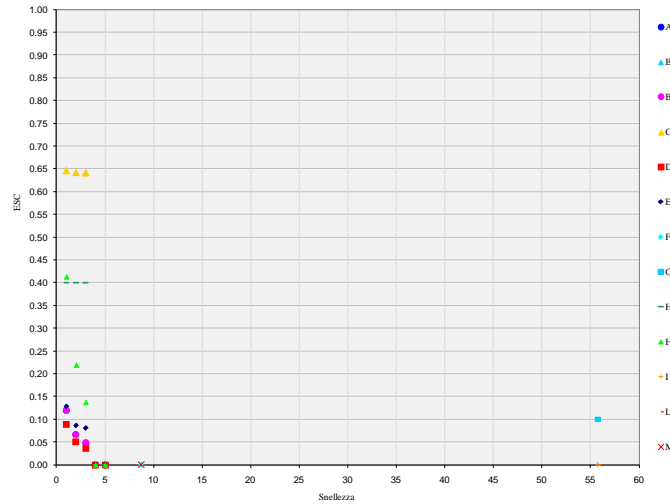


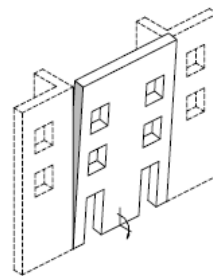
Figura 59: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 58: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.11	0.13	0.14	0.14
INDICE DI VULNERABILITA'	22.06	20.95	19.96	10.53	10.00	9.52	7.64	7.26	6.91
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.41	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	A			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 59: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.05	0.05	0.05	ESC
22.06	20.95	19.96	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
A			MECCANISMI DI COLLASSO
VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	VULNERABILITA' FINALE
3	Numero di piani		
---	Angolo inclinazione lesioni		
---	TESSUTO MURATURA		
total failure of roof	COLLASSO TETTO		
failure of floors	COLLASSO SOLAI		
2	n.storeys		



Meccanismo tipo A: Ribaltamento della facciata

Facciata 6:

Orientamento SUD-OVEST interna.

Di seguito si riportano in Figura 60 le foto della facciata 6 nonché il modulo (Figura 61) compilato per la facciata analizzata.



Figura 60: Vista satellitare Facciata 6 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	SW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	3																														
2-3 Numero di piani della facciata	3																														
2-4 Lunghezza facciata	13.3																														
2-5 Altezza totale facciata	15.30																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>1.7</td> <td>3</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	2	2	2			Aperture		b	h				1.7	3						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
2	2	2																													
Aperture		b	h																												
		1.7	3																												
3-2 Stima dimensioni aperture																															
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	3	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	3																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale																															
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1																														
3-6 Piattabanda																															
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.85																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.882																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <th>piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 61: Modulo FaMIVE Facciata 6 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 6 scuola G.Mazza :

Tabella 60: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
3	0	0.4	19.7	1.1	7.6	0.18	0.22	0.25	0.65	0.15	0.21		0.14	0.40	0.47
2	0	0.8		2.5	14.2	0.11	0.13	0.15	0.64	0.08	0.16			0.40	0.29
1	0	1.2		4.2	20.0	0.09	0.10	0.11	0.64	0.05	0.16			0.40	0.18

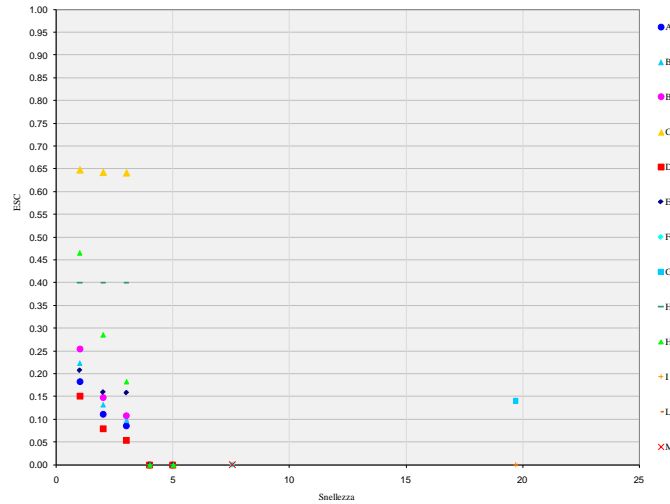


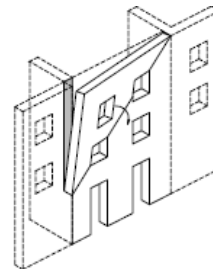
Figura 62: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 61: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.05	0.05	0.06	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19
INDICE DI VULNERABILITA'	19.39	18.42	17.54	7.52	7.14	6.80	5.76	5.47	5.21
INDICE DI DANNO	0.98	0.98	0.98	0.41	0.41	0.41	1.12	1.12	1.12
MECCANISMI DI COLLASSO	D			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 62: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.05	0.05	0.06	
19.39	18.42	17.54	INDICE DI VULNERABILITA'
0.98	0.98	0.98	INDICE DI DANNO
	D		MECCANISMI DI COLLASSO
VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	VULNERABILITA' FINALE
3			Numero di piani
---			Angolo inclinazione lesioni
---			TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
partial failure of floors			COLLASSO SOLAI
2	n.storeys		



Meccanismo tipo D: Ribaltamento della facciata con lesioni diagonali

Facciata 7:

Orientamento NORD-OVEST interna.

Di seguito si riportano in Figura 63 le foto della facciata 7 nonché il modulo (Figura 64) compilato per la facciata analizzata.



Figura 63: Vista satellitare Facciata 7 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	NW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	3																														
2-3 Numero di piani della facciata	3																														
2-4 Lunghezza facciata	13.6																														
2-5 Altezza totale facciata	15.30																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Aperture</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	Aperture	2	2	2																
Piani																															
0	1	2	3	4																											
Aperture	2	2	2																												
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>3</td> </tr> </table>	b	h	1.7	3																										
b	h																														
1.7	3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	3	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	3																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	<input type="checkbox"/>																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1																														
3-6 Piattabanda																															
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.85																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.700																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.05																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 64: Modulo FaMIVE Facciata 7 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 7 scuola G.Mazza :

Tabella 63: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
3	0	0.4	25.4	1.1	9.5	0.34	0.61	0.65	0.64		0.29		0.15	0.40	0.45
2	0	0.8		2.4	15.7	0.46	0.51	0.52	0.64		0.32			0.40	0.27
1	0	1.1		4.1	20.0	0.66	0.39	0.36	0.64		0.40			0.40	0.17

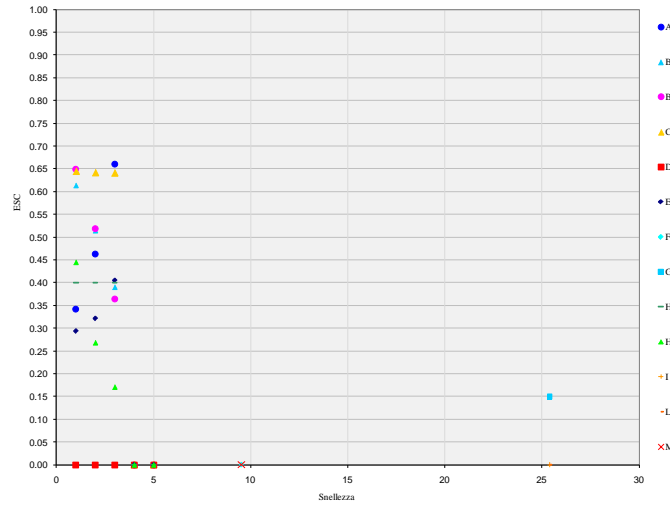


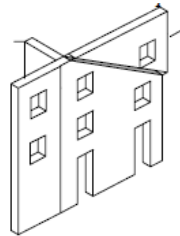
Figura 65: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 64: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.35	0.36	0.38	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18
INDICE DI VULNERABILITA'	2.89	2.75	2.62	7.02	6.67	6.35	6.16	5.85	5.57
INDICE DI DANNO	1.30	1.30	1.30	0.34	0.34	0.34	1.04	1.04	1.04
MECCANISMI DI COLLASSO	B2			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 65: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.16	0.17	0.18	
6.16	5.85	5.57	INDICE DI VULNERABILITA'
1.04	1.04	1.04	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	3		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	---		COLLASSO TETTO
partial failure of floors			COLLASSO SOLAI
	2	n.storeys	



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 8:

Orientamento SUD-OVEST interna.

Di seguito si riportano in Figura 66 le foto della facciata 8 nonché il modulo (Figura 67) compilato per la facciata analizzata.



Figura 66: Vista satellitare Facciata 8 scuola G.Mazza

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	SW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	3																														
2-3 Numero di piani della facciata	3																														
2-4 Lunghezza facciata	35.7																														
2-5 Altezza totale facciata	15.30																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	8	8	8																	
Piani																															
0	1	2	3	4																											
8	8	8																													
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>3</td> </tr> </table>	b	h	1.7	3																										
b	h																														
1.7	3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	3	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	3																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	<input type="checkbox"/>																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1.1																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	1.00																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	2																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.7																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	4																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene/Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene/Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene/Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 67: Modulo FaMIVE Facciata 8 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 8 scuola G.Mazza :

Tabella 66: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
3	0	0.1	39.7	1.5	5.7	0.26	0.28	0.29	0.65	0.24	0.27		0.10	0.40	0.42	
2	0	0.3		3.3	11.3	0.21	0.15	0.16	0.64	0.23	0.24			0.40	0.23	
1	0	0.4		5.7	17.0	0.23	0.11	0.11	0.64	0.27	0.26			0.40	0.15	

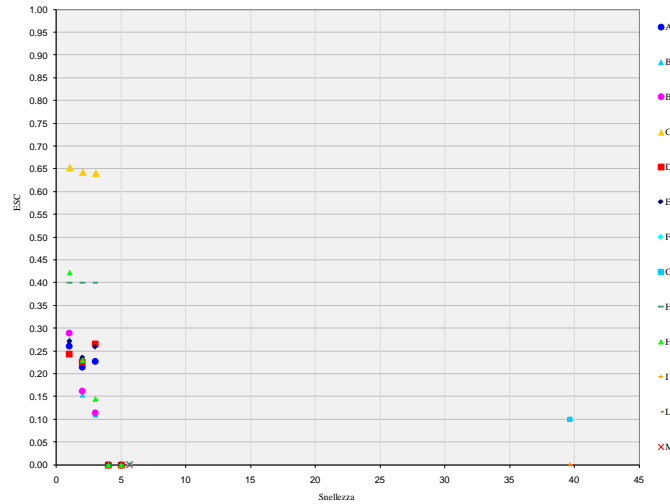


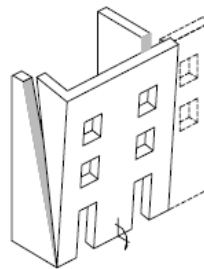
Figura 68: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 67: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.10	0.11	0.12	0.10	0.10	0.11	0.14	0.15	0.15
INDICE DI VULNERABILITA'	9.54	9.06	8.63	10.53	10.00	9.52	7.25	6.89	6.56
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.41	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 68: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.10	0.11	0.12	ESC
9.54	9.06	8.63	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	B1		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	3		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	2	n.storeys	



Meccanismo tipo B1: Ribaltamento della facciata e di una parte di muro

Infine si riporta in Tabella 69 un riepilogo dell'analisi svolta da FaMIVE per le 8 facciate della scuola G.Mazza.

Tabella 69:Riepilogo Risultati FaMIVE per la scuola G.Mazza

SCUOLA	FACCIATA	Nr.PIANI DELLA FACCIATA	H tot	L tot	MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		MECCANISMI PARZIALI		Ribalamento laterale porticato	M	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLASSO	VULNERABILITA' FINALE
					A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L								
GMAZZA	1	3	15.3	55	0.05	0.05	0.05	0.64	0.04	0.07	---	0.12	0.40	0.07	---	---	---	0.05	19.4	1.5	A	VERY HIGH		
	2	3	15.3	22	0.25	0.12	0.13	0.64	0.25	0.27	---	0.11	0.4	0.24	---	---	---	0.12	8.3	1.5	B1	HIGH		
	3	3	15.3	10.8	0.21	0.08	0.09	0.64	0.11	0.25	---	0.23	0.4	0.23	---	---	---	0.08	12.0	1.3	B1	VERY HIGH		
	4	3	15.3	18.3	0.23	0.14	0.15	0.64	0.12	0.27	---	0.15	0.4	0.1	---	---	---	0.1	10.2	1.12	H2	HIGH		
	5	3	15.3	32.6	0.05	0.05	0.05	0.64	0.04	0.08	---	0.1	0.4	0.14	---	---	---	0.05	21.0	1.5	A	VERY HIGH		
	6	3	15.3	13.3	0.09	0.1	0.11	0.64	0.05	0.16	---	0.14	0.4	0.18	---	---	---	0.05	18.4	0.98	D	VERY HIGH		
	7	3	15.3	13.6	0.34	0.39	0.36	0.64	---	0.29	---	0.15	0.4	0.17	---	---	---	0.17	5.8	1.04	H2	HIGH		
	8	3	15.3	35.7	0.21	0.11	0.11	0.64	0.23	0.24	---	0.1	0.4	0.15	---	---	---	0.11	9.1	1.5	B1	HIGH		

3.4. II CASO DI STUDIO: SCUOLA NAZARIO SAURO

3.4.1 DESCRIZIONE GENERALE

La scuola elementare Nazario Sauro (Figura 69 e Figura 70) sita in via Circumvallazione 184, la sua realizzazione risale approssimativamente al periodo fascista 1919-1945 e risulta costituita principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrata. Inoltre si sviluppa su due piani di superficie coperta di circa 1724mq con altezza di interpiano di 5m, ed è dotata di cordoli ad ogni piano e di copertura piana praticabile accessibile solo per interventi di manutenzione.

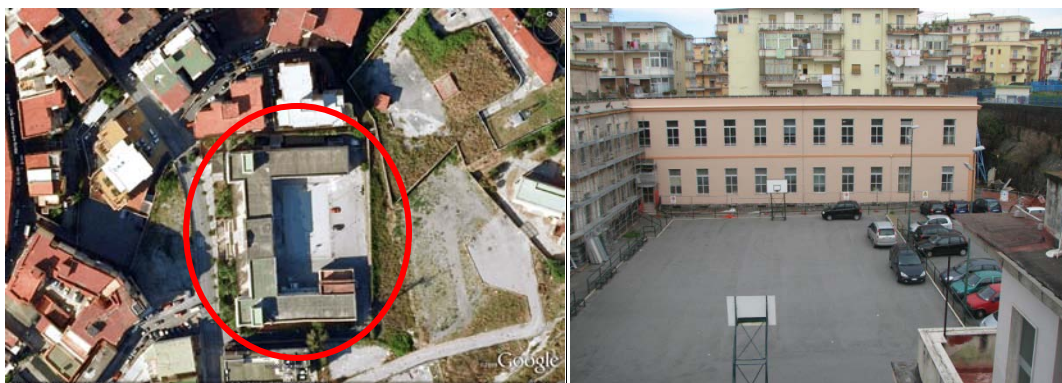


Figura 69: Scuola N.Sauro vista satellitare e palestra.

La scuola inoltre è definita dal Comune di Torre del Greco edificio d'importanza strategica.



Figura 70: Particolari esterni scuola N.Sauro.

Inoltre nella scuola sono presenti strutture ad arco (Figura 71).

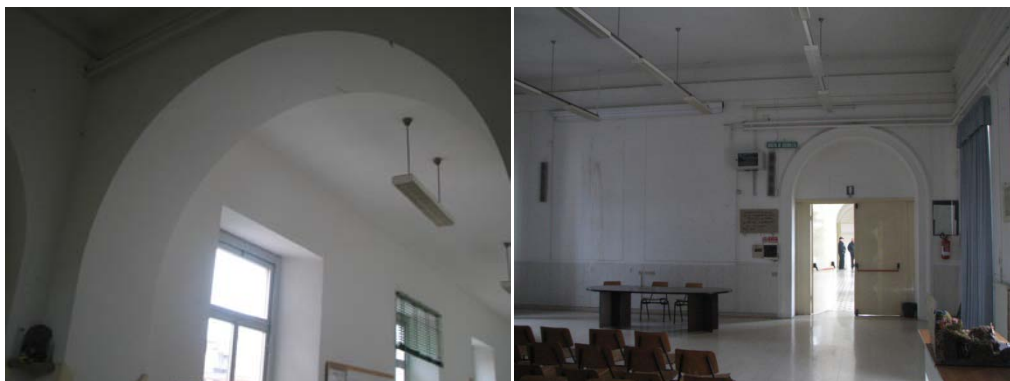


Figura 71: Particolare del corridoio (sinistra) e aula magna (destra) con archi della scuola N.Sauro.

Da un'osservazione dall'esterno si nota che la scuola era interessata da un evidente quadro fessurativo su tutte le facciate (Figura 72) che è stato risolto da interventi di ristrutturazione.



Figura 72: Particolari esterni scuola N.Sauro:Diffuse lesioni degli intonaci.

Da un'osservazione degli interni si notano lesioni sia verticali che orizzontali nonché zone con problemi di infiltrazioni (Figura 33).



Figura 73: Particolari lesione degli interni scuola N.Sauro :

Descrizione geometrica:

Si riportano di seguito (Figura 74) la visuale dal satellite della scuola oggetto di analisi.



Figura 74 : Visuale dal satellite in 3D della scuola N.Sauro da “Bing © 2009 Microsoft”

Si riportano di seguito (Figura 35) la pianta del piano terra rialzato.

Le piante del primo e secondo piano sono identiche al piano terra dal punto di vista della disposizione dei muri portanti che vanno di piano in piano rastremandosi.

Nelle piante che seguono sono numerati in rosso i maschi murari (numerazione necessaria per identificare le pareti per applicare il metodo VM), inoltre sono evidenziate in verde le orditure dei solai.

Infine viene riportato in pianta sia l'orientamento della scuola rispetto al nord che la numerazione delle 8 facciate che compongono il perimetro della scuola (numerazione ed orientamento necessari per applicare la procedura FaMIVE).

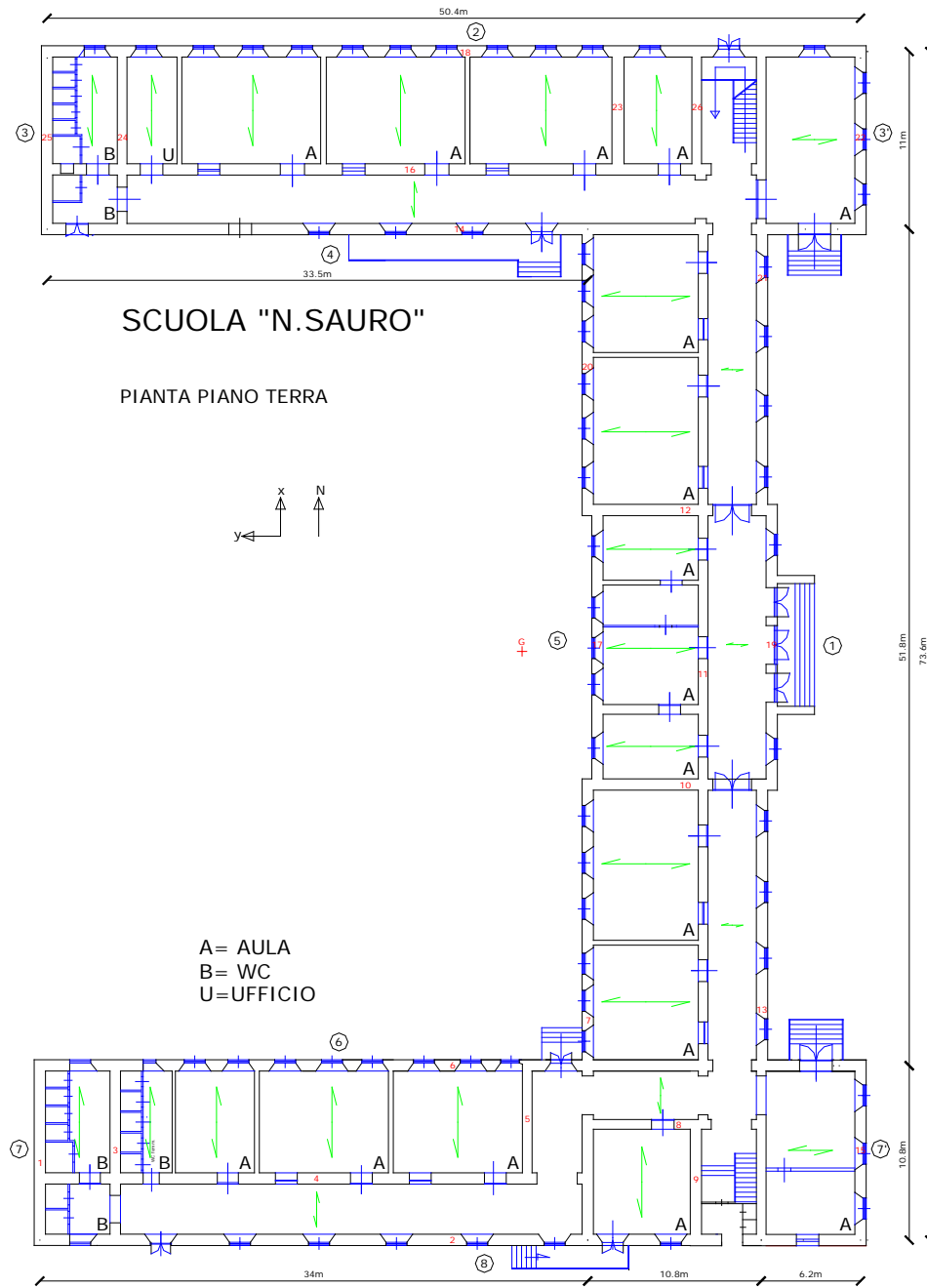


Figura 75: Scuola N.Sauro Pianta

3.4.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO

Parametri:

1.Tipo ed organizzazione del sistema resistente:

Classe B: Edifici con cordoli o catene a tutti i livelli.

2.Qualità del sistema resistente:

Classe B: Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare. Bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli oppure come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni.

3.Resistenza convenzionale:

Classe B: Edifici con $0.6 \leq \alpha < 1$ cioè:

Si riporta in Tabella 70 dei dati misurati per il calcolo della resistenza convenzionale:

Tabella 70: Dati per il calcolo della resistenza convenzionale scuola N.Sauro

Numero di piani	N	2
Area totale coperta	A_t (mq)	1724
Area	A_x (mq)	124
Area	A_y (mq)	139
τ_k	(t/mq)	7
Alt. media interpiano	h(m)	5
Peso specifico pareti	p_m (t/mq)	1.6
Carico permanente solai	p_s (t/mq)	0.50

Si riporta in Tabella 71 il calcolo della resistenza convenzionale cioè del parametro 3:

Tabella 71: Resistenza convenzionale scuola N.Sauro

Parametro 3. Resistenza convenzionale	
Tipologia strutture verticali	τ_k (t/mq)
MURATURA IN TUFO NAPOLETANO	7
Minimo tra A_x ed A_y	A(mq) 132
Massimo tra A_x ed A_y	B(mq) 150
Coeff. $a_0 = A / A_t = 0.11$	Coeff. $\gamma = B/A = 1.13$
$q = (A_x + A_y) h p_m / A_t + p_s = 2.42$	
$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}}$	0.29
$\alpha = C/0.4 = 0.72$	

4. Posizione dell'edificio e delle fondazioni:

Classe A: Edifici posti su roccia con pendenza $p \leq 10\%$.

Terreno sciolto non spingente.

5. Orizzontamenti:

Classe A: - Edifici con orizzontamenti di qualsiasi natura ma con deformabilità nel piano del solaio trascurabile e mal collegati alle pareti, data la presenza dei cordoli.

6. Configurazione in planimetrica:

Classe D: $\beta_1 < 40$ $\beta_2 > 30$

Tabella 72: Rapporti fra i lati della pianta della scuola N.Sauro.

Rapporto percentuale $\beta_1 = a/l$	20.94
Rapporto percentuale $\beta_2 = b/l$	33.67

7. Configurazione in elevazione:

Classe A: - Edifici con distribuzione di masse e di elementi resistenti praticamente uniforme su tutta l'altezza;

- edifici con massa ed elementi resistenti decrescenti con continuità;

- edifici che presentano arretramenti comportanti una riduzione dell'area di pianta inferiore al 10%.

8. Distanza massima fra le murature:

Classe A: - Edifici con rapporto interasse/spessore non superiore a 15

9. Copertura:

Classe A:

- Edifici con copertura non spingente con cordolo di sottotetto.

10. Elementi non strutturali:

Classe C:

- Edifici con infissi esterni o insegne di piccole dimensioni mal vincolate alle pareti e con controsoffitti di piccola estensione mai collegati ovvero di grande estensione e ben collegati.

11. Stato di fatto:

Classe A:

- Edifici in buone condizioni senza lesioni visibili.

Quindi riepilogando (Tabella 73) si può passare al calcolo dell'indice di vulnerabilità con la relazione (3):

Tabella 73: Calcolo indice di vulnerabilità scuola N.Sauro.

PUNTEGGI E PESI RELATIVI AI SINGOLI PARAMETRI							$I_v(\text{assoluto})$	
PARAMETRO	CLASSE				PESO	TOTALE		
	A	B	C	D				
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE(S.R.)	0	5	20	45	1	B	5
2	QUALITÀ DEL S.R.	0	5	25	45	0.25	B	1.25
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	0	5	25	45	1.5	B	7.5
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	0	5	25	45	0.75	B	3.75
5	ORIZZONTAMENTI	0	5	15	45	0.75	A	0
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	0	5	25	45	0.5	D	22.5
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	0	5	25	45	0.75	A	0
8	DMAX MURATURE	0	5	25	45	0.25	A	0
9	COPERTURA	0	15	25	45	0.75	A	0
10	ELEM. NON STRUTT.	0	0	25	45	0.25	C	6.25
11	STATO DI FATTO	0	5	25	45	1	A	0
								46.25

Quindi normalizzando l'indice di vulnerabilità rispetto all'indice di vulnerabilità rispetto al suo valore massimo 382.5 si ottiene (Tabella 74) :

Tabella 74: Indice di vulnerabilità relativo scuola N.Sauro

$I_v(\text{assoluto})$	$I_v(\text{max})$	$I_v(\text{relativo})$
46.25	382.50	0.12

Questo indice è compreso nell'intervallo di vulnerabilità bassa cioè tra 0,10 e 0,20.

3.4.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE

Sezione 1 :Input dati generali:

Si riportano come dati di input generali i valori dell'altezza di interpiano, peso specifico muratura, peso solaio, carichi accidentali solaio, coefficiente di riduzione carichi accidentali, peso e massa, taglio resistente ed infine area di muratura nelle 2 direzioni per ogni piano (Tabella 74 e Tabella 76).

Tabella 75

Piano terra :

Tabella 75: Sezione 1 input dati generali piano terra scuola N.Sauro

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	5	m	Vres_X	13503	KN	dir X	124	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	17203	KN	dir Y	139	mq
p. solaio	5	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	37045	KN			W (per valutaz. Massa)
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	6.8	KN/mq						36701.26 KN

Piano I : Essendo questo l'ultimo piano si considera come carico permanente quello calcolato per coperture praticabili nel paragrafo 3.2.4 dell'analisi dei carichi e come sovraccarico lo stesso di quello per i solai di interpiano.

Tabella 76: Sezione 1 input dati generali I piano scuola N.Sauro

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	5	m	Vres_X	6448	KN	dir X	113	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	8752	KN	dir Y	139	mq
p. solaio	3	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	33049	KN			W (per valutaz. Massa)
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	4.8	KN/mq						20734 KN

Sezione 2 :Input dati pareti omogenee

Si riportano (Tabella 77 e Tabella 80) le caratteristiche geometriche e l'orientamento rispetto asse x o y di ogni parete per ogni piano. Inoltre si considera la resistenza caratteristica sia a compressione che a taglio della muratura dedotta dalla NTC2008.

Tabella 77: Dati di input pareti piano terra scuola N.Sauro.

SCUOLA		N.SAURO											
PIANO		terra		3			1	1	2		3		
dirsz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L APERTURE (m)	D SOLAIO (m)	
x	Parete 1	1.00	10.80	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 2	0.65	50.90	0.70	70	3500	9.00	1.00	1.00	96.71	2.00	1.90	
x	Parete 3	0.84	10.80	0.65	70	3500	1.00	1.00	1.00	0.00	1.70	0.00	
y	Parete 4	0.66	34.00	0.70	70	3500	8.00	0.00	2.00	183.60	1.44	5.40	
x	Parete 5	1.00	7.00	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 6	0.56	50.50	0.70	70	3500	13.00	0.85	1.15	176.75	1.69	3.50	
x	Parete 7	0.49	28.20	0.70	70	3500	7.00	0.86	1.14	101.52	2.06	3.60	
y	Parete 8	0.64	10.80	0.60	70	3500	2.00	0.00	2.00	57.78	1.95	5.35	
x	Parete 9	1.00	7.20	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 10	0.80	11.40	0.75	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	2.30	0.00	
x	Parete 11	0.85	51.80	0.60	70	3500	5.00	0.00	2.00	277.13	1.56	5.35	
y	Parete 12	0.79	11.40	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	2.40	0.00	
x	Parete 13	0.72	28.20	0.70	70	3500	4.00	1.00	1.00	50.76	2.00	1.80	
y	Parete 14	0.74	50.40	0.70	70	3500	7.00	0.71	1.29	93.24	1.86	1.85	
x	Parete 15	0.44	10.80	0.70	70	3500	3.00	1.00	1.00	33.48	2.00	3.10	
y	Parete 16	0.67	44.30	0.70	70	3500	10.00	0.00	2.00	243.65	1.47	5.50	
x	Parete 17	0.41	17.00	0.70	70	3500	5.00	0.00	1.00	56.10	2.00	3.30	
y	Parete 18	0.44	50.40	0.70	70	3500	14.00	1.00	1.00	183.96	2.00	3.65	
x	Parete 19	0.41	17.00	0.70	70	3500	5.00	0.00	1.00	36.55	2.00	2.15	
x	Parete 20	0.31	17.40	0.70	70	3500	6.00	1.00	1.00	62.64	2.00	3.60	
x	Parete 21	0.54	22.40	0.70	70	3500	5.00	0.80	1.20	39.20	2.08	1.75	
x	Parete 22	0.45	11.00	0.70	70	3500	3.00	1.00	1.00	31.35	2.00	2.85	
x	Parete 23	0.86	7.30	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	
x	Parete 24	0.86	11.00	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	1.50	0.00	
x	Parete 25	1.00	11.00	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 26	1.00	7.30	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tabella 78: Dati di input pareti I piano scuola N.Sauro.

SCUOLA		N.SAURO											
PIANO		I		3			1	1	2		3		
dirsz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L APERTURE (m)	D SOLAIO (m)	
x	Parete 1	1.00	10.80	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 2	0.65	50.90	0.70	70	3500	9.00	1.00	1.00	96.71	2.00	1.90	
x	Parete 3	0.84	10.80	0.65	70	3500	1.00	1.00	1.00	0.00	1.70	0.00	
y	Parete 4	0.66	34.00	0.70	70	3500	8.00	0.00	2.00	183.60	1.44	5.40	
x	Parete 5	1.00	7.00	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 6	0.56	50.50	0.70	70	3500	13.00	0.85	1.15	176.75	1.69	3.50	
x	Parete 7	0.49	28.20	0.70	70	3500	7.00	0.86	1.14	101.52	2.06	3.60	
y	Parete 8	0.64	10.80	0.60	70	3500	2.00	0.00	2.00	57.78	1.95	5.35	
x	Parete 9	1.00	7.20	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 10	0.80	11.40	0.75	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	2.30	0.00	
x	Parete 11	0.63	21.10	0.60	70	3500	5.00	0.00	2.00	112.89	1.56	5.35	
y	Parete 12	0.79	11.40	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	2.40	0.00	
x	Parete 13	0.72	28.20	0.70	70	3500	4.00	1.00	1.00	50.76	2.00	1.80	
y	Parete 14	0.74	50.40	0.70	70	3500	7.00	0.71	1.29	93.24	1.86	1.85	
x	Parete 15	0.44	10.80	0.70	70	3500	3.00	1.00	1.00	33.48	2.00	3.10	
y	Parete 16	0.67	44.30	0.70	70	3500	10.00	0.00	2.00	243.65	1.47	5.50	
x	Parete 17	0.41	17.00	0.70	70	3500	5.00	0.00	1.00	86.70	2.00	5.10	
y	Parete 18	0.44	50.40	0.70	70	3500	14.00	1.00	1.00	183.96	2.00	3.65	
x	Parete 19	0.41	17.00	0.70	70	3500	5.00	0.00	1.00	86.70	2.00	5.10	
x	Parete 20	0.31	17.40	0.70	70	3500	6.00	1.00	1.00	62.64	2.00	3.60	
x	Parete 21	0.54	22.40	0.70	70	3500	5.00	0.80	1.20	39.20	2.08	1.75	
x	Parete 22	0.45	11.00	0.70	70	3500	3.00	1.00	1.00	31.35	2.00	2.85	
x	Parete 23	0.86	7.30	0.70	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	
x	Parete 24	0.86	11.00	0.60	70	3500	1.00	0.00	2.00	0.00	1.50	0.00	
x	Parete 25	1.00	11.00	0.70	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 26	0.63	21.10	0.60	70	3500	5.00	0.00	2.00	112.89	1.58	5.35	
x	Parete 27	1.00	7.30	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Sezione 3 : Riepilogo caratteristiche e sollecitazioni delle pareti:

In questa sezione vengono riepilogate le caratteristiche e le sollecitazioni sopportate da ogni parete secondo la sua direzione x o y ed infine viene considerato il collasso per schiacciamento della muratura che nel nostro caso non si verifica.

Sezione 4 : Riepilogo calcolo Resistenze a taglio (Tabella 79)

Tabella 79: Riepilogo Resistenze ai differenti piani scuola N.Sauro

	Resistenza a Taglio della muratura	
	P. Terra	1°
Vx_tot	13503	6448
Vy_tot	17203	8752
<i>Rotture schiacc.</i>	0	0

Sezione 5 : Il coefficiente di riduzione sia per le irregolarità in pianta che di rigidezza:

Tabella 80: Caratteristiche di regolarità geometrica e strutturale scuola N.Sauro

- 0.9 Irregolarità geometrica della struttura, a giudizio dell'Utente
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 1 Irregolarità di Rigidezza e/o di resistenza in pianta.
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 2.0 Coefficiente di duttilità assegnato ai maschi murari.

Nel nostro caso per la scuola N.Sauro si considerano i coefficienti in Tabella 80 perché la forma geometrica della pianta è a C e quindi fortemente non regolare e dal punto di vista strutturale sarà regolare in relazione alla distribuzione disuniforme in pianta delle tamponature, o alla presenza di vani scala, nuclei ascensori o setti strutturali in posizione eccentrica.

Sezione 6 : Calcolo forze statiche equivalenti (Tabella 81):

Tabella 81: Calcolo forze statiche equivalenti scuola N.Sauro

numero di piani		Calcolo forze statiche equivalenti					
		$g = h_i * \Sigma W_i / \Sigma(W_i * h_i)$					
piano	Wi	h interp (m)	hi (m)	gamma i	acc /g	Fi	Taglio V
P.Terra	36701	5	5	0.73	1	26966	57435
1° P	20734	5	10	1.47	1	30469	30469
ΣW_i	57435						
$\Sigma (W_i * h_i)$		390844					

Nel calcolo bisogna anche considerare un coefficiente riduttivo della rigidezza per tener conto della fessurazione compreso tra 0 e 1 nel nostro caso 0,5.

Nella stessa sezione c'è un pulsante che manda in esecuzione il calcolo del periodo proprio nelle due direzioni della struttura sia integra che fessurata (Tabella 82):

Tabella 82: Calcolo periodo proprio scuola N.Sauro.

<i>T periodo proprio</i>	
dir X	dir Y
0.396	0.368
<i>T periodo proprio - Fessurata</i>	
dir X	dir Y
0.560	0.521

Sezione 7:Calcolo accelerazione spettrale (Tabella 83)

Tabella 83: Calcolo accelerazione spettrale scuola N.Sauro

Accelerazione spettrale		
Vres/V1g	Piano	Piano
	Terra	1°
dir X	0.235	0.212
dir Y	0.300	0.287

Sezione 8 : Calcolo coefficiente α_{DUT} (Tabella 84):Tabella 84: Calcolo coefficiente α_{DUT} scuola N.Sauro

coeff. Ri per la valutazione automatica della Regolarità strutturale in altezza			Coeff. riduttivo dovuto all'irregolarità di resistenza in altezza (grid 1b)		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	1.111	1.000	dir X	0.944	0.900
dir Y	1.043	1.000	dir Y	0.917	0.900
Prodotto dei coeff riduttivi ($q_{rid\ 1b} * q_{rid\ 2} * q_{rid\ 3}$)			ottenuti dalle analisi, e per tanto anche minori dell'unità		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	0.850	0.810	dir X	1.700	1.620
dir Y	0.825	0.810	dir Y	1.651	1.620
Limitazione dei valori di duttilità imponendo che: $1 \leq \alpha_{dut}$					
Calcolo del Coefficiente di DUTILITÀ' aDUT			Coeff di DUTILITÀ' aDUT - da utilizzare nel calcolo seguente		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	1.700	1.620	dir X	1.700	1.620
dir Y	1.651	1.620	dir Y	1.651	1.620

Sezione 9: Calcolo Accelerazioni al Suolo (PGA):

Nella Tabella 85 vengono considerate:

la % di smorzamento assunta pari a 5%

il tipo di terreno: tipo B

integrità della muratura: f cioè fessurata

Tabella 85: Descrizione generale coefficienti scuola N.Sauro

smorzamento della struttura	5	%			
				Tipo di terreno	B
				Integrità della muratura da considerare	f
Coefficienti utilizzati				Periodo Proprio in dir. X	0.55986256 dirX
$S_a = PGA * \alpha_{PM} * \alpha_{AD} * \alpha_{DS} * (1/\alpha_{DUT})$				Periodo Proprio in dir. Y	0.5210369 dirY
α_{PM}	coeff. partecipazione modale (1 per edif ad 1 piano, 0.9 per edif 2 piani, 0.8 più piani)				
α_{AD}	amplificazione spettrale				
α_{DS}	coeff. che tiene conto delle capacità dissipative dell'edificio.				
α_{DUT}	coeff. di duttilità che tiene conto della presenza di una certa duttilità strutturale (valore definito nella sezione precedente)				

Successivamente in Tabella 86 si calcola in automatico il coefficiente parziale per la trasformazione da accelerazione spettrale in PGA:

Tabella 86: Coefficiente parziale per la trasformazione da Accelerazione spettrale in PGA scuola N.Sauro

dir x		dir y
0.9	α_{PM}	0.9
2.23	α_{AD}	2.40
1	α_{DS}	1
	α_{DUT}	
↓		↓
2.01		2.16

Inoltre nella Tabella 87 sono calcolati piano e direzione di crisi nonché il PGA.

Tabella 87: PGA, piano e direzione di crisi per la scuola N.Sauro

PGA					
	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.199	0.171	0.171	1°	dir X
dir Y	0.229	0.216	0.216	1°	dir Y
L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano in dir X e quindi la struttura, è pari a:					
		1°	piano in	dir X	
			0.171	g	

Sezione 10: Calcolo periodo di ritorno (Tabella 89)

Determinazione su suolo rigido PGA su roccia = ag (Tabella 88)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 88: Calcolo PGA su roccia per la scuola N.Sauro.

ag - (PGA su roccia)					
	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.159	0.136	0.136	1°	dir X
dir Y	0.183	0.172	0.172	1°	dir Y
L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano in dir X e quindi la struttura, è pari a:					
		1°	piano in	dir X	
			0.136	g	

Tabella 89: Calcolo periodo di ritorno per la scuola N.Sauro.

	α	K	α	K
	2.34	55400	2.39	38186
(media)			(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno			Periodo di ritorno	
	523		324	

Sezione II: Livello prestazionale Operatività:

Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola N.Sauro (Tabella 90).

Tabella 90: Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola N.Sauro

Rigidezza K (kN/m)			Accelerazione Spettrale - limite di Operatività		
K	Piano Terra	Piano 1°	Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°
	dir X	1929836		1083596	dir X
dir Y	2181968	1309450	dir Y	0.570	1.289

Taglio resistente		
Vres	Piano Terra	Piano 1°
	dir X	28948
dir Y	32730	39283

Tenendo conto dei coefficienti di duttilità calcolati (Tabella 90) e con una deformazione imposta del 3% : deformazione di interpiano per la quale si manifesta il danneggiamento delle pareti che rappresenta il rapporto tra lo spostamento relativo tra i piani e l'altezza di interpiano si procede al calcolo del piano e direzione di crisi nonché il PGA per il Livello prestazionale operatività (Tabella 92).

Tabella 91: Coefficiente trasformazione Accelerazione spettrale in PGA :

0.9	α_{PM}	0.9
2.23	α_{AD}	2.40
1	α_{DS}	1
1	α_{DUT}	1
↓		↓
2.01		2.16
dir X		dir Y

Tabella 92: PGA livello prestazionale Operatività per la scuola N.Sauro.

PGA			
Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°	minimo piano 1°
	dir X	0.251	
dir Y	0.264	0.597	dir Y

PGA per il livello prestazionale: Operatività			
Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°	L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano e quindi la struttura, è pari a:
	dir X	0.117	
dir Y	0.139	0.133	0.105 g

Sezione 12: Calcolo periodo di ritorno per il mantenimento dell'Operatività (Tabella 94).

Accelerazione su roccia al limite dell'Operatività (Tabella 93)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 93: Calcolo PGA su roccia livello prestazionale Operatività per la scuola N.Sauro.

		ag (accelerazione su roccia) - livello prestazionale: Operatività		minimo	
		Piano	Piano	0.084	1°
Vres/VIg	Terra		1°	0.106	1°
	dir X	0.094	0.084		dir X
	dir Y	0.111	0.106		dir Y

L'accelerazione sul suolo rigido (PGA su roccia) che provoca il danneggiamento del piano

1° in dir X è : 0.084 g

Tabella 94: Calcolo periodo di ritorno per mantenimento Operatività scuola N.Sauro.

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
169		102	

3.4.4 METODO FAMIVE

Facciata 1:

Orientamento EST (Figura 76).



Figura 76: Vista satellitare Facciata 1 scuola N.Sauro

Per le modalità di compilazione si rimanda alla prima struttura analizzata nel capitolo precedente paragrafo 3.3.4 pagina 113 scuola G.Mazza.

Si riporta il modulo in Figura 77 compilato per la facciata analizzata.

1 DATI TESSUTO URBANO																																							
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																				
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																				
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																						
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																							
2-1 Orientamento facciata	E	2-5 Altezza totale facciata	10.00																																				
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																																				
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)	<input type="checkbox"/>																																				
2-4 Lunghezza facciata	51.8	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																																				
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																							
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aperture</td> <td>13</td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Piani						0	1	2	3	4	Aperture	13	13				3-4 Maschio murario laterale	R R																			
Piani																																							
	0	1	2	3	4																																		
Aperture	13	13																																					
3-2 Stima dimensioni aperture	b h 2 3	3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																																				
		3-6 Piattabanda	tipo lunghez: Materia																																				
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																							
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																				
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.7																																				
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	2																																				
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																							
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	1																																				
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	sinistra right G G																																				
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																																				
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																																					
5-5 Orditura del tetto	O	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">piano</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			piano						0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
	piano																																						
	0	1	2	3	4																																		
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																																		
iniezioni	0	0	0	0	0																																		
piastre parete	0	0	0	0	0																																		
fascia in legno	0	0	0	0	0																																		
5-6 Tipo di muratura	A1																																						
5-6b Tipo di malta																																							

Figura 77: Modulo FaMIVE Facciata 1 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata I scuola N.Sauro.

Tabella 95: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO				
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2				
2	A2	0.1	74.0	1.8	7.1	---									0.30	0.75	0.12	0.40	0.31
1	A2	0.2		4.3	14.3	---									0.22			0.40	0.15

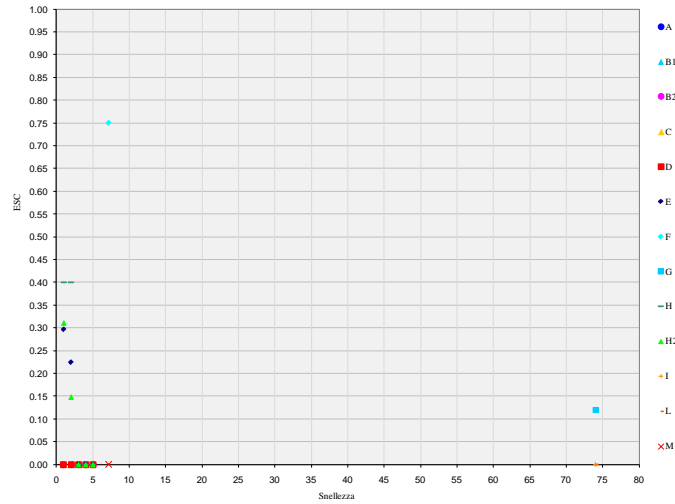


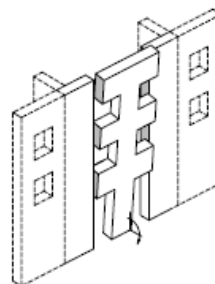
Figura 78: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 96: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.21	0.22	0.24	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
INDICE DI VULNERABILITA'	4.70	4.46	4.25	8.77	8.33	7.94	7.12	6.76	6.44
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 97: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.21	0.22	0.24	ESC
4.70	4.46	4.25	INDICE DI VULNERABILITA'
1.20	1.20	1.20	INDICE DI DANNO
	E		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo E: Ribaltamento della facciata con lesioni lungo la verticale delle aperture

Facciata 2:

Orientamento NORD

Di seguito si riportano in Figura 79 le foto della facciata 2 nonché il modulo (Figura 80) compilato per la facciata analizzata.



Figura 79: Vista satellitare Facciata 2 scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																																					
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																																				
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																																				
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																				
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																				
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																				
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																					
2-1 Orientamento facciata	N																																				
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																																				
2-3 Numero di piani della facciata	2																																				
2-4 Lunghezza facciata	50.4																																				
2-5 Altezza totale facciata	10.00																																				
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																																				
2-7 Altezza timpano (se presente)																																					
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																																				
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																					
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	14	14				Aperture		b	h				2	3												
Piani																																					
0	1	2	3	4																																	
14	14																																				
Aperture		b	h																																		
		2	3																																		
3-2 Stima dimensioni aperture	2 3																																				
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																												
disp.	n.s.																																				
E2	2																																				
sinistra	destra																																				
R	R																																				
3-4 Maschio murario laterale	R R																																				
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																																				
3-6 Piattabanda	tipo: lunghezza: Materia																																				
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																					
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70																																				
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																																				
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																																				
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																				
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.25																																				
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	4																																				
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																					
5-1 N. piani con strutture a volta	0																																				
5-2 Tipologia solaio	C																																				
5-3 Orditura solaio	O																																				
5-4 Tipologia tetto	C																																				
5-5 Orditura del tetto	O																																				
5-6 Tipo di muratura	A1																																				
5-6b Tipo di malta																																					
5-7 Livello manutenzione delle murature	1																																				
5-8 Connessione a bordi	G G																																				
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																																				
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td></td> <td colspan="5">piano</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>		piano						0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
	piano																																				
	0	1	2	3	4																																
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																																
iniezioni	0	0	0	0	0																																
piastre parete	0	0	0	0	0																																
fascia in legno	0	0	0	0	0																																

Figura 80: Modulo FaMIVE Facciata 2 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 2 scuola N.Sauro:

Tabella 98: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	A2	0.1	72.0	2.5	7.1	---						0.22	0.47	0.13	0.40	0.25
1	A2	0.2		5.8	14.3	---						0.17			0.40	0.12

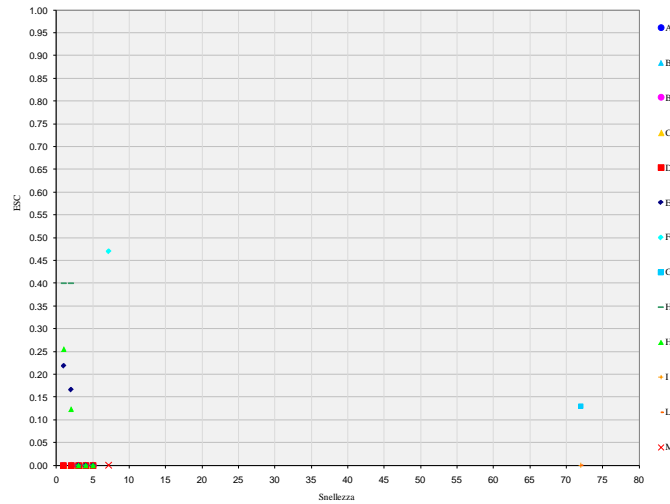


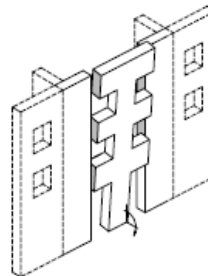
Figura 81: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 99: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.16	0.17	0.17	0.12	0.13	0.14	0.12	0.12	0.13
INDICE DI VULNERABILITA'	6.35	6.04	5.75	8.10	7.69	7.33	8.55	8.12	7.74
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 100: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.16	0.17	0.17	ESC
6.35	6.04	5.75	INDICE DI VULNERABILITA'
1.20	1.20	1.20	INDICE DI DANNO
	E		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo E: Ribaltamento della facciata con lesioni lungo la verticale delle aperture

Facciata 3 e 7:

Orientamento OVEST.

Le facciate 3 e 7 risultano identiche quindi ne sarà analizzata una sola, tuttavia nella scheda della facciata 7 invece saranno analizzate le facciate 3' e 7' anch'esse identiche tra loro.

Di seguito si riportano in Figura 82 le foto delle facciate 3 e 7 nonché il modulo (Figura 83) compilato per la facciata analizzata.



Figura 82: Vista satellitare Facciata 3 e 7 scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	W																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	11.0																														
2-5 Altezza totale facciata	10.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4						Aperture		b	h											
Piani																															
0	1	2	3	4																											
Aperture		b	h																												
3-2 Stima dimensioni aperture																															
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra																								
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.																															
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																														
4-4 Nr.pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.7																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>	sinistra	right		1																										
sinistra	right																														
	1																														
5-8 Connessione a bordi	G G																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 83: Modulo FaMIVE Facciata 3 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 3 e 7 scuola N.Sauro :

Tabella 101: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	A2	0.5	15.7	0.5	7.1	---					0.40	1.17	0.15	0.40	0.40	
1	A2	0.9		0.9	14.3	---					0.45			0.40	0.40	

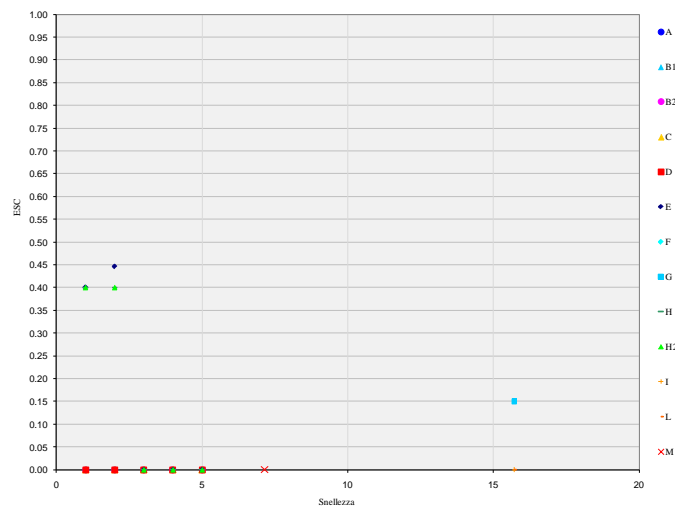


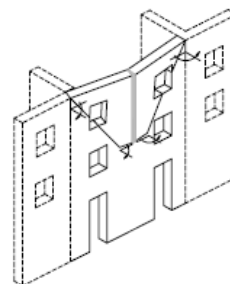
Figura 84: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 102: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.38	0.40	0.42	0.14	0.15	0.16	0.38	0.40	0.42
INDICE DI VULNERABILITA'	2.62	2.49	2.37	7.02	6.67	6.35	2.63	2.50	2.38
INDICE DI DANNO	0.52	0.52	0.52	0.46	0.46	0.46	1.04	1.04	1.04
MECCANISMI DI COLLASSO		E			G			H	
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	LOW	LOW	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 103: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.14	0.15	0.16	ESC
7.02	6.67	6.35	INDICE DI VULNERABILITA'
0.46	0.46	0.46	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	70		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
partial failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
		n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 4:

Orientamento SUD.

Di seguito si riportano in Figura 85 le foto della facciata 4 nonché il modulo (Figura 86) compilato per la facciata analizzata.

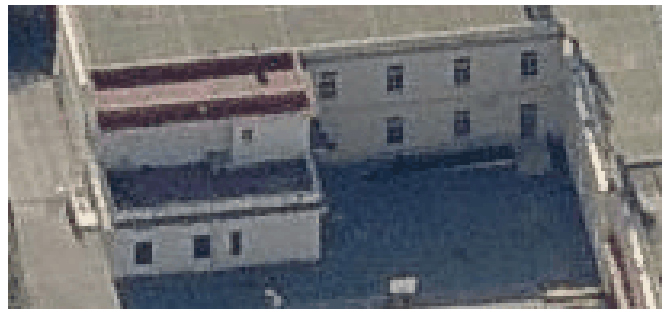


Figura 85: Vista satellitare Facciata 4 scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	S																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	33.5																														
2-5 Altezza totale facciata	10.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	6	6																		
Piani																															
0	1	2	3	4																											
6	6																														
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>	b	h	2	3																										
b	h																														
2	3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghezza</td> <td>Materna</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghezza	Materna																											
tipo	lunghezza	Materna																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.85																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	1																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>G</td> </tr> </table>	sinistra	right	G	G																										
sinistra	right																														
G	G																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 86: Modulo FaMIVE Facciata 4 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 4 scuola N.Sauro:

Tabella 104: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	A2	0.1	47.9	1.2	7.1	---						0.30	0.77	0.10	0.40	0.45
1	A2	0.3		2.8	14.3	---					0.23			0.40	0.23	

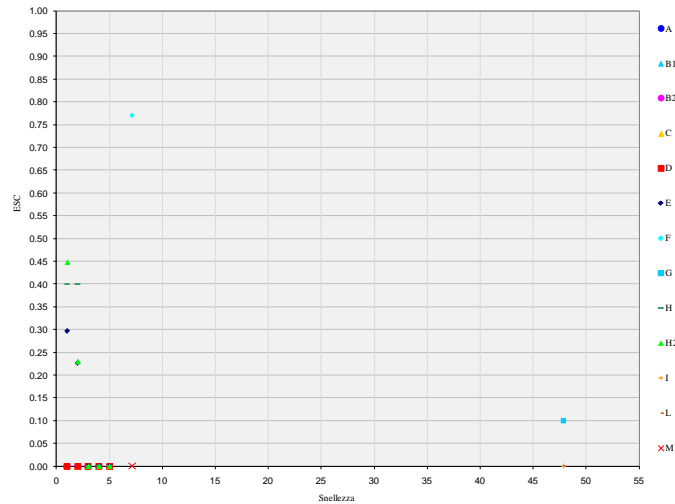


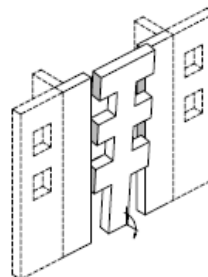
Figura 87: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 105: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.21	0.23	0.24	0.10	0.10	0.11	0.22	0.23	0.24
INDICE DI VULNERABILITA'	4.65	4.42	4.21	10.53	10.00	9.52	4.58	4.35	4.15
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 106: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.21	0.23	0.24	ESC
4.65	4.42	4.21	INDICE DI VULNERABILITA'
1.20	1.20	1.20	INDICE DI DANNO
	E		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo E: Ribaltamento della facciata con lesioni lungo la verticale delle aperture

Facciata 5:

Orientamento OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 88 le foto della facciata 5 nonché il modulo (Figura 89) compilato per la facciata analizzata.



Figura 88: Vista satellitare Facciata 5 scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	W																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	51.8																														
2-5 Altezza totale facciata	10.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>17</td> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	17	17				Aperture		b	h											
Piani																															
0	1	2	3	4																											
17	17																														
Aperture		b	h																												
3-2 Stima dimensioni aperture	2 3																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	<input type="checkbox"/>																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																														
3-6 Piattabanda																															
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.95																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	3																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	1																														
5-8 Connessione a bordi	G G																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <th>piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 89: Modulo FaMIVE Facciata 5 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 5 scuola N.Sauro:

Tabella 107: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	A2	0.1	74.0	3.7	7.1	---						0.31	0.75	0.12	0.40	0.16
1	A2	0.2		8.8	14.3	---						0.24			0.40	0.07

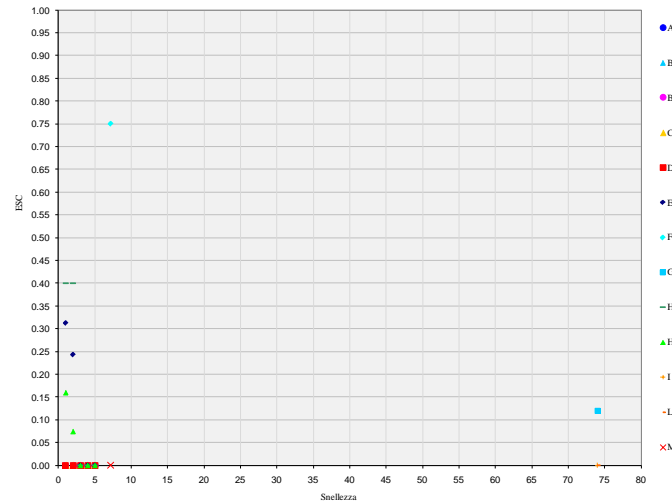


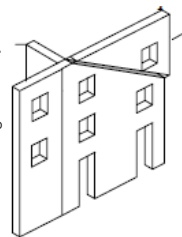
Figura 90: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 108: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.23	0.24	0.25	0.11	0.12	0.13	0.07	0.07	0.08
INDICE DI VULNERABILITA'	4.34	4.12	3.92	8.77	8.33	7.94	14.16	13.45	12.81
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 109: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.07	0.07	0.08	
14.16	13.45	12.81	INDICE DI VULNERABILITA'
0.37	0.37	0.37	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	---		COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
1	n.storeys		



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 6:

Orientamento NORD.

Di seguito si riportano in Figura 91 le foto della facciata 6 nonché il modulo (Figura 92) compilato per la facciata analizzata.



Figura 91: Vista satellitare Facciata 6 scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	N																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	33.5																														
2-5 Altezza totale facciata	10.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	11	11				Aperture		b	h				2	3						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
11	11																														
Aperture		b	h																												
		2	3																												
3-2 Stima dimensioni aperture																															
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																														
3-6 Piattabanda																															
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.7																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	2																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	1																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>G</td> </tr> </table>	sinistra	right	G	G																										
sinistra	right																														
G	G																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 92: Modulo FaMIVE Facciata 6 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 6 scuola N.Sauro:

Tabella 110: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	A2	0.1	47.9	3.8	7.1	---					0.32	0.77	0.10	0.40	0.16
1	A2	0.3		9.0	14.3	---					0.25			0.40	0.08

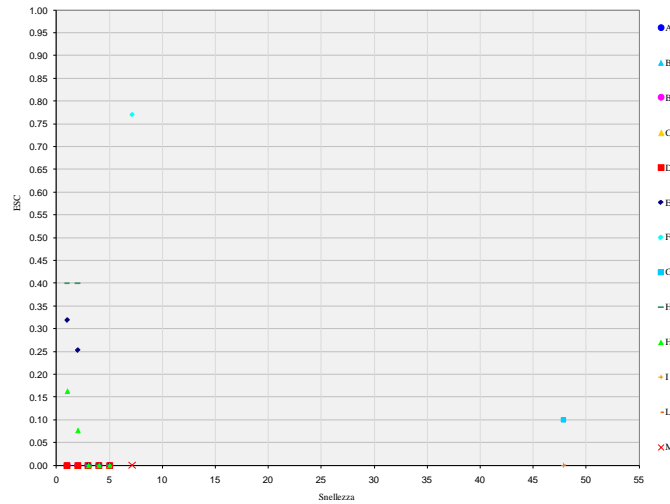


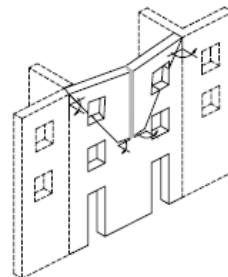
Figura 93: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 111: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.24	0.25	0.27	0.10	0.10	0.11	0.07	0.08	0.08
INDICE DI VULNERABILITA'	4.17	3.96	3.77	10.53	10.00	9.52	13.64	12.96	12.34
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 112: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.10	0.10	0.11	ESC
10.53	10.00	9.52	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	70		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
---			COLLASSO SOLAI
---	n.storeys		



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 7' e 3':

Orientamento EST.

Le facciate 7' e 3' risultano identiche quindi ne sarà analizzata una sola

Di seguito si riportano in Figura 94 le foto delle facciate 7' e 3' nonché il modulo (Figura 95) compilato per la facciata analizzata.



Figura 94: Vista satellitare Facciata 7' e 3' scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																																	
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																	
2-1 Orientamento facciata	E	2-5 Altezza totale facciata	10.00																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-4 Lunghezza facciata	11.0	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																	
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																														
<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Aperture</td> <td>3</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">b</td> <td colspan="3">h</td> </tr> </table>		Piani						0	1	2	3	4	Aperture	3	3					b		h			3-4 Maschio murario laterale	R R							
Piani																																	
	0	1	2	3	4																												
Aperture	3	3																															
	b		h																														
3-2 Stima dimensioni aperture	2 3	3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																														
		3-6 Piattabanda	tipo lunghezza Materia																														
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																	
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.7																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																	
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	1																														
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	sinistra right G G																														
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																															
5-5 Orditura del tetto	O	piano																															
5-6 Tipo di muratura	A1	<table border="1"> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>			0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
	0	1	2	3	4																												
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0																												
iniezioni	0	0	0	0	0																												
piastre parete	0	0	0	0	0																												
fascia in legno	0	0	0	0	0																												
5-6b Tipo di malta																																	

Figura 95: Modulo FaMIVE Facciata 7 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 7' e 3' scuola N.Sauro:

Tabella 113: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	A2	0.5	15.7	2.9	7.1	---					0.34	0.88	0.13	0.40	0.24
1	A2	0.9		6.9	14.3	---					0.29			0.40	0.12

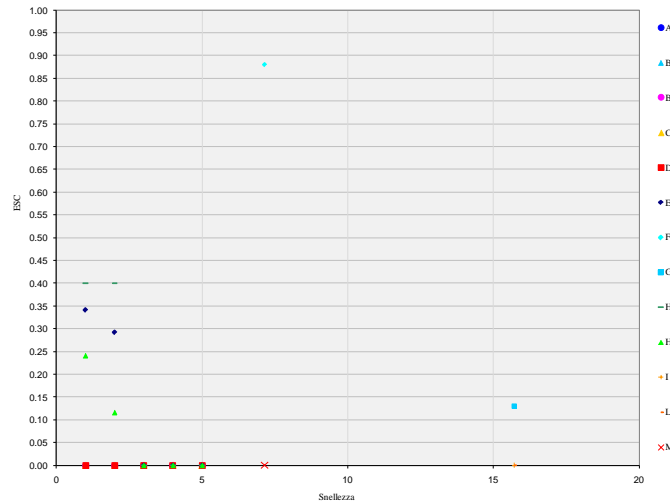


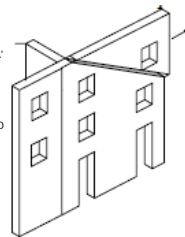
Figura 96: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 114: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.28	0.29	0.31	0.12	0.13	0.14	0.11	0.12	0.12
INDICE DI VULNERABILITA'	3.61	3.43	3.27	8.10	7.69	7.33	9.08	8.62	8.21
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	1.12	1.12	1.12
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 115: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.11	0.12	0.12	ESC
9.08	8.62	8.21	INDICE DI VULNERABILITA'
1.12	1.12	1.12	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	---		COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
1	n.storeys		



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 8:

Orientamento SUD.

Di seguito si riportano in Figura 97 le foto della facciata 8 nonché il modulo (Figura 98) compilato per la facciata analizzata.



Figura 97: Vista satellitare Facciata 8 scuola N.Sauro

1 DATI TESSUTO URBANO																																						
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																			
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																			
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																					
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																						
2-1 Orientamento facciata	S	2-5 Altezza totale facciata	10.00																																			
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano																																				
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																																				
2-4 Lunghezza facciata	50.9	2-8 Angoli nella facciata																																				
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																						
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Aperture</td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Piani						0	1	2	3	4	Aperture	10	10				3-4 Maschio murario laterale	R R																		
Piani																																						
	0	1	2	3	4																																	
Aperture	10	10																																				
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Stima dimensioni aperture</th> </tr> <tr> <th>b</th> <th>h</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>		Stima dimensioni aperture		b	h	2	3	3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																													
Stima dimensioni aperture																																						
b	h																																					
2	3																																					
		3-6 Piattabanda	tipo lunghez. Materia																																			
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																						
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																			
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.25																																			
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	4																																			
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																						
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	1																																			
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	G G																																			
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità																																				
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																																				
5-5 Orditura del tetto	O	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>A2</td> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>		piano		0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0	0
piano		0	1	2	3	4																																
Catene-Cordoli	A2	A2	0	0	0	0																																
iniezioni	0	0	0	0	0	0																																
piastre parete	0	0	0	0	0	0																																
fascia in legno	0	0	0	0	0	0																																
5-6 Tipo di muratura	A1																																					
5-6b Tipo di malta																																						

Figura 98: Modulo FaMIVE Facciata 8 scuola N.Sauro.

Risultati Facciata 8 scuola N.Sauro:

Tabella 116: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	A2	0.1	72.6	1.3	7.1	---						0.30	0.77	0.13	0.40	0.43
1	A2	0.2		3.1	14.3	---					0.25			0.40	0.22	

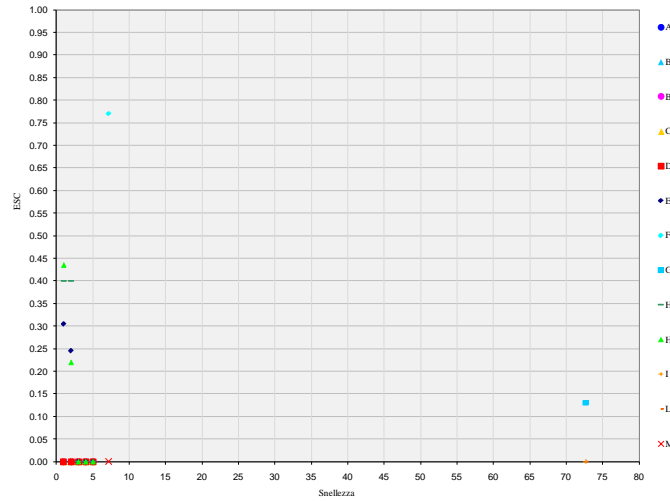


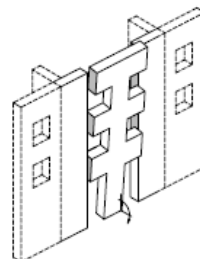
Figura 99: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 117: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.23	0.25	0.26	0.12	0.13	0.14	0.21	0.22	0.23
INDICE DI VULNERABILITA'	4.29	4.07	3.88	8.10	7.69	7.33	4.80	4.56	4.34
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO		E			G			H2	
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 118: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.23	0.25	0.26	ESC
4.29	4.07	3.88	INDICE DI VULNERABILITA'
1.20	1.20	1.20	INDICE DI DANNO
	E		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo E: Ribaltamento della facciata con lesioni lungo la verticale delle aperture

Infine si riporta in Tabella 119 un riepilogo dell'analisi svolta da FaMIVE per le 8 facciate della scuola N.Sauro.

Tabella 119:Riepilogo Risultati FaMIVE per la scuola N.Sauro

SCUOLA	FACCIATA	Nr.PIANI DELLA FACCIATA	H _{tot}	L _{tot}	MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		MECCANISMI PARZIALI		Ribalamento laterale porticato	M	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLASSO	VULNERABILITA' FINALE
					A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L								
N.SAURO	1	2	10	51.8	---	---	---	---	---	0.22	0.75	0.12	0.40	0.15	---	---	---	0.22	4.5	1.2	E	MEDIUM		
	2	2	10	50.4	---	---	---	---	---	0.17	0.47	0.13	0.4	0.12	---	---	---	0.17	6.0	1.2	E	HIGH		
	3 e 7	2	10	11	---	---	---	---	---	0.4	1.17	0.15	0.4	0.4	---	---	---	0.15	6.7	0.455	G	MEDIUM		
	4	2	10	33.5	---	---	---	---	---	0.23	0.77	0.1	0.4	0.23	---	---	---	0.23	4.4	1.2	E	MEDIUM		
	5	2	10	51.8	---	---	---	---	---	0.24	0.75	0.12	0.4	0.07	---	---	---	0.07	13.5	0.373	H2	MEDIUM		
	6	2	10	33.5	---	---	---	---	---	0.25	0.77	0.1	0.4	0.08	---	---	---	0.1	10.0	0.525	G	MEDIUM		
	7 e 3'	2	10	11	---	---	---	---	---	0.29	0.88	0.13	0.4	0.12	---	---	---	0.12	8.6	1.12	H2	HIGH		
	8	2	10	50.85	---	---	---	---	---	0.25	0.77	0.13	0.4	0.22	---	---	---	0.25	4.1	1.2	E	MEDIUM		

3.5. III CASO DI STUDIO: SCUOLA LEOPARDI-CAMPANARIELLO

3.5.1 DESCRIZIONE GENERALE

La scuola elementare Leopardi-Campanariello (Figura 100 e Figura 101) sita in Via Cupa Campaniello 5, la sua realizzazione risale approssimativamente al periodo fascista 1919-1945 e risulta costituita principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrata. Inoltre si sviluppa su due piani di superficie coperta di circa 562mq con altezza di interpiano di 3m, ed è dotata di copertura piana praticabile accessibile solo per interventi di manutenzione.



Figura 100: Scuola Leopardi-Campanariello vista satellitare e facciata principale.



Figura 101: Particolari esterni scuola Leopardi-Campanariello.

Le condizioni generali risultano buone sia per gli interni che per l'esterno dato che non è visibile nessun tipo di lesione.

Descrizione geometrica:

Si riportano di seguito (Figura 102) la visuale dal satellite della scuola oggetto di analisi.



Figura 102 : Visuale dal satellite in 3D della scuola Leopardi-Campanariello da “Bing © 2009 Microsoft”

Si riportano di seguito (Figura 103) le piante del piano terra e del primo piano.

Le piante differiscono perché al primo piano sono presenti due ampi terrazzi e si passa da 25 pareti del piano terra a 21 pareti del primo piano

Nelle piante che seguono sono numerati in rosso i maschi murari (numerazione necessaria per identificare le pareti per applicare il metodo VM), inoltre sono evidenziate in verde le orditure dei solai.

Infine viene riportato in pianta sia l'orientamento della scuola rispetto al nord che la numerazione delle 6 facciate che compongono il perimetro della scuola (numerazione ed orientamento necessari per applicare la procedura FaMIVE).

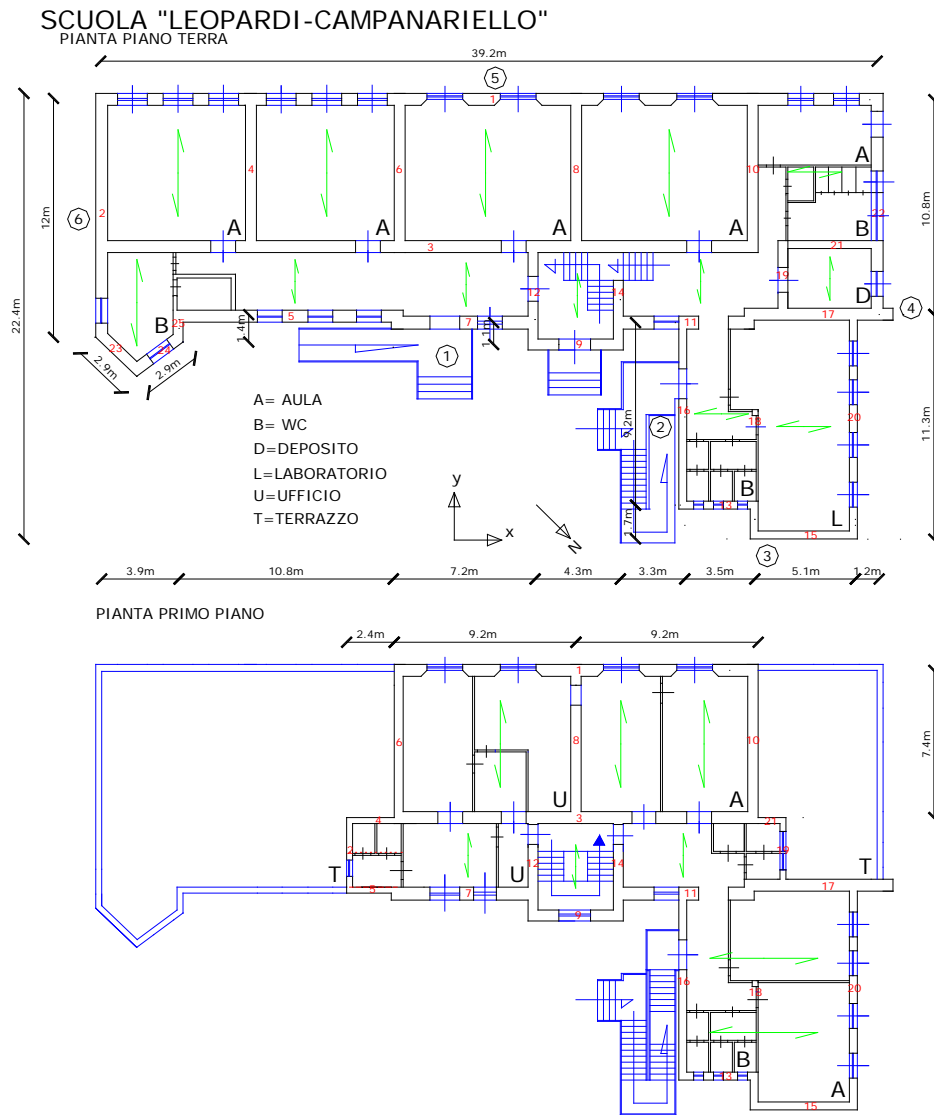


Figura 103: Scuola Leopardi-Campanariello Pianta

3.5.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO

*Parametri:**1.Tipo ed organizzazione del sistema resistente:*

Classe C: Edifici che, pur non presentando cordoli o catene a tutti i livelli, sono costituiti da pareti ortogonali ben ammassate fra loro.

2.Qualità del sistema resistente:

Classe B: Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare. Bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli.

3.Resistenza convenzionale:

Classe A: Edifici con $\alpha \leq 1$ cioè:

Si riporta in Tabella 120 dei dati misurati per il calcolo della resistenza convenzionale:

Tabella 120: Dati per il calcolo della resistenza convenzionale scuola Leopardi-Campanariello

Numero di piani	N	2
Area totale coperta	A_t (mq)	562
Area	A_x (mq)	50
Area	A_y (mq)	37
τ_k	(t/mq)	7
Alt. media interpiano	h(m)	3
Peso specifico pareti	p_m (t/mq)	1.6
Carico permanente solai	p_s (t/mq)	0.50

Si riporta in Tabella 121 il calcolo della resistenza convenzionale cioè del parametro 3:

Tabella 121: Resistenza convenzionale scuola Leopardi-Campanariello

Parametro 3. Resistenza convenzionale	
Tipologia strutture verticali	τ_k (t/mq)
MURATURA IN TUFO NAPOLETANO	7
Minimo tra A_x ed A_y	A(mq) 37
Massimo tra A_x ed A_y	B(mq) 50
Coeff. $a_0 = A/A_t = 0.07$	Coeff. $\gamma = B/A = 1.35$
$q = (A_x + A_y) h p_m / A_t + p_s = 1.24$	
$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}}$	0.41
$\alpha = C/0.4 = 1.03$	

4. Posizione dell'edificio e delle fondazioni:

Classe B: Edifici posti su roccia con pendenza $10% < p \leq 30%$.

Terreno sciolto non spingente.

5. Orizzontamenti:

Classe D: - Edifici con orizzontamenti di qualsiasi natura mal collegati alle pareti.

6. Configurazione in planimetrica:

Classe C: $\beta_1 < 40$ $\beta_2 < 30$

Tabella 122: Rapporti fra i lati della pianta della scuola Leopardi-Campanariello.

Rapporto percentuale $\beta_1 = a/l$	28.13
Rapporto percentuale $\beta_2 = b/l$	27.88

7. Configurazione in elevazione:

Classe C: Edifici con porticati o loggiati tali da interessare una superficie maggiore al 10% ed inferiore o eguale al 20% dell'area totale del piano;

- edifici con arretramenti comportanti riduzioni dell'area di piano maggiori del 20%;

- edifici con torrette o torri di altezza superiore al 10% ed inferiore o eguale al 40% dell'altezza totale dell'edificio (Tabella 123).

Tabella 123: Configurazione in elevazione scuola Leopardi-Campanariello.

% aumento (+) o diminuzione(-) di massa	-58.3483
Rapporto percentuale T/H	33.33333
Percentuale superficie porticata	0
Piano terra porticato	SI [1] NO [2]

8. Distanza massima fra le murature:

Classe A: - Edifici con rapporto interasse/spessore non superiore a 15

9. Copertura:

Classe B:

- Edifici con copertura non spingente ma privi sia di cordolo di sottotetto che di catene

10. Elementi non strutturali:

Classe A:

- Edifici privi di infissi esterni o insegne di piccole

11. Stato di fatto:

Classe A:

- Edifici in buone condizioni senza lesioni visibili.

Quindi riepilogando (Tabella 124) si può passare al calcolo dell'indice di vulnerabilità con la relazione (3):

Tabella 124: Calcolo indice di vulnerabilità scuola Leopardi-Campanariello.

PUNTEGGI E PESI RELATIVI AI SINGOLI PARAMETRI						$I_v(\text{assoluto})$	
PARAMETRO	CLASSE	CLASSE				PESO	TOTALE
		A	B	C	D		
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE(S.R.)	0	5	20	45	1	C 20
2	QUALITÀ DEL S.R.	0	5	25	45	0.25	B 1.25
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	0	5	25	45	1.5	A 0
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	0	5	25	45	0.75	B 3.75
5	ORIZZONTAMENTI	0	5	15	45	0.75	D 33.75
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	0	5	25	45	0.5	C 12.5
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	0	5	25	45	0.75	C 18.75
8	D MAX MURATURE	0	5	25	45	0.25	A 0
9	COPERTURA	0	15	25	45	0.75	B 11.25
10	ELEM. NON STRUTT.	0	0	25	45	0.25	A 0
11	STATO DI FATTO	0	5	25	45	1	A 0
							101.25

Quindi normalizzando l'indice di vulnerabilità rispetto all'indice di vulnerabilità rispetto al suo valore massimo 382.5 si ottiene (Tabella 74) :

Tabella 125: Indice di vulnerabilità relativo scuola Leopardi-Campanariello

$I_v(\text{assoluto})$	$I_v(\text{max})$	$I_v(\text{relativo})$
101.25	382.50	0.26

Questo indice è compreso nell'intervallo di vulnerabilità bassa cioè tra 0,10 e 0,20.

3.5.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE

Sezione 1 :Input dati generali:

Si riportano come dati di input generali i valori dell'altezza di interpiano, peso specifico muratura, peso solaio, carichi accidentali solaio, coefficiente di riduzione carichi accidentali, peso e massa, taglio resistente ed infine area di muratura nelle 2 direzioni per ogni piano (da Tabella 126 a Tabella 127).

Piano terra :

Tabella 126: Sezione 1 input dati generali piano terra scuola Leopardi-Campanariello

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	3	m	Vres_X	4954	KN	dir X	50	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	2991	KN	dir Y	37	mq
p. solaio	5	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	8710	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	6,8	KN/mq				7793.204	KN	

Piano I: : Essendo questo l'ultimo piano si considera come carico permanente quello calcolato per coperture praticabili nel paragrafo 3.2.4 dell'analisi dei carichi e come sovraccarico lo stesso di quello per i solai di interpiano.

Tabella 127: Sezione 1 input dati generali I piano scuola Leopardi-Campanariello

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	3	m	Vres_X	2093	KN	dir X	33	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	1066	KN	dir Y	23	mq
p. solaio	3	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	4631	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle	4.8	KN/mq				3102		

Sezione 2 :Input dati pareti omogenee

Si riportano (Tabella 128 e Tabella 129) le caratteristiche geometriche e l'orientamento rispetto asse x o y di ogni parete per ogni piano. Inoltre si considera la resistenza caratteristica sia a compressione che a taglio della muratura dedotta dalla NTC2008.

Il piano terra composto da 25 pareti ha le ultime 4 pareti da 21 a 25 in più rispetto al piano terra si fermano a 21 pareti proprio perché come evidenziato in pianta (Figura 103) la parte in grigio è presente solo al piano terra.

Tabella 128: Dati di input pareti piano terra scuola Leopardi-Campanariello.

SCUOLA		CAMPANARIELLO					H _{fin} (m)			H fascia inf(m)		H fascia sup(m)		H _{porte} (m)	
PIANO		terra					1.2			1.3		0.5		2.5	
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L _{APERTURE} (m)	D _{SOLAIO} (m)			
x	Parete 1	0.46	39.10	0.60	70	3500	12.00	1.30	0.50	144.67	1.77	3.70			
y	Parete 2	0.93	11.80	0.60	70	3500	1.00	1.30	0.50	0.00	0.80	0.00			
x	Parete 3	0.85	32.80	0.60	70	3500	4.00	0.00	0.50	183.68	1.25	5.60			
y	Parete 4	1.00	7.40	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
x	Parete 5	0.66	11.10	0.60	70	3500	3.00	1.30	0.50	19.43	1.25	1.75			
y	Parete 6	1.00	7.40	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
x	Parete 7	0.61	6.90	0.65	70	3500	2.00	0.65	0.50	13.11	1.35	1.90			
y	Parete 8	1.00	7.40	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
x	Parete 9	0.63	4.30	0.55	70	3500	1.00	1.30	0.50	10.75	1.60	2.50			
y	Parete 10	1.00	7.40	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	22.94	0.00	3.10			
x	Parete 11	0.58	6.60	0.65	70	3500	2.00	0.65	0.50	12.54	1.38	1.90			
y	Parete 12	0.74	4.90	0.50	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.25	0.00			
x	Parete 13	0.58	3.60	0.40	70	3500	3.00	1.30	0.50	0.00	0.50	0.00			
y	Parete 14	0.71	4.90	0.50	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.40	0.00			
x	Parete 15	1.00	5.00	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
y	Parete 16	0.84	9.20	0.40	70	3500	1.00	0.00	0.50	17.94	1.50	1.95			
x	Parete 17	1.00	7.30	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	12.41	0.00	1.70			
y	Parete 18	0.23	11.10	0.40	70	3500	3.00	0.00	0.00	46.07	2.83	4.15			
x	Parete 19	0.46	3.50	0.50	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.90	0.00			
y	Parete 20	0.55	11.10	0.40	70	3500	4.00	1.30	0.50	27.75	1.25	2.50			
x	Parete 21	1.00	4.80	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	8.16	0.00	1.70			
y	Parete 22	0.56	10.80	0.40	70	3500	2.00	1.30	0.50	33.48	2.40	3.10			
x	Parete 23	1.00	2.40	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	4.20	0.00	1.75			
y	Parete 24	0.52	2.60	0.60	70	3500	1.00	1.30	0.50	4.55	1.25	1.75			
y	Parete 25	1.00	1.10	0.50	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

Tabella 129: Dati di input pareti I piano scuola Leopardi-Campanariello.

SCUOLA		CAMPANARIELLO					H _{fin} (m)			H fascia inf(m)		H fascia sup(m)		H _{porte} (m)	
PIANO		I					1.2			1.3		0.5		2.5	
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L _{APERTURE} (m)	D _{SOLAIO} (m)			
x	Parete 1	0.60	24.10	0.60	70	3500	4.00	1.30	0.50	89.17	2.40	3.70			
y	Parete 2	0.79	3.80	0.30	70	3500	1.00	1.30	0.50	0.00	0.80	0.00			
x	Parete 3	0.73	17.80	0.60	70	3500	4.00	0.00	0.50	99.68	1.20	5.60			
X	Parete 4	1.00	2.50	0.30	70	3500	0.00	0.00	0.00	4.38	0.00	1.75			
x	Parete 5	1.00	2.30	0.30	70	3500	0.00	0.00	0.00	4.03	0.00	1.75			
y	Parete 6	1.00	7.40	0.45	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
x	Parete 7	0.61	6.90	0.65	70	3500	2.00	1.30	0.50	13.11	1.35	1.90			
y	Parete 8	1.00	7.40	0.55	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00			
x	Parete 9	0.63	4.30	0.55	70	3500	1.00	1.30	0.50	10.75	1.60	2.50			
y	Parete 10	1.00	7.40	0.53	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
x	Parete 11	0.58	6.60	0.65	70	3500	2.00	0.65	0.50	12.54	1.38	1.90			
y	Parete 12	0.80	4.90	0.50	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.00	0.00			
x	Parete 13	0.58	3.60	0.40	70	3500	3.00	1.30	0.50	0.00	0.50	0.00			
y	Parete 14	0.80	4.90	0.50	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.00	0.00			
x	Parete 15	1.00	5.00	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
y	Parete 16	0.84	9.20	0.40	70	3500	1.00	0.00	0.50	17.94	1.50	1.95			
x	Parete 17	1.00	7.30	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
y	Parete 18	0.23	11.10	0.40	70	3500	3.00	0.00	0.00	46.07	2.83	4.15			
x	Parete 19	0.41	3.20	0.30	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.90	0.00			
y	Parete 20	0.55	11.10	0.40	70	3500	4.00	1.30	0.50	27.75	1.25	2.50			
x	Parete 21	1.00	1.60	0.30	70	3500	0.00	0.00	0.00	2.32	0.00	1.45			

Sezione 3 : Riepilogo caratteristiche e sollecitazioni delle pareti:

In questa sezione vengono riepilogate le caratteristiche e le sollecitazioni sopportate da ogni parete secondo la sua direzione x o y ed infine viene considerato il collasso per schiacciamento della muratura che nel nostro caso non si verifica.

Sezione 4 : Riepilogo calcolo Resistenze a taglio (Tabella 79)

Tabella 130: Riepilogo Resistenze ai differenti piani scuola Leopardi-Campanariello

	Resistenza a Taglio della	
	P. Terra	1°
V _{x_tot}	4954	2093
V _{y_tot}	2991	1066
<i>Rotture schiacc.</i>	0	0

Sezione 5 : Il coefficiente di riduzione sia per le irregolarità in pianta che di rigidezza:

Tabella 131: Caratteristiche di regolarità geometrica e strutturale scuola Leopardi-Campanariello

- 0.9 Irregolarità geometrica della struttura, a giudizio dell'Utente
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 0.9 Irregolarità di Rigidezza e/o di resistenza in pianta.
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 2.0 Coefficiente di duttilità assegnato ai maschi murari.

Nel nostro caso per la scuola Leopardi-Campanariello si considerano i coefficienti in Tabella 131 perché la forma geometrica della pianta è a L e quindi non regolare e dal punto di vista strutturale sarà non regolare in relazione alla distribuzione disuniforme in pianta delle tamponature, o alla presenza di vani scala, nuclei ascensori o setti strutturali in posizione eccentrica.

Sezione 6 : Calcolo forze statiche equivalenti (Tabella 132):

Tabella 132: Calcolo forze statiche equivalenti scuola Leopardi-Campanariello

numero di piani		2		Calcolo forze statiche equivalenti			
		$g = h_i * \Sigma W_i / \Sigma(W_i * h_i)$					
piano	Wi	h interp (m)	hi (m)	gamma i	acc /g	Fi	Taglio V
P.Terra	7793	3	3	0.78	1	6066	10895
1° P	3102	3	6	1.56	1	4829	4829
ΣW_i	10895						
		$\Sigma (W_i * h_i)$	41991				

Nel calcolo bisogna anche considerare un coefficiente riduttivo della rigidezza per tener conto della fessurazione compreso tra 0 e 1 nel nostro caso 0,5.

Nella stessa sezione c'è un pulsante che manda in esecuzione il calcolo del periodo proprio nelle due direzioni della struttura sia integra che fessurata (Tabella 133):

Tabella 133: Calcolo periodo proprio scuola Leopardi-Campanariello.

<i>T periodo proprio</i>		
	dir X	dir Y
	0.217	0.238
<i>T periodo proprio - Fessurata</i>		
	dir X	dir Y
	0.307	0.336

Sezione 7:Calcolo accelerazione spettrale (Tabella 134)

Tabella 134: Calcolo accelerazione spettrale scuola Leopardi-Campanariello

Accelerazione spettrale		
	Piano Terra	Piano 1°
Vres/V1g		
dir X	0.455	0.433
dir Y	0.275	0.221

Sezione 8 : Calcolo coefficiente α_{DUT} (Tabella 135):

Tabella 135: Calcolo coefficiente α_{DUT} scuola Leopardi-Campanariello

coeff. Ri per la valutazione automatica della Regolarità strutturale in altezza			Coeff. riduttivo dovuto all'irregolarità di resistenza in altezza (grid 1b)		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	1.049	1.000	dir X	0.920	0.900
dir Y	1.244	1.000	dir Y	0.997	0.900
Prodotto dei coeff riduttivi ($Q_{rid\ 1b} * Q_{rid\ 2} * Q_{rid\ 3}$)			Valori di duttilità come ottenuti dalle analisi, e per tanto anche minori dell'unità		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	0.745	0.729	dir X	1.490	1.458
dir Y	0.808	0.729	dir Y	1.616	1.458
Limitazione dei valori di duttilità imponendo che: $1 \leq a_{dut}$					
Calcolo del Coefficiente di DUTTILITA' aDUT			Coeff di DUTTILITA' aDUT - da utilizzare nel calcolo seguente		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	1.490	1.458	dir X	1.490	1.458
dir Y	1.616	1.458	dir Y	1.616	1.458

Sezione 9: Calcolo Accelerazioni al Suolo (PGA):

Nella Tabella 136 vengono considerate:

la % di smorzamento assunta pari a 5%

il tipo di terreno: tipo B

integrità della muratura: f cioè fessurata

Tabella 136: Descrizione generale coefficienti scuola Leopardi-Campanariello

smorzamento della struttura	5	%	Tipo di terreno	B
			Integrità della muratura da considerare	f
Coefficienti utilizzati			Periodo Proprio in dir. X	0.30660762 dirX
$S_a = PGA * \alpha_{PM} * \alpha_{AD} * \alpha_{DS} * (1/\alpha_{DUT})$			Periodo Proprio in dir. Y	0.33605549 dirY
α_{PM}	coeff. partecipazione modale (1 per edif ad 1 piano, 0.9 per edif 2 piani, 0.8 più piani)			
α_{AD}	amplificazione spettrale			
α_{DS}	coeff. che tiene conto delle capacità dissipative dell'edificio.			
α_{DUT}	coeff. di duttilità che tiene conto della presenza di una certa duttilità strutturale (valore definito nella sezione precedente)			

Successivamente in Tabella 137 si calcola in automatico il coefficiente parziale per la trasformazione da accelerazione spettrale in PGA:

Tabella 137: Coefficiente parziale per la trasformazione da Accelerazione spettrale in PGA

dir x		dir y
0.9	α_{PM}	0.9
2.50	α_{AD}	2.50
1	α_{DS}	1
	α_{DUT}	
↓		↓
2.25		2.25

Inoltre nella Tabella 138 sono calcolati piano e direzione di crisi nonché il PGA.

Tabella 138: PGA, piano e direzione di crisi per la scuola Leopardi-Campanariello

PGA					
	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.301	0.281	0.281	1°	dir X
dir Y	0.197	0.143	0.143	1°	dir Y
L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano in dir Y e quindi la struttura, è pari a:					
		1°	0.143	g	

Sezione 10: Calcolo periodo di ritorno (Tabella 140)

Determinazione su suolo rigido PGA su roccia = ag (Tabella 139)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 139: Calcolo PGA su roccia per la scuola Leopardi-Campanariello.

ag - (PGA su roccia)					
	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.241	0.225	0.225	1°	dir X
dir Y	0.158	0.114	0.114	1°	dir Y
L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano in dir Y , e quindi la struttura, è pari a:					
		1°	0.114	g	

Tabella 140: Calcolo periodo di ritorno per la scuola Leopardi-Campanariello.

α	K
2.34	55400
(media)	
Periodo di ritorno	Periodo di ritorno
346	213
α	K
2.39	38186
(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno	Periodo di ritorno
346	213

Sezione 11: Livello prestazionale Operatività:

Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola Leopardi-Campanariello (Tabella 141).

Tabella 141: Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario

Rigidezza K (kN/m)			Accelerazione Spettrale - limite di Operatività		
K	Piano	Piano	Vres/Vlg	Piano	Piano
	Terra	1°		Terra	1°
dir X	1175801	519109	dir X	0.971	1.935
dir Y	1021450	396768	dir Y	0.844	1.479

Taglio resistente		
Vres	Piano	Piano
	Terra	1°
dir X	10582	9344
dir Y	9193	7142

Tenendo conto dei coefficienti di duttilità calcolati (Tabella 142) e con una deformazione imposta del 3% : deformazione di interpiano per la quale si manifesta il danneggiamento delle pareti che rappresenta il rapporto tra lo spostamento relativo tra i piani e l'altezza di interpiano si procede al calcolo del piano e direzione di crisi nonché il PGA per il Livello prestazionale operatività (Tabella 142).

Tabella 142: Coefficiente trasformazione Accelerazione spettrale in PGA :

0.9	α_{PM}	0.9
2.5	α_{AD}	2.5
1	α_{DS}	1
0.9	α_{DUT}	0.9
↓		↓
2.50		2.50
dir X		dir Y

Tabella 143: PGA livello prestazionale Operatività per la scuola Leopardi-Campanariello.

PGA			minimo		piano	
Vres/Vlg	Piano	Piano	1°	dir X	1°	dir Y
	Terra	1°				
dir X	0.389	0.774	0.193			
dir Y	0.338	0.592	0.098			

PGA per il livello			L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano e quindi la struttura, è pari a:		
Vres/Vlg	Piano	Piano	1°	dir Y	
	Terra	1°	0.098		g
dir X	0.202	0.193			
dir Y	0.122	0.098			

Sezione 12: Calcolo periodo di ritorno per il mantenimento dell'Operatività (Tabella 145).

Accelerazione su roccia al limite dell'Operatività (Tabella 144)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 144: Calcolo PGA su roccia livello prestazionale Operatività per la scuola Leopardi-Campanariello.

		ag (accelerazione su roccia) - livello prestazionale: Operatività		minimo	
		Piano	Piano	0.154	1°
Vres/Vlg	Terra	1°		0.078	1°
dir X	0.162	0.154			dir X
dir Y	0.098	0.078			dir Y

L'accelerazione sul suolo rigido (PGA su roccia) che provoca il danneggiamento del piano

1° in dir Y è : 0.078 g

Tabella 145: Calcolo periodo di ritorno per mantenimento Operatività scuola Leopardi-Campanariello.

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
143		86	

3.5.4 METODO FAMIVE

Facciata 1:

Orientamento NORD-EST (Figura 104).



Figura 104: Vista satellitare Facciata 1 scuola Leopardi-Campanariello

Per le modalità di compilazione si rimanda alla prima struttura analizzata nel capitolo precedente paragrafo 3.3.4 pagina 113 scuola G.Mazza.

Si riporta il modulo in Figura 105 compilato per la facciata analizzata.

1 DATI TESSUTO URBANO																																																	
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																																																
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																																																
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																																
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																																
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																																
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																																	
2-1 Orientamento facciata	NE																																																
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																																																
2-3 Numero di piani della facciata	2																																																
2-4 Lunghezza facciata	25.5																																																
2-5 Altezza totale facciata	6.00																																																
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																																																
2-7 Altezza timpano (se presente)																																																	
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																																																
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																																	
3-1 Numero di aperture per piano																																																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Piani</td> <td colspan="2">0</td> <td colspan="2">1</td> <td colspan="2">2</td> <td colspan="2">3</td> <td colspan="2">4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td colspan="2">7</td> <td colspan="2">7</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">b</td> <td colspan="2">h</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">3-2 Stima dimensioni aperture</td> <td colspan="2">1.25</td> <td colspan="2">1.2</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Piani		0		1		2		3		4		Aperture		7		7										b		h								3-2 Stima dimensioni aperture		1.25		1.2							
Piani		0		1		2		3		4																																							
Aperture		7		7																																													
		b		h																																													
3-2 Stima dimensioni aperture		1.25		1.2																																													
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																																								
disp.	n.s.																																																
E2	2																																																
sinistra	destra																																																
R	R																																																
3-4 Maschio murario laterale	R R																																																
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																																																
3-6 Piattabanda																																																	
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																																	
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																																																
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																																																
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																																																
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																																
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																																																
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	2																																																
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																																	
5-1 N. piani con strutture a volta	0																																																
5-2 Tipologia solaio	C																																																
5-3 Orditura solaio	O																																																
5-4 Tipologia tetto	C																																																
5-5 Orditura del tetto	O																																																
5-6 Tipo di muratura	A1																																																
5-6b Tipo di malta																																																	
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																																																
5-8 Connessione a bordi	na na																																																
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																																																
5-10 Catene per ogni piano della facciata																																																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>		piano		0	1	2	3	4	Catene-Cordoli		0	0	0	0	0	iniezioni		0	0	0	0	0	piastre parete		0	0	0	0	0	fascia in legno		0	0	0	0	0													
piano		0	1	2	3	4																																											
Catene-Cordoli		0	0	0	0	0																																											
iniezioni		0	0	0	0	0																																											
piastre parete		0	0	0	0	0																																											
fascia in legno		0	0	0	0	0																																											

Figura 105: Modulo FaMIVE Facciata 1 scuola Leopardi-Campanariello.

Risultati Facciata I scuola Leopardi-Campanariello.

Tabella 146: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	0	0.1	42.4	0.9	5.0	0.37	0.40	0.44	0.66	0.36	0.37		0.10	0.40	0.41	
1	0	0.2		2.3	10.0	0.30	0.35	0.40	0.64	0.20	0.30			0.40	0.26	

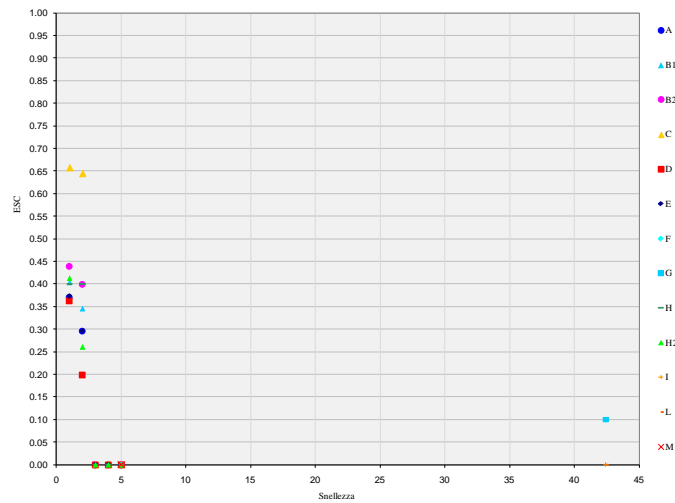


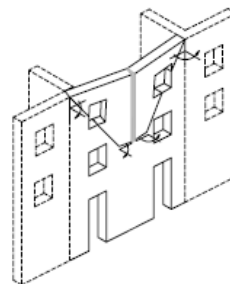
Figura 106: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 147: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.28	0.30	0.31	0.10	0.10	0.11	0.25	0.26	0.27
INDICE DI VULNERABILITA'	3.56	3.38	3.22	10.53	10.00	9.52	4.04	3.84	3.65
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	A			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 148: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.10	0.10	0.11	ESC
10.53	10.00	9.52	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	70		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
	---	n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 2:

Orientamento SUD-EST

Di seguito si riportano in Figura 107 le foto della facciata 2 nonché il modulo (Figura 108) compilato per la facciata analizzata.



Figura 107: Vista satellitare Facciata 2 scuola Leopardi-Campanariello

1 DATI TESSUTO URBANO																																	
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																	
2-1 Orientamento facciata	SE	2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-4 Lunghezza facciata	9.2	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																	
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Piani					0	1	2	3	4	1	1				3-4 Maschio murario laterale	R R															
Piani																																	
0	1	2	3	4																													
1	1																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Aperture</th> <th>b</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.5</td> <td>2.5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Aperture		b	h	1.5	2.5			3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																						
Aperture		b	h																														
1.5	2.5																																
3-2 Stima dimensioni aperture		3-6 Piattabanda	tipo lunghezza Materia																														
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																	
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.40	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																	
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	na na																														
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																															
5-5 Orditura del tetto	O	<table border="1"> <thead> <tr> <th>piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																												
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																												
iniezioni	0	0	0	0	0																												
piastre parete	0	0	0	0	0																												
fascia in legno	0	0	0	0	0																												
5-6 Tipo di muratura	A1																																
5-6b Tipo di malta																																	

Figura 108: Modulo FaMIVE Facciata 2 scuola G.Mazza.

Risultati Facciata 2 scuola Leopardi-Campanariello:

Tabella 149: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.3	23.0	0.7	7.5	0.37	0.42	0.46	0.65		0.34		0.12	0.40	0.40
1	0	0.7		1.5	15.0	0.36	0.33	0.31	0.64		0.28			0.40	0.41

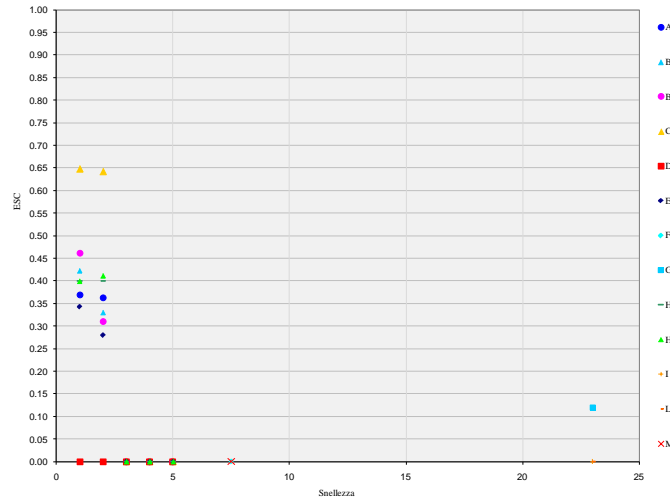


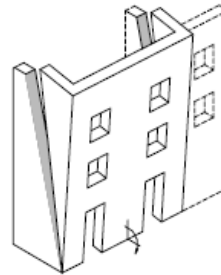
Figura 109: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 150: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.29	0.31	0.33	0.11	0.12	0.13	0.38	0.40	0.42
INDICE DI VULNERABILITA'	3.39	3.22	3.07	8.77	8.33	7.94	2.63	2.50	2.38
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	B2			G			H		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 151: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.29	0.31	0.33	ESC
3.39	3.22	3.07	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	B2		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo B2: Ribaltamento della facciata e di due parti di muro

Facciata 3:

Orientamento NORD-EST.

Di seguito si riportano in Figura 110 le foto della facciata 3 nonché il modulo (Figura 111) compilato per la facciata analizzata.

Sarà analizzato il tratto sinistro della facciata cioè quello più rientrante dato che la restante parte è priva di aperture.



Figura 110: Vista satellitare Facciata 3 scuola Leopardi-Campanariello

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	NE																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	3.6																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	3	3																		
Piani																															
0	1	2	3	4																											
3	3																														
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	b	h	0.5	1.2																										
b	h																														
0.5	1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	<input type="checkbox"/>																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.40																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr.pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.5																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	<table border="1"> <tr> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> </table>	2	sinistra	right																											
2																															
sinistra	right																														
5-8 Connessione a bordi	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 111: Modulo FaMIVE Facciata 3 scuola Leopardi-Campanariello.

Risultati Facciata 3 scuola Leopardi-Campanariello:

Tabella 152: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.8	9.0	3.4	7.5	0.41	0.36	0.33	0.65		0.28		0.22	0.40	0.18
1	0	1.7		9.1	15.0	0.58	0.30	0.18	0.64		0.31			0.40	0.07

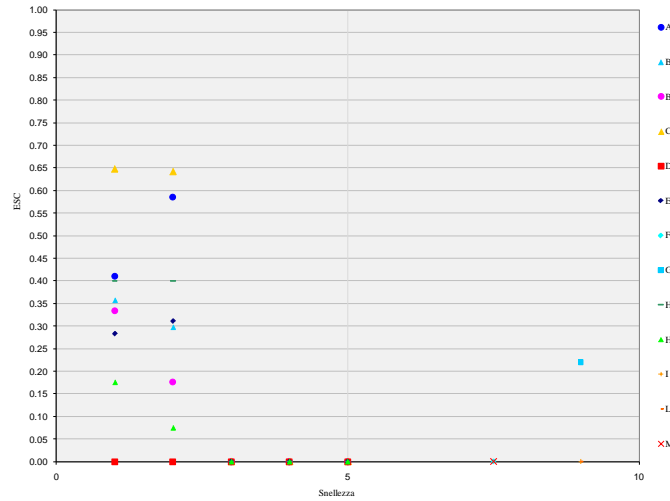


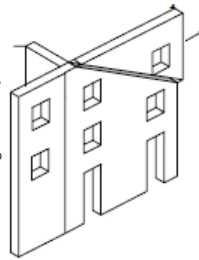
Figura 112: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 153: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.17	0.18	0.19	0.21	0.22	0.23	0.07	0.07	0.08
INDICE DI VULNERABILITA'	5.96	5.66	5.39	4.78	4.55	4.33	14.05	13.35	12.72
INDICE DI DANNO	1.30	1.30	1.30	0.46	0.46	0.46	1.04	1.04	1.04
MECCANISMI DI COLLASSO		B2			G			H2	
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH

Tabella 154: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.07	0.07	0.08	
14.05	13.35	12.72	INDICE DI VULNERABILITA'
1.04	1.04	1.04	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
VERY HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	VULNERABILITA' FINALE
2			Numero di piani
52			Angolo inclinazione lesioni
---			TESSUTO MURATURA
---			COLLASSO TETTO
partial failure of floors			COLLASSO SOLAI
1	n.storeys		



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 4:

Orientamento NORD-OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 113 le foto della facciata 4 nonché il modulo (Figura 114) compilato per la facciata analizzata.

Sarà analizzata la parte sinistra della facciata che risulta a 2 piani.

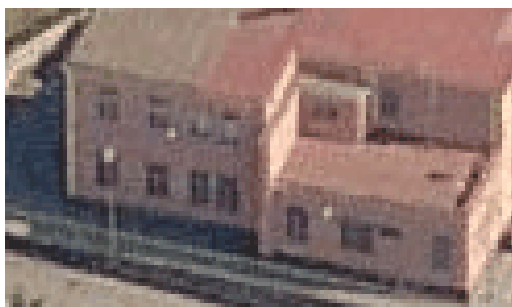


Figura 113: Vista satellitare Facciata 4 scuola Leopardi-Campanariello

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	NW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	11.1																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>1.25</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	4	4				Aperture		b	h				1.25	1.2						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
4	4																														
Aperture		b	h																												
		1.25	1.2																												
3-2 Stima dimensioni aperture	1.25 1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.40																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr.pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	<table border="1"> <tr> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> </table>	2	sinistra	right																											
2																															
sinistra	right																														
5-8 Connessione a bordi	na na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 114: Modulo FaMIVE Facciata 4 scuola Leopardi-Campanariello.

Risultati Facciata 4 scuola Leopardi-Campanariello:

Tabella 155: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.3	27.8	1.0	7.5	0.38	0.43	0.47	0.65				0.12	0.40	0.43
1	0	0.5		2.6	15.0	0.36	0.37	0.37	0.64				0.33	0.40	0.24

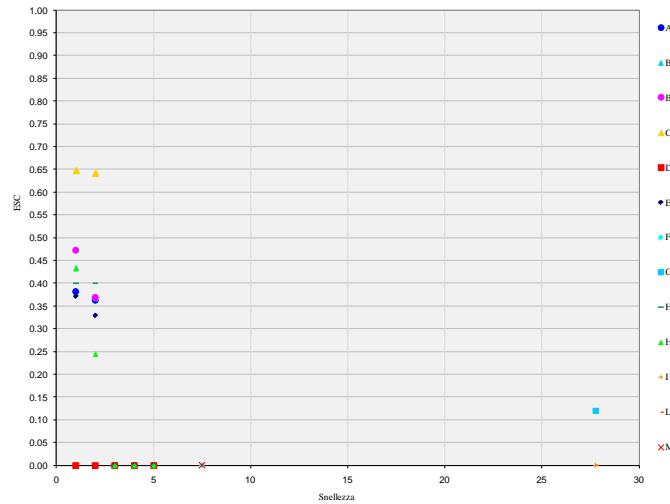


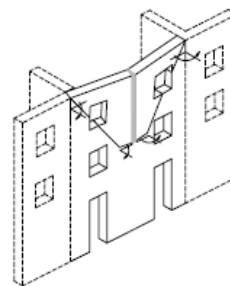
Figura 115: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 156: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.34	0.36	0.38	0.11	0.12	0.13	0.23	0.24	0.26
INDICE DI VULNERABILITA'	2.90	2.76	2.62	8.77	8.33	7.94	4.30	4.09	3.89
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	A			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 157: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.11	0.12	0.13	ESC
8.77	8.33	7.94	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	62.22		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	---		COLLASSO SOLAI
	---	n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 5:

Orientamento SUD-OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 116 le foto della facciata 5 nonché il modulo (Figura 117) compilato per la facciata analizzata.

Sarà analizzato la parte centrale della facciata che risulta a 2 piani.



Figura 116: Vista satellitare Facciata 5 scuola Leopardi-Campanariello

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	SW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	17.8																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	4	4																		
Piani																															
0	1	2	3	4																											
4	4																														
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <th>b</th> <th>h</th> </tr> <tr> <td>1.8</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	b	h	1.8	1.2																										
b	h																														
1.8	1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	<input type="checkbox"/>																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <th>tipo</th> <th>lunghez.</th> <th>Materia</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.45																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <th>piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 117: Modulo FaMIVE Facciata 5 scuola Leopardi-Campanariello.

Risultati Facciata 5 scuola Leopardi-Campanariello:

Tabella 158: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.2	29.7	0.8	5.0	0.38	0.42	0.46	0.66		0.37		0.11	0.40	0.42
1	0	0.3		2.3	10.0	0.32	0.38	0.42	0.64		0.29			0.40	0.28

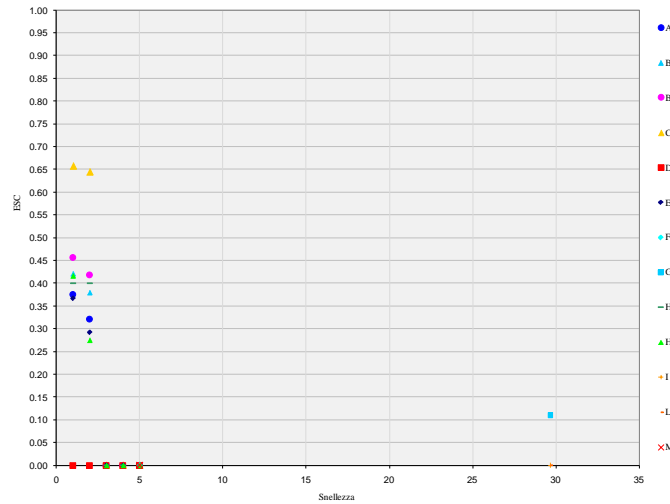


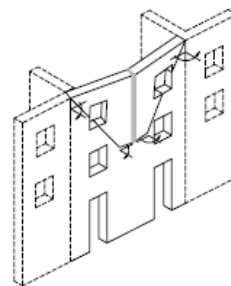
Figura 118: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 159: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.31	0.32	0.34	0.10	0.11	0.12	0.26	0.28	0.29
INDICE DI VULNERABILITA'	3.27	3.11	2.96	9.57	9.09	8.66	3.82	3.63	3.46
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	A			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 160: Risultati finali

INF	MED	SUP	ESC
0.10	0.11	0.12	
9.57	9.09	8.66	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	62.22		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	---		COLLASSO SOLAI
	---	n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 6:

Orientamento SUD-EST.

Di seguito si riporta il modulo (Figura 119) compilato per la facciata analizzata.

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	SE																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	1																														
2-4 Lunghezza facciata	11.8																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>1.25</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	1	0				Aperture		b	h				1.25	1.2						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
1	0																														
Aperture		b	h																												
		1.25	1.2																												
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>1.25</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	b	h	1.25	1.2																										
b	h																														
1.25	1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	1	sinistra	destra																								
disp.	n.s.																														
E2	1																														
sinistra	destra																														
3-4 Maschio murario laterale	<table border="1"> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	R	R																												
R	R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 119: Modulo FaMIVE Facciata 6 scuola Leopardi-Campanariello.

Risultati Facciata 6 scuola Leopardi-Campanariello:

Tabella 161: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.5	19.7	0.7	10.0	0.28	0.55	0.61	0.64	0.17	0.32		0.21	0.40	0.40
0	0	---													

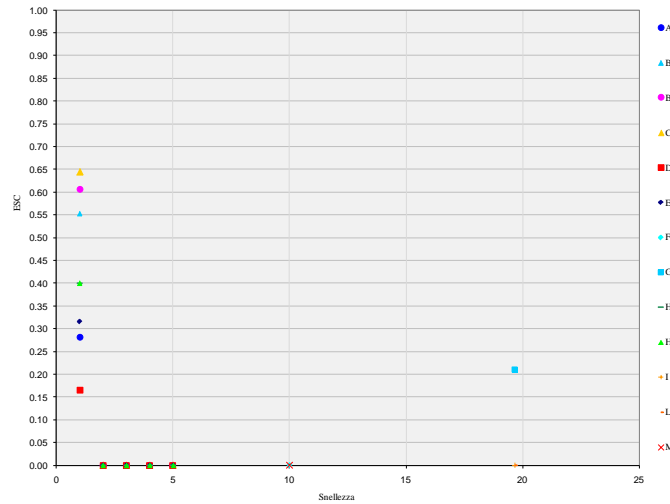


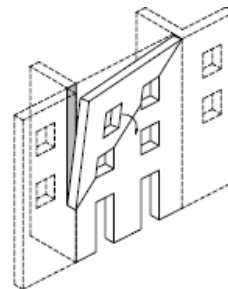
Figura 120: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 162: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.16	0.17	0.17	0.20	0.21	0.22	0.38	0.40	0.42
INDICE DI VULNERABILITA'	6.37	6.06	5.77	5.01	4.76	4.54	2.63	2.50	2.38
INDICE DI DANNO	0.91	0.91	0.91	0.81	0.81	0.81	0.35	0.35	0.35
MECCANISMI DI COLLASSO	D			G			H		
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 163: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.16	0.17	0.17	ESC
6.37	6.06	5.77	INDICE DI VULNERABILITA'
0.91	0.91	0.91	INDICE DI DANNO
	D		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
partial failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
		n.storeys	



Mechanismo tipo D: Ribaltamento della facciata con lesioni diagonali

Infine si riporta in Tabella 164 un riepilogo dell'analisi svolta da FaMIVE per le 6 facciate della scuola Leopardi-Campanariello.

Tabella 164:Riepilogo Risultati FaMIVE per la scuola Leopardi-Campanariello

SCUOLA	FACCIATA	Nr.PIANI DELLA FACCIATA	H _{tot}	L _{tot}	MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		MECCANISMI PARZIALI		Ribalamento laterale porticato	M	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLASSO	VULNERABILITA' FINALE
					A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L								
C A M P A N A R I E L L O	1	2	6	25.45	0.30	0.35	0.40	0.64	0.20	0.30	---	0.10	0.40	0.26	---	---	---	0.10	10.0	0.5	G	MEDIUM		
	2	2	6	9.2	0.36	0.33	0.31	0.64	---	0.28	---	0.12	0.4	0.4	---	---	---	0.31	3.2	1.5	B2	MEDIUM		
	3	2	6	3.6	0.41	0.3	0.18	0.64	---	0.28	---	0.22	0.4	0.07	---	---	---	0.07	13.4	1.04	H2	VERYHIGH		
	4	2	6	11.1	0.36	0.37	0.37	0.64	---	0.33	---	0.12	0.4	0.24	---	---	---	0.12	8.3	0.525	G	MEDIUM		
	5	2	6	17.8	0.32	0.38	0.42	0.64	---	0.29	---	0.11	0.4	0.28	---	---	---	0.11	9.1	0.525	G	MEDIUM		
	6	1	6	11.8	0.28	0.55	0.61	0.64	0.17	0.32	---	0.21	0.4	0.4	---	---	---	0.17	6.1	0.91	D	HIGH		

3.6. IV CASO DI STUDIO: SCUOLA CHIAZZOLELLE

3.6.1 DESCRIZIONE GENERALE

La scuola elementare Chiazzolelle (Figura 121 e Figura 122) sita in Via Chiazzolelle 3, la sua realizzazione risale approssimativamente al periodo 1946-1960 e risulta costituita principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrata. Inoltre si sviluppa su due piani di superficie coperta di circa 372mq con altezza di interpiano di 3m, ed è dotata di copertura piana non praticabile.



Figura 121: Scuola Chiazzolelle vista satellitare e facciata laterale.



Figura 122: Particolari esterni scuola Chiazzolelle.

Le condizioni generali risultano buone sia per gli interni che per l'esterno dato che non è visibile nessun tipo di lesione.

Descrizione geometrica:

Si riportano di seguito (Figura 102) la visuale dal satellite della scuola oggetto di analisi.



Figura 123 : Visuale dal satellite in 3D della scuola Chiazzele da “Bing © 2009 Microsoft”

Si riporta di seguito (Figura 124) la pianta del piano terra.

Le piante del primo e secondo piano sono identiche al piano terra sia dal punto di vista della disposizione che del numero di pareti.

Nelle piante che seguono sono numerati in rosso i maschi murari (numerazione necessaria per identificare le pareti per applicare il metodo VM), inoltre sono evidenziate in verde le orditure dei solai.

Infine viene riportato in pianta sia l’orientamento della scuola rispetto al nord che la numerazione delle 8 facciate che compongono il perimetro della scuola (numerazione ed orientamento necessari per applicare la procedura FaMIVE).

SCUOLA "CHIAZZOLELLE" PIANTA PIANO TERRA

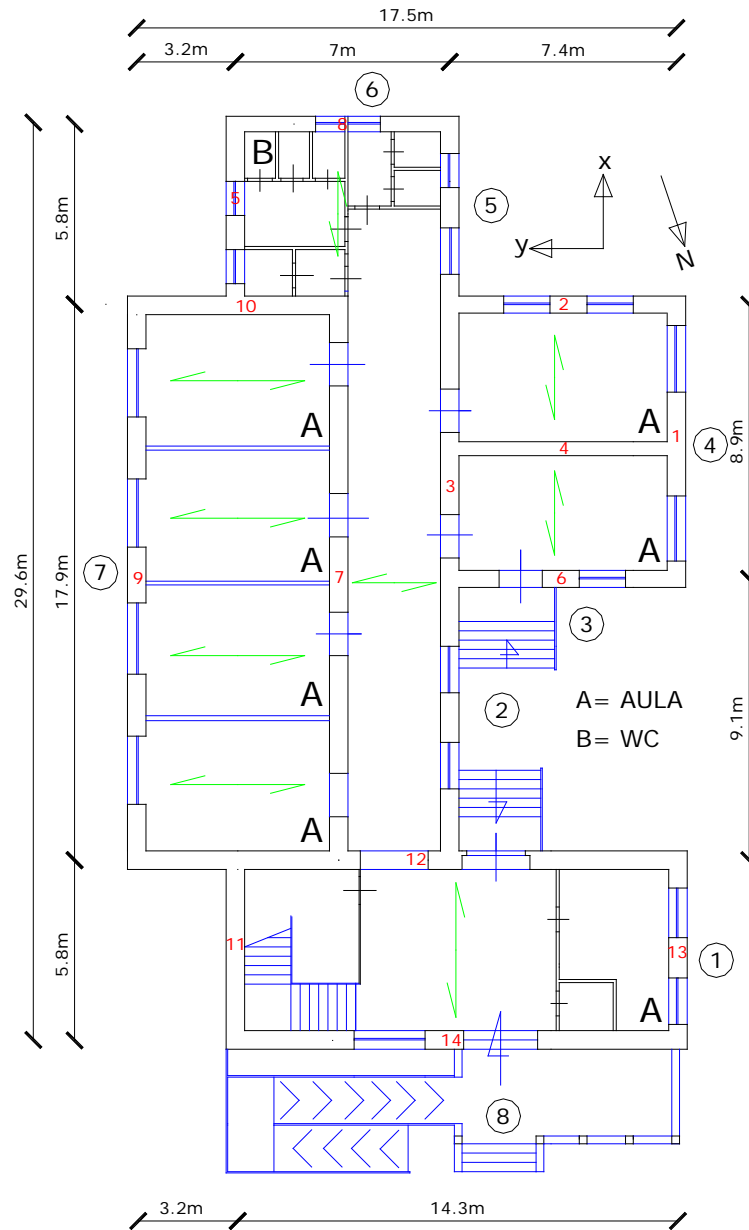


Figura 124: Scuola Chiazzolelle Pianta

3.6.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO

*Parametri:**1.Tipo ed organizzazione del sistema resistente:*

Classe C: Edifici che, pur non presentando cordoli o catene a tutti i livelli, sono costituiti da pareti ortogonali ben ammassate fra loro.

2.Qualità del sistema resistente:

Classe B: Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare. Bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli.

3.Resistenza convenzionale:

Classe A: Edifici con $\alpha \leq 1$ cioè:

Si riporta in Tabella 165 dei dati misurati per il calcolo della resistenza convenzionale:

Tabella 165: Dati per il calcolo della resistenza convenzionale scuola Chiazzolelle

Numero di piani	N	2
Area totale coperta	A_t (mq)	372
Area	A_x (mq)	32
Area	A_y (mq)	28
	τ_k (t/mq)	7
Alt. media interpiano	h(m)	3
Peso specifico pareti	p_m (t/mq)	1.6
Carico permanente solai	p_s (t/mq)	0.50

Si riporta in Tabella 166 il calcolo della resistenza convenzionale cioè del parametro 3:

Tabella 166: Resistenza convenzionale scuola Chiazzolelle

Parametro 3. Resistenza convenzionale	
Tipologia strutture verticali	τ_k (t/mq)
MURATURA IN TUFO NAPOLETANO	7
Minimo tra A_x ed A_y	A(mq) 28
Massimo tra A_x ed A_y	B(mq) 32
Coeff. $a_0 = A/A_t = 0.08$	Coeff. $\gamma = B/A = 1.14$
$q = (A_x + A_y) \cdot h \cdot p_m / A_t + p_s = 1.28$	
$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}}$	0.46
$\alpha = C/0.4 = 1.15$	

4. Posizione dell'edificio e delle fondazioni:

Classe B: Edifici posti su roccia con pendenza $10\% < p \leq 30\%$.

Terreno sciolto non spingente.

5. Orizzontamenti:

Classe D: - Edifici con orizzontamenti di qualsiasi natura mal collegati alle pareti.

6. Configurazione in planimetrica:

Classe C: $\beta_1 < 40$ $\beta_2 < 30$

Tabella 167: Rapporti fra i lati della pianta della scuola Chiazzolelle.

Rapporto percentuale $\beta_1 = a/l$	23.73
Rapporto percentuale $\beta_2 = b/l$	24.92

7. Configurazione in elevazione:

Classe A: - Edifici con distribuzione di masse e di elementi resistenti praticamente uniforme su tutta l'altezza;

- edifici con massa ed elementi resistenti decrescenti con continuità;

- edifici che presentano arretramenti comportanti una riduzione dell'area di pianta inferiore al 10%.

8. Distanza massima fra le murature:

Classe A: - Edifici con rapporto interasse/spessore non superiore a 15

9. Copertura:

Classe B:

- Edifici con copertura non spingente ma privi sia di cordolo di sottotetto che di catene

10. Elementi non strutturali:

Classe A:

- Edifici privi di infissi esterni o insegne di piccole

11. Stato di fatto:

Classe A:

- Edifici in buone condizioni senza lesioni visibili.

Quindi riepilogando (Tabella 168) si può passare al calcolo dell'indice di vulnerabilità con la relazione (3):

Tabella 168: Calcolo indice di vulnerabilità scuola Chiazzolelle.

PUNTEGGI E PESI RELATIVI AI SINGOLI PARAMETRI							$I_v(\text{assoluto})$	
PARAMETRO	CLASSE				PESO	TOTALE		
	A	B	C	D				
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE(S.R.)	0	5	20	45	1	C	20
2	QUALITÀ DEL S.R.	0	5	25	45	0.25	B	1.25
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	0	5	25	45	1.5	A	0
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	0	5	25	45	0.75	B	3.75
5	ORIZZONTAMENTI	0	5	15	45	0.75	D	33.75
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	0	5	25	45	0.5	C	12.5
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	0	5	25	45	0.75	A	0
8	D _{MAX} MURATURE	0	5	25	45	0.25	D	11.25
9	COPERTURA	0	15	25	45	0.75	B	11.25
10	ELEM. NON STRUTT.	0	0	25	45	0.25	A	0
11	STATO DI FATTO	0	5	25	45	1	A	0
								93.75

Quindi normalizzando l'indice di vulnerabilità rispetto all'indice di vulnerabilità rispetto al suo valore massimo 382.5 si ottiene (Tabella 169) :

Tabella 169: Indice di vulnerabilità relativo scuola Chiazzolelle

$I_v(\text{assoluto})$	$I_v(\text{max})$	$I_v(\text{relativo})$
93.75	382.50	0.25

Questo indice è compreso nell'intervallo di vulnerabilità medio bassa cioè tra 0,20 e 0,40.

3.6.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE

Sezione 1 :Input dati generali:

Si riportano come dati di input generali i valori dell'altezza di interpiano, peso specifico muratura, peso solaio, carichi accidentali solaio, coefficiente di riduzione carichi accidentali, peso e massa, taglio resistente ed infine area di muratura nelle 2 direzioni per ogni piano (da Tabella 170 a Tabella 171).

Piano terra :

Tabella 170: Sezione 1 input dati generali piano terra scuola Chiazzolelle

Caratteristiche di piano			Totale Area di muratura nelle due direzioni		
			Vres_X	3233 KN	dir X 32 mq
Altezza interpiano	3	m			dir Y 28 mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	2994 KN	
p. solaio	5	KN/mq			
carichi acc. solaio	3	KN/mq			W (per valutaz. Massa)
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	6057 KN	5628
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	6.8	KN/mq			

Piano I: : Essendo questo l'ultimo piano si considera come carico permanente quello calcolato per coperture praticabili nel paragrafo 3.2.4 dell'analisi dei carichi e come sovraccarico lo stesso di quello per i solai di interpiano.

Tabella 171: Sezione 1 input dati generali I piano scuola Chiazzolelle

Caratteristiche di piano			Totale Area di muratura nelle due direzioni		
			Vres_X	1498 KN	dir X 25 mq
Altezza interpiano	3	m			dir Y 21 mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	1635 KN	
p. solaio	3	KN/mq			
carichi acc. solaio	3	KN/mq			W (per valutaz. Massa)
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	4455 KN	3120
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	4.8	KN/mq			

Sezione 2 :Input dati pareti omogenee

Si riportano (Tabella 172 e Tabella 173) le caratteristiche geometriche e l'orientamento rispetto asse x o y di ogni parete per ogni piano. Inoltre si considera la resistenza caratteristica sia a compressione che a taglio della muratura dedotta dalla NTC2008.

Il piano terra è composto da 14 pareti mentre il primo piano da 15.

Tabella 172: Dati di input pareti piano terra scuola Chiazzolelle.

SCUOLA PIANO	CHIAZZOLELLE terra		Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	H _{fin} (m)	H fascia inf(m)	H fascia sup(m)	A inf. Sol (mq)	L _{APERTURE} (m)	H _{porte} (m)
							1.2	1.3	0.5			2.5
dirsz	Pareti	(% piena)					N* aperture	H fascia inf	H fascia sup			D SOLAIO (m)
x	Parete 1	0.52	8.90	0.60	70	3500	2.00	1.30	0.50	0.00	2.15	0.00
y	Parete 2	0.59	7.40	0.53	70	3500	2.00	1.30	0.50	17.39	1.50	2.35
x	Parete 3	0.65	23.80	0.60	70	3500	6.00	0.87	0.50	42.84	1.40	1.80
y	Parete 4	1.00	7.40	0.45	70	3500	0.00	0.00	0.00	32.56	0.00	4.40
x	Parete 5	0.63	5.90	0.60	70	3500	2.00	1.30	0.50	0.00	1.10	0.00
y	Parete 6	0.61	7.40	0.55	70	3500	2.00	0.65	0.50	16.28	1.45	2.20
x	Parete 7	0.69	17.90	0.60	70	3500	4.00	0.00	0.50	91.29	1.40	5.10
y	Parete 8	0.70	7.00	0.50	70	3500	1.00	1.30	0.50	20.30	2.10	2.90
x	Parete 9	0.51	17.90	0.60	70	3500	4.00	1.30	0.50	59.07	2.20	3.30
y	Parete 10	1.00	6.60	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 11	1.00	5.80	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 12	0.75	17.50	0.60	70	3500	2.00	0.00	0.50	50.75	2.20	2.90
x	Parete 13	0.45	5.80	0.60	70	3500	2.00	1.30	0.50	0.00	1.60	0.00
y	Parete 14	0.67	14.30	0.60	70	3500	2.00	0.65	0.50	41.47	2.35	2.90

Tabella 173: Dati di input pareti I piano scuola Chiazzolelle.

SCUOLA PIANO	CHIAZZOLELLE I		Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	H _{fin} (m)	H fascia inf(m)	H fascia sup(m)	A inf. Sol (mq)	L _{APERTURE} (m)	H _{porte} (m)
							1.2	1.3	0.5			2.5
dirsz	Pareti	(% piena)					N* aperture	H fascia inf	H fascia sup			D SOLAIO (m)
x	Parete 1	0.52	8.90	0.50	70	3500	2.00	1.30	0.50	0.00	2.15	0.00
y	Parete 2	0.59	7.40	0.40	70	3500	2.00	1.30	0.50	17.39	1.50	2.35
x	Parete 3	0.65	23.80	0.45	70	3500	6.00	0.87	0.50	42.84	1.40	1.80
y	Parete 4	1.00	7.40	0.20	70	3500	0.00	0.00	0.00	32.56	0.00	4.40
x	Parete 5	0.63	5.90	0.45	70	3500	2.00	1.30	0.50	0.00	1.10	0.00
y	Parete 6	0.61	7.40	0.40	70	3500	2.00	0.65	0.50	16.28	1.45	2.20
x	Parete 7	0.69	17.90	0.35	70	3500	4.00	0.00	0.50	91.29	1.40	5.10
y	Parete 8	0.70	7.00	0.35	70	3500	1.00	1.30	0.50	20.30	2.10	2.90
x	Parete 9	0.51	17.90	0.35	70	3500	4.00	1.30	0.50	59.07	2.20	3.30
y	Parete 10	1.00	6.60	0.45	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	Parete 11	1.00	5.80	0.60	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
y	Parete 12	0.75	17.50	0.45	70	3500	2.00	0.00	0.50	50.75	2.20	2.90
x	Parete 13	0.45	5.80	0.45	70	3500	2.00	1.30	0.50	0.00	1.60	0.00
y	Parete 14	0.67	14.30	0.60	70	3500	2.00	0.65	0.50	41.47	2.35	2.90
x	Parete 15	0.79	5.80	0.32	70	3500	1.00	0.00	0.50	0.00	1.20	0.00

Sezione 3 : Riepilogo caratteristiche e sollecitazioni delle pareti:

In questa sezione vengono riepilogate le caratteristiche e le sollecitazioni sopportata da ogni parete secondo la sua direzione x o y ed infine viene considerato il collasso per schiacciamento della muratura che nel nostro caso non si verifica.

Sezione 4 : Riepilogo calcolo Resistenze a taglio (Tabella 174)

Tabella 174: Riepilogo Resistenze ai differenti piani scuola Chiazzolelle

	Resistenza a Taglio	
	P. Terra	1°
Vx_tot	3233	1498
Vy_tot	2994	1635
Rotture schiacc.	0	0

Sezione 5 : Il coefficiente di riduzione sia per le irregolarità in pianta che di rigidezza:

Tabella 175: Caratteristiche di regolarità geometrica e strutturale scuola Chiazzolelle

- 0.9 Irregolarità geometrica della struttura, a giudizio dell'Utente
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 1 Irregolarità di Rigidezza e/o di resistenza in pianta.
(Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
- 2.0 Coefficiente di duttilità assegnato ai maschi murari.

Nel nostro caso per la scuola Chiazzolelle si considerano i coefficienti in Tabella 175 poiché la pianta è di forma rettangolare allungata e quindi non regolare e sarà regolare dal punto di vista strutturale in relazione alla distribuzione disuniforme in pianta delle tamponature, o alla presenza di vani scala, nuclei ascensori o setti strutturali in posizione eccentrica.

Sezione 6 : Calcolo forze statiche equivalenti (Tabella 176):

Tabella 176: Calcolo forze statiche equivalenti scuola Chiazzolelle

numero di piani		Calcolo forze statiche equivalenti					
2		$g = h_i * \sum W_i / \sum (W_i * h_i)$					
piano	Wi	h interp (m)	hi (m)	gamma i	acc /g	Fi	Taglio V
P.Terra	5628	3	3	0.74	1	4148	8748
1° P	3120	3	6	1.47	1	4600	4600
$\sum W_i$	8748						
$\sum (W_i * h_i)$			35604				

Nel calcolo bisogna anche considerare un coefficiente riduttivo della rigidezza per tener conto della fessurazione compreso tra 0 e 1 nel nostro caso 0,5.

Nella stessa sezione c'è un pulsante che manda in esecuzione il calcolo del periodo proprio nelle due direzioni della struttura sia integra che fessurata (Tabella 177):

Tabella 177: Calcolo periodo proprio scuola Chiazzolelle.

<i>T periodo proprio</i>		
	dir X	dir Y
	0.234	0.228
<i>T periodo proprio - Fessurata</i>		
	dir X	dir Y
	0.331	0.323

Sezione 7:Calcolo accelerazione spettrale (Tabella 178)

Tabella 178: Calcolo accelerazione spettrale scuola Chiazzolelle

Accelerazione spettrale		
Vres/V1g	Piano Terra	Piano 1°
dir X	0.370	0.326
dir Y	0.342	0.355

Sezione 8 : Calcolo coefficiente α DUT (Tabella 179):Tabella 179: Calcolo coefficiente α DUT scuola Chiazzolelle

coeff. Ri per la valutazione automatica della Regolarità strutturale in altezza		Coeff. riduttivo dovuto all'irregolarità di resistenza in altezza (grid 1b)			
	Piano Terra	Piano 1°			
dir X	1.135	1.000	dir X	0.954	0.900
dir Y	0.963	1.000	dir Y	0.885	0.900
Prodotto dei coeff riduttivi ($q_{rid 1b} * q_{rid 2} * q_{rid 3}$)		Valori di duttilità come ottenuti dalle analisi, e per tanto anche minori dell'unità			
	Piano Terra	Piano 1°			
dir X	0.858	0.810	dir X	1.717	1.620
dir Y	0.797	0.810	dir Y	1.593	1.620

Limitazione dei valori di
duttilità imponendo che:
 $1 \leq a_{dut}$

Calcolo del Coefficiente di DUTTILITA' α DUT		Coeff di DUTTILITA' α DUT - da utilizzare nel calcolo seguente			
	Piano Terra	Piano 1°			
dir X	1.717	1.620	dir X	1.717	1.620
dir Y	1.593	1.620	dir Y	1.593	1.620

Sezione 9: Calcolo Accelerazioni al Suolo (PGA):

Nella Tabella 180 vengono considerate:

la % di smorzamento assunta pari a 5%

il tipo di terreno: tipo B

integrità della muratura: f cioè fessurata

Tabella 180: Descrizione generale coefficienti scuola Chiazzolelle

smorzamento della struttura	5	%			
				Tipo di terreno	B
				Integrità della muratura da considerare	f
Coefficienti utilizzati				Periodo Proprio in dir. X	0,331249 dirX
$S_a = PGA * \alpha_{PM} * \alpha_{AD} * \alpha_{DS} * (1/\alpha_{DUT})$				Periodo Proprio in dir. Y	0,322994 dirY
α_{PM}	coeff. partecipazione modale (1 per edif ad 1 piano, 0,9 per edif 2 piani, 0,8 più piani)				
α_{AD}	amplificazione spettrale				
α_{DS}	coeff. che tiene conto delle capacità dissipative dell'edificio.				
α_{DUT}	coeff. di duttilità che tiene conto della presenza di una certa duttilità strutturale (valore definito nella sezione precedente)				

Successivamente in Tabella 181 si calcola in automatico il coefficiente parziale per la trasformazione da accelerazione spettrale in PGA:

Tabella 181: Coefficiente parziale per la trasformazione da Accelerazione spettrale in PGA

dir x		dir y
0.9	α_{PM}	0.9
2.5	α_{AD}	2.5
1	α_{DS}	1
	α_{DUT}	
↓		↓
2.25		2.25

Inoltre nella Tabella 182 sono calcolati piano e direzione di crisi nonché il PGA.

Tabella 182: PGA, piano e direzione di crisi per la scuola Chiazzolelle

PGA					
	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.282	0.235	0.235	1°	dir X
dir Y	0.242	0.256	0.242	Terra	dir Y
L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il 1° piano in dir X e quindi la struttura, è pari a:					
0.235 g					

Sezione 10: Calcolo periodo di ritorno (Tabella 184)

Determinazione su suolo rigido PGA su roccia = ag (Tabella 183)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 183: Calcolo PGA su roccia per la scuola Chiazzolelle.

ag - (PGA su roccia)

	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.226	0.188	0.188	1°	dir X
dir Y	0.194	0.205	0.194	Terra	dir Y

L'accelerazione al suolo (PGA)
che mette in crisi il 1° piano in dir X
e quindi la struttura, è pari a:
0.188 g

Tabella 184: Calcolo periodo di ritorno per la scuola Chiazzolelle.

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
1102		695	

Sezione 11: Livello prestazionale Operatività:

Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola Chiazzolelle (Tabella 185).

Tabella 185: Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola Chiazzolelle

Rigidezza K (kN/m)			Accelerazione Spettrale - limite di Operatività		
K	Piano Terra	Piano 1°	Vres/V1g	Piano Terra	Piano 1°
dir X	872151	431044	dir X	0.897	1.687
dir Y	897197	471900	dir Y	0.923	1.847
Taglio resistente					
Vres	Piano Terra	Piano 1°			
dir X	7849	7759			
dir Y	8075	8494			

Tenendo conto dei coefficienti di duttilità calcolati (Tabella 186) e con una deformazione imposta del 3% : deformazione di interpiano per la quale si manifesta il danneggiamento delle pareti che rappresenta il rapporto tra lo spostamento relativo tra i piani e l'altezza di interpiano si procede al calcolo del piano e direzione di crisi nonché il PGA per il Livello prestazionale operatività (Tabella 187).

Tabella 186: Coefficiente trasformazione Accelerazione spettrale in PGA :

0.9	α_{PM}	0.9
2.5	α_{AD}	2.5
1	α_{DS}	1
1	α_{DUT}	1
↓		↓
2.25		2.25
dir X		dir Y

Tabella 187: PGA livello prestazionale Operatività per la scuola Chiazzolelle.

PGA					
Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°			
dir X	0.399	0.750	minimo	piano	
dir Y	0.410	0.821	0.145	1°	dir X
			0.152	Terra	dir Y
PGA per il livello prestazionale: Operatività					
Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°	L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano e quindi la struttura, è pari a:		
dir X	0.164	0.145		1°	dir X
dir Y	0.152	0.158		0.145	g

Sezione 12: Calcolo periodo di ritorno per il mantenimento dell'Operatività (Tabella 189).

Accelerazione su roccia al limite dell'Operatività (Tabella 188)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 188: Calcolo PGA su roccia livello prestazionale Operatività per la scuola Chiazzolelle.

ag (accelerazione su roccia) - livello prestazionale:					
			minimo		
Vres/Vlg	Piano Terra	Piano 1°	0.116	1°	dir X
dir X	0.131	0.116	0.122	Terra	dir Y
dir Y	0.122	0.126			

L'accelerazione sul suolo rigido (PGA su roccia) che provoca il danneggiamento del piano

1° in dir X è : 0.116 g

Tabella 189: Calcolo periodo di ritorno per mantenimento Operatività scuola Chiazzolelle.

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
356		219	

3.6.4 METODO FAMIVE

Facciata 1:

Orientamento OVEST (Figura 125).



Figura 125:Foto e Vista satellitare Facciata 1 scuola Chiazzelelle

Per le modalità di compilazione si rimanda alla prima struttura analizzata nel capitolo precedente paragrafo 3.3.4 pagina 113 scuola G.Mazza.

Si riporta il modulo in Figura 126 compilato per la facciata analizzata.

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	W																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	5.8																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1.1</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	2	2				Aperture		b	h				1.1	1.2						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
2	2																														
Aperture		b	h																												
		1.1	1.2																												
3-2 Stima dimensioni aperture																															
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>dsp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	dsp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
dsp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda																															
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.750																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 126: Modulo FaMIVE Facciata 1 scuola Chiazzelelle.

Risultati Facciata I scuola Chiazzolelle.

Tabella 190: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	0	0.5	14.3	1.5	7.4	0.19	0.27	0.32	0.65	0.15	0.26		0.17	0.40	0.36	
1	0	1.0		4.0	11.1	0.13	0.17	0.19	0.64	0.09	0.29			0.40	0.15	

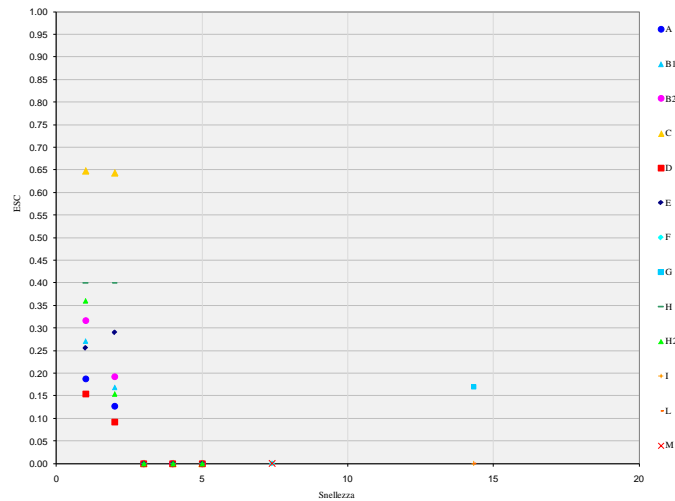


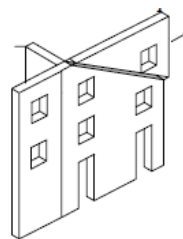
Figura 127: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 191: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
0.12		0.13	0.13	0.16	0.17	0.18	0.15	0.15	0.16
8.30	8.30	7.89	7.51	6.19	5.88	5.60	6.83	6.49	6.18
1.30	1.30	1.30	1.30	0.46	0.46	0.46	1.04	1.04	1.04
		A			G			H2	
	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 192: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.12	0.13	0.13	ESC
8.30	7.89	7.51	INDICE DI VULNERABILITA'
1.30	1.30	1.30	INDICE DI DANNO
	A		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
partial failure of roof			COLLASSO TETTO
partial failure of floors			COLLASSO SOLAI
1	n.storeys		



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 2:

Orientamento OVEST

Di seguito si riportano in Figura 128 le foto della facciata 2 nonché il modulo (Figura 129) compilato per la facciata analizzata.



Figura 128: Vista satellitare Facciata 2 scuola Chiazzolelle

1 DATI TESSUTO URBANO																																							
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																				
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																				
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																						
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																							
2-1 Orientamento facciata	W	2-5 Altezza totale facciata	6.00																																				
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																																				
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																																					
2-4 Lunghezza facciata	9.0	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																																				
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																							
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aperture</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Piani						0	1	2	3	4	Aperture	2	2				3-4 Maschio murario laterale	R R																			
Piani																																							
	0	1	2	3	4																																		
Aperture	2	2																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Stima dimensioni aperture</th> </tr> <tr> <th>b</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.5</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>		Stima dimensioni aperture		b	h	1.5	1.2	3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
Stima dimensioni aperture																																							
b	h																																						
1.5	1.2																																						
		3-6 Piattabanda	tipo lunghezza Materia																																				
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																							
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																				
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.750	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																																				
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																																				
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																							
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2																																				
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	na na																																				
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																																				
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																																					
5-5 Orditura del tetto	O	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">piano</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			piano						0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
	piano																																						
	0	1	2	3	4																																		
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																																		
iniezioni	0	0	0	0	0																																		
piastre parete	0	0	0	0	0																																		
fascia in legno	0	0	0	0	0																																		
5-6 Tipo di muratura	A1																																						
5-6b Tipo di malta																																							

Figura 129: Modulo FaMIVE Facciata 2 scuola Chiazzolelle.

Risultati Facciata 2 scuola Chiazzolelle:

Tabella 193: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO			
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2		
2	0	0.3	20.0	0.9	6.7	0.41	0.47	0.52	0.65					0.41	0.11	0.40	0.42
1	0	0.7		2.4	10.0	0.43	0.49	0.52	0.64					0.38		0.40	0.27

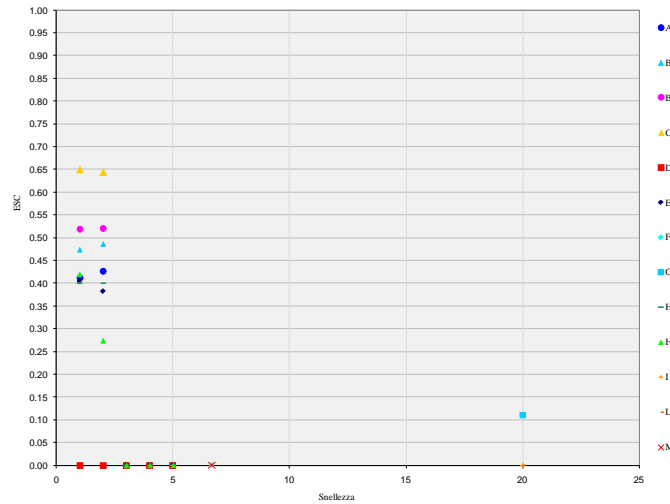


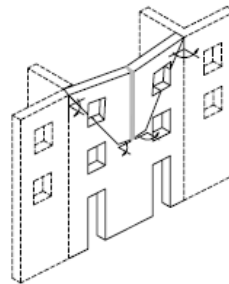
Figura 130: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 194: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.36	0.38	0.40	0.10	0.11	0.12	0.26	0.27	0.29
INDICE DI VULNERABILITA'	2.75	2.61	2.49	9.57	9.09	8.66	3.84	3.65	3.47
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 195: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.10	0.11	0.12	ESC
9.57	9.09	8.66	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	54.44		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
		n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 3:

Orientamento NORD

Di seguito si riporta il modulo (Figura 129) compilato per la facciata analizzata.

1 DATI TESSUTO URBANO																												
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																									
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																									
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																											
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																												
2-1 Orientamento facciata	N	2-5 Altezza totale facciata	6.00																									
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																									
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																										
2-4 Lunghezza facciata	7.4	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																									
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																												
3-1 Numero di aperture per piano	3-3 Schema aperture		disp. n.s. E2 2 sinistra destra																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">Aperture</th> <th>b</th> <th>h</th> <th></th> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>1.45</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </table>		Piani					0	1	2	3	4	2	2				Aperture		b	h				1.45	1.2		3-4 Maschio murario laterale	R R
Piani																												
0	1	2	3	4																								
2	2																											
Aperture		b	h																									
		1.45	1.2																									
		3-5 Altezza fascia orizzontale sup.		0.5																								
3-2 Stima dimensioni aperture	3-6 Piattabanda		tipo lunghezza Materia																									
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																												
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.55	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																									
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.720	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																									
4-3 Nr. pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr. pareti interne ort. al retro facciata	0																									
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																												
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2																									
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	na na																									
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																									
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																										
5-5 Orditura del tetto	O	piano																										
5-6 Tipo di muratura	A1	0 1 2 3 4																										
5-6b Tipo di malta		Catene-Cordoli	0 0 0 0 0																									
		iniezioni	0 0 0 0 0																									
		piastre parete	0 0 0 0 0																									
		fascia in legno	0 0 0 0 0																									

Figura 131: Modulo FaMIVE Facciata 3 scuola Chiazzolelle.

Risultati Facciata 3 scuola Chiazzolelle:

Tabella 196: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.4	18.7	1.2	7.6	0.39	0.46	0.51	0.65		0.38		0.10	0.40	0.46
1	0	0.8		3.2	10.9	0.44	0.50	0.53	0.64		0.37			0.40	0.21

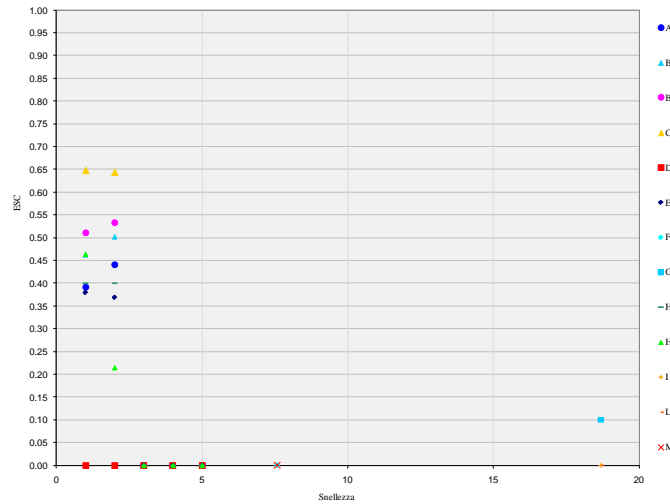


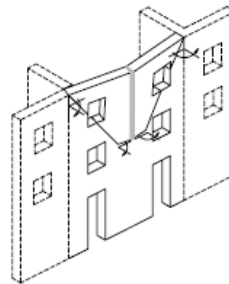
Figura 132: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 197: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.35	0.37	0.39	0.10	0.10	0.11	0.20	0.21	0.23
INDICE DI VULNERABILITA'	2.85	2.71	2.58	10.53	10.00	9.52	4.90	4.66	4.44
INDICE DI DANNO	1.20	1.20	1.20	0.53	0.53	0.53	1.12	1.12	1.12
MECCANISMI DI COLLASSO	E			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 198: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.10	0.10	0.11	ESC
10.53	10.00	9.52	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	70		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
		n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 4:

Orientamento OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 133 le foto della facciata 4 nonché il modulo (Figura 134) compilato per la facciata analizzata.

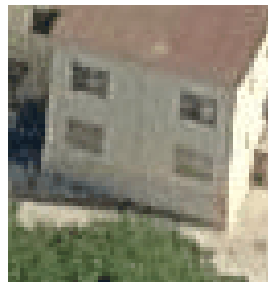


Figura 133: Vista satellitare Facciata 4 scuola Chiazzolelle

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	W																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	8.9																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	2	2																		
Piani																															
0	1	2	3	4																											
2	2																														
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	b	h	2.1	1.2																										
b	h																														
2.1	1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra																								
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
3-4 Maschio murario laterale	<table border="1"> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	R	R																												
R	R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.833																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	P																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	P																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 134: Modulo FaMIVE Facciata 4 scuola Chiazzolelle.

Risultati Facciata 4 scuola Chiazzolelle:

Tabella 199: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.3	17.8	1.1	6.0	0.37	0.64	0.69	0.65		0.35		0.18	0.40	0.44
1	0	0.7		3.1	10.0	0.48	0.62	0.63	0.64		0.41			0.40	0.21

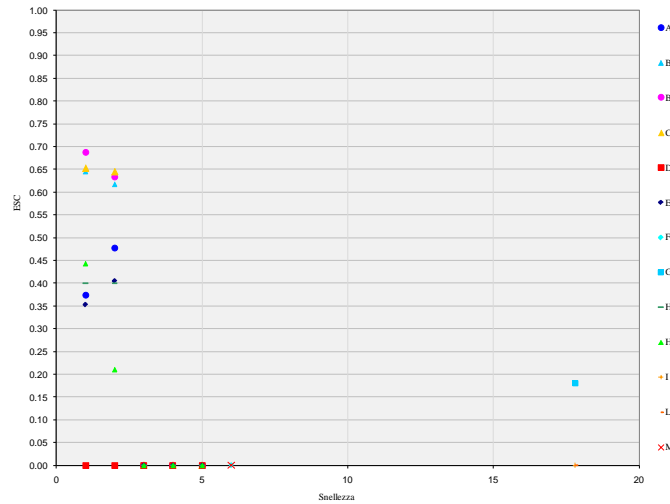


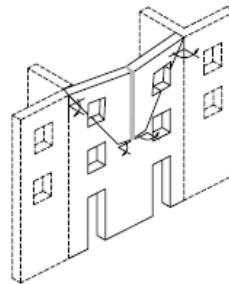
Figura 135: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 200: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.59	0.62	0.65	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22
INDICE DI VULNERABILITA'	1.71	1.62	1.54	5.85	5.56	5.29	5.01	4.76	4.53
INDICE DI DANNO	1.30	1.30	1.30	0.46	0.46	0.46	0.35	0.35	0.35
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW

Tabella 201: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.17	0.18	0.19	ESC
5.85	5.56	5.29	INDICE DI VULNERABILITA'
0.46	0.46	0.46	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	54.44		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
partial failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
		n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 5:

Orientamento OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 136 le foto della facciata 5 nonché il modulo (Figura 137) compilato per la facciata analizzata.



Figura 136: Vista satellitare Facciata 5 scuola Chiazzolelle

1 DATI TESSUTO URBANO																																	
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																	
2-1 Orientamento facciata	W	2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)	<input type="checkbox"/>																														
2-4 Lunghezza facciata	5.8	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																	
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Piani					0	1	2	3	4	2	2				3-4 Maschio murario laterale	R R															
Piani																																	
0	1	2	3	4																													
2	2																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Aperture</th> <th>b</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.3</td> <td>1.2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Aperture		b	h	1.3	1.2			3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																						
Aperture		b	h																														
1.3	1.2																																
3-2 Stima dimensioni aperture		3-6 Piattabanda	tipo lunghezza Materia																														
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																	
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.750	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																	
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	na na																														
5-3 Orditura solaio	P	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																															
5-5 Orditura del tetto	P	<table border="1"> <thead> <tr> <th>piano</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																												
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																												
iniezioni	0	0	0	0	0																												
piastre parete	0	0	0	0	0																												
fascia in legno	0	0	0	0	0																												
5-6 Tipo di muratura	A1																																
5-6b Tipo di malta																																	

Figura 137: Modulo FaMIVE Facciata 5 scuola Chiazzolelle.

Risultati Facciata 5 scuola Chiazzolelle:

Tabella 202: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.5	12.9	1.7	6.7	0.39	0.66	0.72	0.65		0.35		0.14	0.40	0.33
1	0	1.0		4.5	10.0	0.50	0.62	0.64	0.64		0.36			0.40	0.14

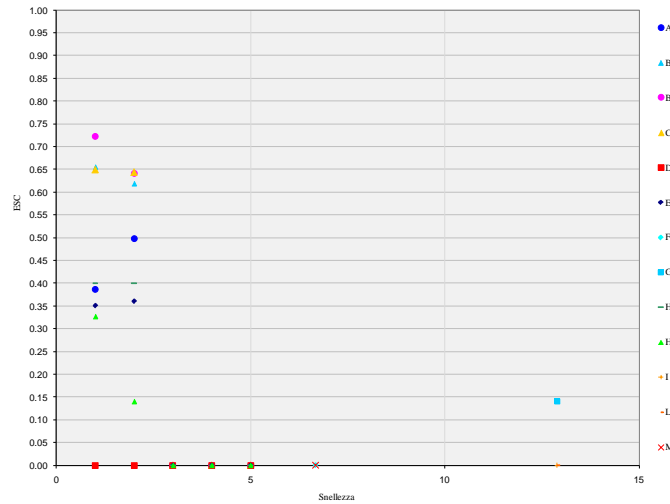


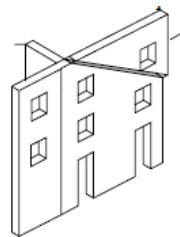
Figura 138: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 203: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.59	0.62	0.65	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.15
INDICE DI VULNERABILITA'	1.70	1.62	1.54	7.52	7.14	6.80	7.52	7.15	6.81
INDICE DI DANNO	1.30	1.30	1.30	0.46	0.46	0.46	1.04	1.04	1.04
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 204: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.13	0.14	0.15	ESC
7.52	7.15	6.81	INDICE DI VULNERABILITA'
1.04	1.04	1.04	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	---		COLLASSO TETTO
partial failure of floors			COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 6:

Orientamento SUD.

Di seguito si riportano in Figura 139 le foto della facciata 6 nonché il modulo (Figura 140) compilato per la facciata analizzata.



Figura 139: Vista satellitare Facciata 6 scuola Chiazzolelle

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	S																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	7.0																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	1	1																		
Piani																															
0	1	2	3	4																											
1	1																														
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	b	h	2.1	1.2																										
b	h																														
2.1	1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra																								
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
3-4 Maschio murario laterale	<table border="1"> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	R	R																												
R	R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materia</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materia																											
tipo	lunghez.	Materia																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.50																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.700																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	0																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 140: Modulo FaMIVE Facciata 6 scuola Chiazzolelle.

Risultati Facciata 6 scuola Chiazzolelle:

Tabella 205: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.4	20.0	0.7	8.6	0.40	0.47	0.51	0.65					0.40	0.40
1	0	0.9		2.0	12.0	0.44	0.45	0.45	0.64				0.08	0.40	0.33

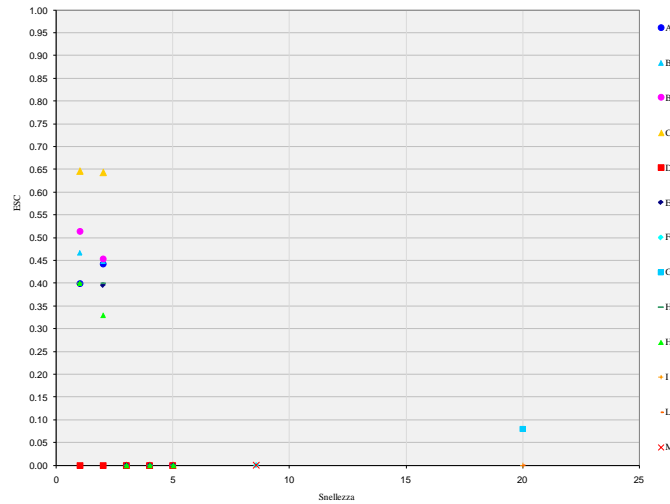


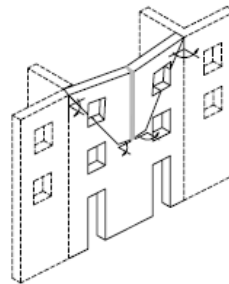
Figura 141: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 206: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.43	0.46	0.47	0.08	0.08	0.08	0.31	0.33	0.35
INDICE DI VULNERABILITA'	2.34	2.23	2.12	13.16	12.50	11.90	3.19	3.03	2.89
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	1.12	1.12	1.12
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 207: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.08	0.08	0.08	ESC
13.16	12.50	11.90	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	70		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
			COLLASSO SOLAI
		n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Facciata 7:

Orientamento EST.

Di seguito si riportano in Figura 142 le foto della facciata 7 nonché il modulo (Figura 143) compilato per la facciata analizzata.

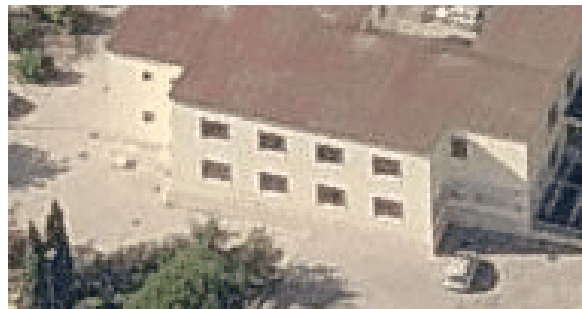


Figura 142: Vista satellitare Facciata 7 scuola Chiazzolelle

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	E																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	17.9																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>2.2</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	4	4				Aperture		b	h				2.2	1.2						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
4	4																														
Aperture		b	h																												
		2.2	1.2																												
3-2 Stima dimensioni aperture	b h																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Matena</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Matena																											
tipo	lunghez.	Matena																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.583																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 143: Modulo FaMIVE Facciata 7 scuola Chiazzolelle.

Risultati Facciata 7 scuola Chiazzolelle :

Tabella 208: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	0	0.2	51.1	1.0	8.6	0.30	0.32	0.34	0.65						0.40	0.42
1	0	0.3		2.6	10.0	0.32	0.28	0.25	0.64				0.10		0.40	0.23

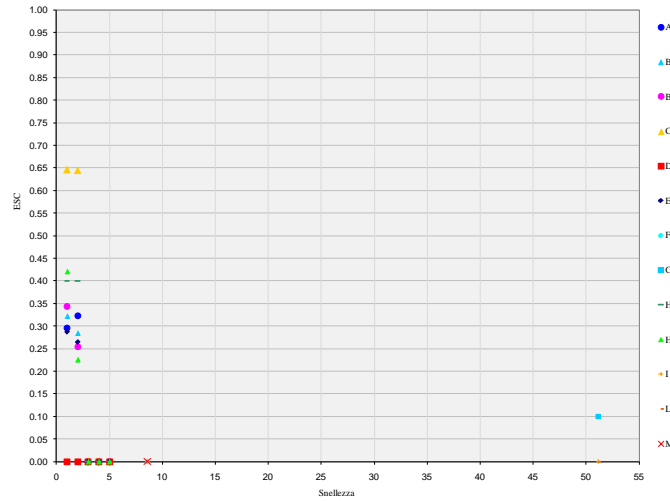


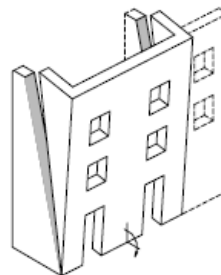
Figura 144: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 209: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.24	0.25	0.27	0.10	0.10	0.11	0.21	0.23	0.24
INDICE DI VULNERABILITA'	4.13	3.92	3.74	10.53	10.00	9.52	4.67	4.44	4.23
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO		B2			G			H2	
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 210: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.24	0.25	0.27	ESC
4.13	3.92	3.74	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	B2		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo B2: Ribaltamento della facciata e di due parti di muro

Facciata 8:

Orientamento NORD.

Di seguito si riportano in Figura 145 le foto della facciata 8 nonché il modulo (Figura 146) compilato per la facciata analizzata.

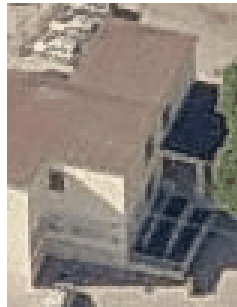


Figura 145: Vista satellitare Facciata 8 scuola Chiazzoelle

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	N																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	14.3																														
2-5 Altezza totale facciata	6.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	2	2																		
Piani																															
0	1	2	3	4																											
2	2																														
3-2 Stima dimensioni aperture	<table border="1"> <tr> <td>b</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>2.15</td> <td>1.2</td> </tr> </table>	b	h	2.15	1.2																										
b	h																														
2.15	1.2																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0.5																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Matena</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Matena																											
tipo	lunghez.	Matena																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	0.750																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.6																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 146: Modulo FaMIVE Facciata 8 scuola Chiazzoelle.

Risultati Facciata 8 scuola Chiazzolelle:

Tabella 211: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.2	31.8	1.6	6.7	0.36	0.41	0.44	0.65		0.35		0.11	0.40	0.35
1	0	0.4		4.2	10.0	0.36	0.37	0.38	0.64		0.31			0.40	0.16

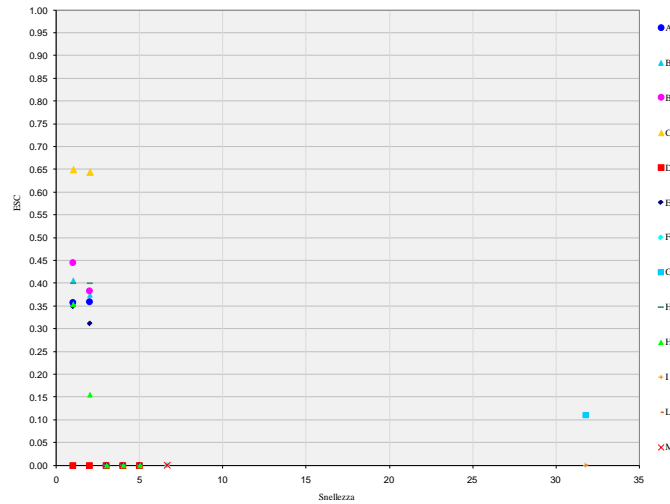


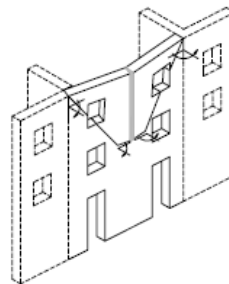
Figura 147: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 212: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.36	0.37	0.39	0.10	0.11	0.12	0.15	0.16	0.16
INDICE DI VULNERABILITA'	2.81	2.67	2.55	9.57	9.09	8.66	6.78	6.44	6.13
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	B1			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 213: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.10	0.11	0.12	ESC
9.57	9.09	8.66	INDICE DI VULNERABILITA'
0.53	0.53	0.53	INDICE DI DANNO
	G		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	1		Numero di piani
	62.22		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	---		COLLASSO SOLAI
	---	n.storeys	



Meccanismo tipo G: effetto Arco orizzontale

Infine si riporta in Tabella 214 un riepilogo dell'analisi svolta da FaMIVE per le 8 facciate della scuola Chiazzolelle.

Tabella 214:Riepilogo Risultati FaMIVE per la scuola Chiazzolelle

SCUOLA	FACCIATA	Nr.PIANI DELLA FACCIATA	H tot	L tot	MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		MECCANISMI PARZIALI		Ribalamento laterale porticato	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLLASSO	VULNERABILITA' FINALE
					A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M						
C H I A Z Z O L E L L E	1	2	6	5.8	0.13	0.17	0.19	0.64	0.09	0.26	---	0.17	0.40	0.15	---	---	---	0.13	7.9	1.3	A	HIGH	
	2	2	6	9	0.41	0.47	0.52	0.64	---	0.38	---	0.11	0.4	0.27	---	---	---	0.11	9.1	0.5	G	MEDIUM	
	3	2	6	7.4	0.39	0.46	0.51	0.64	---	0.37	---	0.1	0.4	0.21	---	---	---	0.1	10.0	0.525	G	MEDIUM	
	4	2	6	8.9	0.37	0.62	0.63	0.64	---	0.35	---	0.18	0.4	0.21	---	---	---	0.18	5.6	0.455	G	MEDIUM	
	5	2	6	5.8	0.39	0.62	0.64	0.64	---	0.35	---	0.14	0.4	0.14	---	---	---	0.14	7.1	1.04	H2	HIGH	
	6	2	6	7	0.4	0.45	0.45	0.64	---	0.4	---	0.08	0.4	0.33	---	---	---	0.08	12.5	0.525	G	HIGH	
	7	2	6	17.9	0.3	0.28	0.25	0.64	---	0.26	---	0.1	0.4	0.23	---	---	---	0.25	3.9	1.5	B2	MEDIUM	
	8	2	6	14.3	0.36	0.37	0.38	0.64	---	0.31	---	0.11	0.4	0.16	---	---	---	0.11	9.1	0.525	G	MEDIUM	

3.7. V CASO DI STUDIO: SCUOLA G.ORSI

3.7.1 DESCRIZIONE GENERALE

La scuola elementare G.Orsi (Figura 148 e Figura 149) sita in Via Lava Troia 10, la sua realizzazione risale approssimativamente al periodo 1946-1960 e risulta costituita principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrata. Inoltre si sviluppa su due piani di superficie coperta di circa 464mq con altezza di interpiano di 4m, ed è dotata di copertura piana non praticabile.



Figura 148: Scuola G.Orsi vista satellitare e facciata laterale.



Figura 149: Particolari esterni scuola G.Orsi.

Le condizioni generali risultano nel complesso discrete sia per gli interni che per l'esterno dato che non è visibile nessun tipo di lesione.

Descrizione geometrica:

Si riportano di seguito (Figura 150) la visuale dal satellite della scuola oggetto di analisi.



Figura 150 : Visuale dal satellite in 3D della scuola G.Orsi da “Bing © 2009 Microsoft”

Si riporta di seguito (Figura 151) la pianta del piano terra.

Le piante del primo e secondo piano sono identiche al piano terra sia dal punto di vista della disposizione che del numero di pareti.

Nelle piante che seguono sono numerati in rosso i maschi murari (numerazione necessaria per identificare le pareti per applicare il metodo VM), inoltre sono evidenziate in verde le orditure dei solai.

Infine viene riportato in pianta sia l’orientamento della scuola rispetto al nord che la numerazione delle 4 facciate che compongono il perimetro della scuola (numerazione ed orientamento necessari per applicare la procedura FaMIVE).

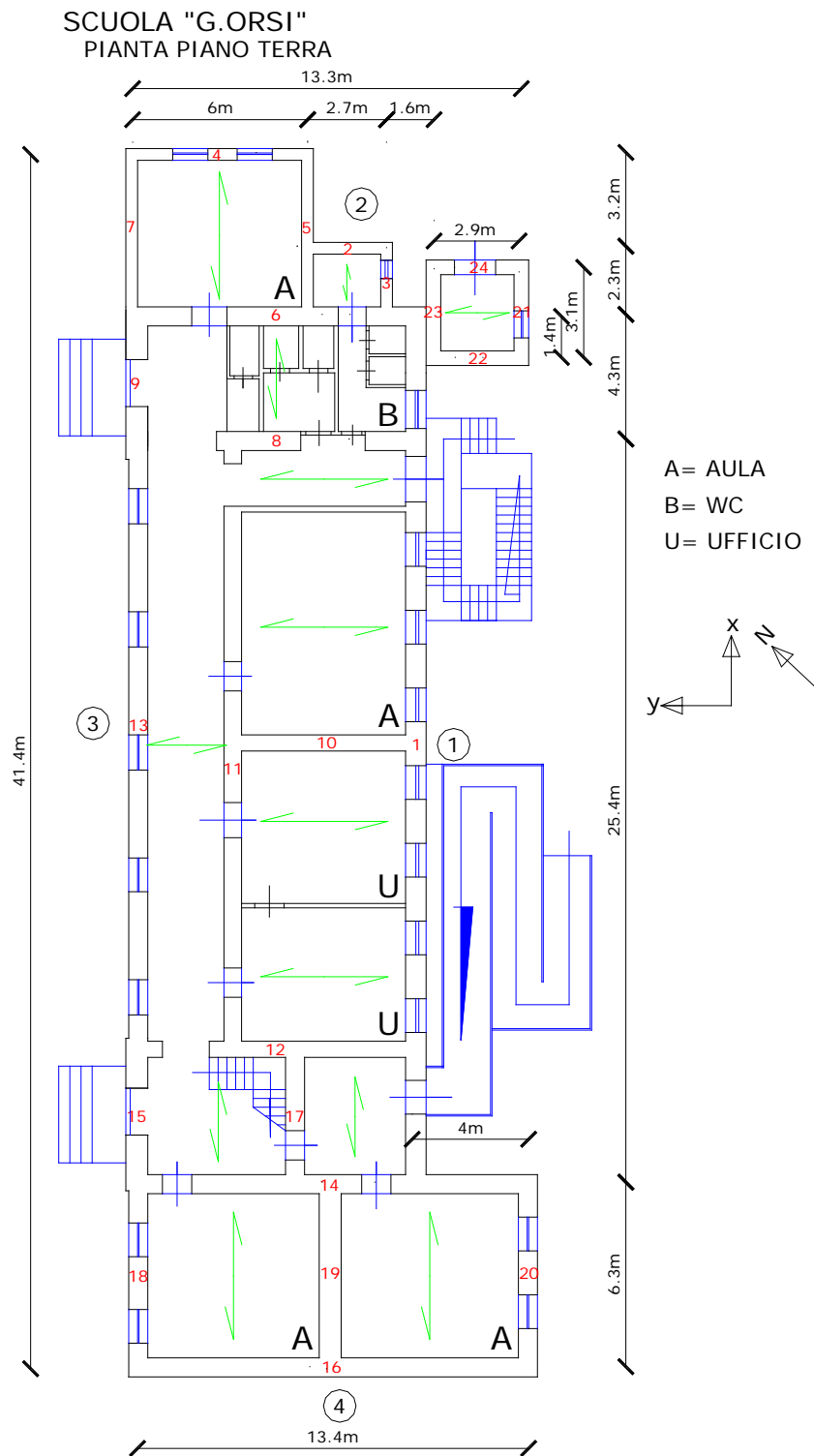


Figura 151: Scuola G.Orsi Pianta

3.7.2 SCHEDA GNDT II LIVELLO

*Parametri:**1.Tipo ed organizzazione del sistema resistente:*

Classe C: Edifici che, pur non presentando cordoli o catene a tutti i livelli, sono costituiti da pareti ortogonali ben ammorsate fra loro.

2.Qualità del sistema resistente:

Classe B: Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare. Bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli.

3.Resistenza convenzionale:

Classe B: Edifici con $0.6 \leq \alpha < 1$ cioè:

Si riporta in Tabella 215 dei dati misurati per il calcolo della resistenza convenzionale:

Tabella 215: Dati per il calcolo della resistenza convenzionale scuola G.Orsi

Numero di piani	N	2	▼
Area totale coperta	A_t (mq)	465	▼
Area	A_x (mq)	59	▼
Area	A_y (mq)	36	▼
τ_k	(t/mq)	7	▼
Alt. media interpiano	h(m)	4	
Peso specifico pareti	p_m (t/mq)	1.6	▼
Carico permanente solai	p_s (t/mq)	0.50	▼

Si riporta in Tabella 216 il calcolo della resistenza convenzionale cioè del parametro 3:

Tabella 216: Resistenza convenzionale scuola G.Orsi

Parametro 3. Resistenza convenzionale	
Tipologia strutture verticali	τ_k (t/mq)
MURATURA IN TUFO NAPOLETANO	7
Minimo tra A_x ed A_y	A(mq) 36
Massimo tra A_x ed A_y	B(mq) 59
Coeff. $a_0 = A/A_t = 0.08$	Coeff. $\gamma = B/A = 1.61$
$q = (A_x + A_y) h p_m / A_t + p_s = 1.81$	
$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}}$	0.35
$\alpha = C/0.4 = 0.87$	

4. Posizione dell'edificio e delle fondazioni:

Classe B: Edifici posti su roccia con pendenza $10% < p \leq 30%$.

Terreno sciolto non spingente.

5. Orizzontamenti:

Classe D: - Edifici con orizzontamenti di qualsiasi natura mal collegati alle pareti.

6. Configurazione in planimetrica:

Classe A: $\beta_1 < 10$

Tabella 217: Rapporti fra i lati della pianta della scuola G.Orsi.

Rapporto percentuale $\beta_1 = a/l$	22.89
Rapporto percentuale $\beta_2 = b/l$	9.16

7. Configurazione in elevazione:

Classe A: - Edifici con distribuzione di masse e di elementi resistenti praticamente uniforme su tutta l'altezza;

- edifici con massa ed elementi resistenti decrescenti con continuità;

- edifici che presentano arretramenti comportanti una riduzione dell'area di pianta inferiore al 10%.

8. Distanza massima fra le murature:

Classe A: - Edifici con rapporto interasse/spessore non superiore a 15

9. Copertura:

Classe B:

- Edifici con copertura non spingente ma privi sia di cordolo di sottotetto che di catene

10. Elementi non strutturali:

Classe A:

- Edifici privi di infissi esterni o insegne di piccole

11. Stato di fatto:

Classe B:

- Edifici che presentano lesioni capillari non diffuse non di origine sismica.

Quindi riepilogando (Tabella 218) si può passare al calcolo dell'indice di vulnerabilità con la relazione (3):

Tabella 218: Calcolo indice di vulnerabilità scuola G.Orsi.

PUNTEGGI E PESI RELATIVI AI SINGOLI PARAMETRI						$I_v(\text{assoluto})$	
PARAMETRO	CLASSE	CLASSE				PESO	TOTALE
		A	B	C	D		
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE(S.R.)	0	5	20	45	1	C 20
2	QUALITÀ DEL S.R.	0	5	25	45	0.25	B 1.25
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	0	5	25	45	1.5	B 7.5
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	0	5	25	45	0.75	B 3.75
5	ORIZZONTAMENTI	0	5	15	45	0.75	D 33.75
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	0	5	25	45	0.5	A 0
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	0	5	25	45	0.75	A 0
8	DMAX MURATURE	0	5	25	45	0.25	A 0
9	COPERTURA	0	15	25	45	0.75	B 11.25
10	ELEM. NON STRUTT.	0	0	25	45	0.25	A 0
11	STATO DI FATTO	0	5	25	45	1	B 5
							82.5

Quindi normalizzando l'indice di vulnerabilità rispetto all'indice di vulnerabilità rispetto al suo valore massimo 382.5 si ottiene (Tabella 219) :

Tabella 219: Indice di vulnerabilità relativo scuola G.Orsi

$I_v(\text{assoluto})$	$I_v(\text{max})$	$I_v(\text{relativo})$
82.50	382.50	0.22

Questo indice è compreso nell'intervallo di vulnerabilità bassa cioè tra 0,10 e 0,20.

3.7.3 METODO VM VALUTAZIONE MURATURE

Sezione 1 :Input dati generali:

Si riportano come dati di input generali i valori dell'altezza di interpiano, peso specifico muratura, peso solaio, carichi accidentali solaio, coefficiente di riduzione carichi accidentali, peso e massa, taglio resistente ed infine area di muratura nelle 2 direzioni per ogni piano (da Tabella 220 a Tabella 221).

Piano terra :

Tabella 220: Sezione 1 input dati generali piano terra scuola G.Orsi

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	4	m	Vres_X	5737	KN	dir X	59	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	3896	KN	dir Y	36	mq
p. solaio	5	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	9951	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	6.8	KN/mq				9791	KN	

Piano I: : Essendo questo l'ultimo piano si considera come carico permanente quello calcolato per coperture praticabili nel paragrafo 3.2.4 dell'analisi dei carichi e come sovraccarico lo stesso di quello per i solai di interpiano.

Tabella 221: Sezione 1 input dati generali I piano scuola G.Orsi

Caratteristiche di piano						<u>Totale Area di muratura nelle due direzioni</u>		
Altezza interpiano	4	m	Vres_X	2715	KN	dir X	56.295	mq
peso spec. muratura	16	KN/mc	Vres_Y	2371	KN	dir Y	33.8475	mq
p. solaio	3	KN/mq						
carichi acc. solaio	3	KN/mq						
coeff. riduz. accident.	0.6		Wtot	8761	KN	W (per valutaz. Massa)		
peso di solaio per unità di superficie (comprensivo degli accidentali e delle tramezzature)	4.8	KN/mq				5527	KN	

Sezione 2 :Input dati pareti omogenee

Si riportano (Tabella 222 e Tabella 223) le caratteristiche geometriche e l'orientamento rispetto asse x o y di ogni parete per ogni piano. Inoltre si considera la resistenza caratteristica sia a compressione che a taglio della muratura dedotta dalla NTC2008.

Il piano terra è composto da 24 pareti mentre il primo piano da 20.

Tabella 222: Dati di input pareti piano terra scuola G.Orsi.

SCUOLA		ORSI											
PIANO		terra											
						H _{fin}	H fascia	H fascia					H _{porte}
						(m)	inf(m)	sup(m)					(m)
						2	1	1					3
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L _{APERTURE} (m)	D SOLAIO (m)	
x	Parete 1	0.61	29.60	0.70	70	3500	10.00	0.80	1.00	93.24	1.17	3.15	
y	Parete 2	1.00	2.70	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	3.11	0.00	1.15	
x	Parete 3	0.72	2.30	0.40	70	3500	1.00	1.00	1.00	0.00	0.65	0.00	
y	Parete 4	0.60	6.00	0.40	70	3500	2.00	1.00	1.00	13.50	1.20	2.25	
x	Parete 5	1.00	5.50	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 6	0.78	9.70	0.65	70	3500	2.00	0.00	1.00	45.59	1.08	4.70	
x	Parete 7	1.00	5.50	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 8	0.52	9.50	0.65	70	3500	2.00	0.00	1.00	23.28	2.30	2.45	
x	Parete 9	0.67	4.90	0.75	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.60	0.00	
y	Parete 10	1.00	6.30	0.55	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 11	0.78	20.80	0.60	70	3500	4.00	0.00	1.00	97.76	1.16	4.70	
y	Parete 12	0.83	9.50	0.55	70	3500	1.00	0.00	1.00	21.85	1.60	2.30	
x	Parete 13	0.77	26.00	0.60	70	3500	5.00	1.00	1.00	44.20	1.20	1.70	
y	Parete 14	0.85	13.40	0.65	70	3500	2.00	0.00	1.00	72.36	1.00	5.40	
x	Parete 15	0.65	4.60	0.75	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.60	0.00	
y	Parete 16	1.00	13.30	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	41.23	0.00	3.10	
x	Parete 17	0.78	4.60	0.65	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	
x	Parete 18	0.63	6.20	0.65	70	3500	2.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	
x	Parete 19	1.00	6.20	0.75	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 20	0.63	6.20	0.75	70	3500	2.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	
x	Parete 21	0.67	3.00	0.45	70	3500	1.00	1.00	1.00	4.50	1.00	1.50	
y	Parete 22	1.00	3.00	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 23	1.00	3.00	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	1.50	
y	Parete 24	0.53	3.00	0.40	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.40	0.00	

Tabella 223: Dati di input pareti I piano scuola G.Orsi.

SCUOLA		ORSI											
PIANO		I											
						H _{fin}	H fascia	H fascia					H _{porte}
						(m)	inf(m)	sup(m)					(m)
						2	1	1					3
direz	Pareti	(% piena)	Lungh. (m)	spess. (m)	τ_k (KN/mq)	σ_k (KN/mq)	N* aperture	H fascia inf	H fascia sup	A inf. Sol (mq)	L _{APERTURE} (m)	D SOLAIO (m)	
x	Parete 1	0.61	29.60	0.70	70	3500	10.00	0.90	1.00	93.24	1.17	3.15	
y	Parete 2	1.00	2.70	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	3.11	0.00	1.15	
x	Parete 3	0.72	2.30	0.40	70	3500	1.00	1.00	1.00	0.00	0.65	0.00	
y	Parete 4	0.60	6.00	0.40	70	3500	2.00	1.00	1.00	13.50	1.20	2.25	
x	Parete 5	1.00	5.50	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 6	0.78	9.70	0.65	70	3500	2.00	0.00	1.00	45.59	1.08	4.70	
x	Parete 7	1.00	5.50	0.40	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
y	Parete 8	0.52	9.50	0.65	70	3500	2.00	0.00	1.00	44.65	2.30	4.70	
x	Parete 9	0.67	4.90	0.75	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.60	0.00	
y	Parete 10	1.00	6.30	0.45	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 11	0.78	20.80	0.60	70	3500	4.00	0.00	1.00	97.76	1.16	4.70	
y	Parete 12	0.83	9.50	0.55	70	3500	1.00	0.00	1.00	21.85	1.60	2.30	
x	Parete 13	0.77	26.00	0.60	70	3500	5.00	1.00	1.00	44.20	1.20	1.70	
y	Parete 14	0.85	13.40	0.65	70	3500	2.00	0.00	1.00	72.36	1.00	5.40	
x	Parete 15	0.65	4.60	0.75	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.60	0.00	
y	Parete 16	1.00	13.30	0.65	70	3500	0.00	0.00	0.00	41.23	0.00	3.10	
x	Parete 17	0.78	4.60	0.65	70	3500	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	
x	Parete 18	0.63	6.20	0.65	70	3500	2.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	
x	Parete 19	1.00	6.20	0.75	70	3500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
x	Parete 20	0.63	6.20	0.70	70	3500	2.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	

Sezione 3 : Riepilogo caratteristiche e sollecitazioni delle pareti:

In questa sezione vengono riepilogate le caratteristiche e le sollecitazione sopportata da ogni parete secondo la sua direzione x o y ed infine viene considerato il collasso per schiacciamento della muratura che nel nostro caso non si verifica.

Sezione 4 : Riepilogo calcolo Resistenze a taglio (Tabella 224)

Tabella 224: Riepilogo Resistenze ai differenti piani scuola G.Orsi

	Resistenza a Taglio	
	P. Terra	1°
Vx_tot	5737	2715
Vy_tot	3896	2371
Rotture schiacc.	0	0

Sezione 5 : Il coefficiente di riduzione sia per le irregolarità in pianta che di rigidezza:

Tabella 225: Caratteristiche di regolarità geometrica e strutturale scuola G.Orsi

0.95	Irregolarità geometrica della struttura, a giudizio dell'Utente (Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
1	Irregolarità di Rigidezza e/o di resistenza in pianta. (Valore che l'utente deve assegnare in base alla regolarità posseduta dalla struttura)
2.0	Coefficiente di duttilità assegnato ai maschi murari.

Nel nostro caso per la scuola G.Orsi si considerano i coefficienti in Tabella 225 perché la forma geometrica della pianta è rettangolare e quindi regolare e dal punto di vista strutturale sarà irregolare in relazione alla distribuzione disuniforme in pianta delle tamponature, o alla presenza di vani scala, nuclei ascensori o setti strutturali in posizione eccentrica.

Sezione 6 : Calcolo forze statiche equivalenti (Tabella 226):

Tabella 226: Calcolo forze statiche equivalenti scuola G.Orsi

piano	Wi	h interp (m)	hi (m)	Calcolo forze statiche equivalenti		Fi	Taglio V
				gamma i	acc /g		
P.Terra	9791	4	4	0.73	1	7195	15318
1° P	5527	4	8	1.47	1	8123	8123
ΣWi	15318						
$\Sigma (Wi * hi)$			83378				

Nel calcolo bisogna anche considerare un coefficiente riduttivo della rigidezza per tener conto della fessurazione compreso tra 0 e 1 nel nostro caso 0,5.

Nella stessa sezione c'è un pulsante che manda in esecuzione il calcolo del periodo proprio nelle due direzioni della struttura sia integra che fessurata (Tabella 227):

Tabella 227: Calcolo periodo proprio scuola G.Orsi.

<i>T periodo proprio</i>		
	dir X	dir Y
	0.291	0.312
<i>T periodo proprio - Fessurata</i>		
	dir X	dir Y
	0.412	0.441

Sezione 7: Calcolo accelerazione spettrale (Tabella 228)

Tabella 228: Calcolo accelerazione spettrale scuola G.Orsi

Accelerazione spettrale		
Vres/V1g	Piano Terra	Piano 1°
dir X	0.375	0.334
dir Y	0.254	0.292

Sezione 8 : Calcolo coefficiente α_{DUT} (Tabella 229):Tabella 229: Calcolo coefficiente α_{DUT} scuola G.Orsi

coeff. Ri per la valutazione automatica della Regolarità strutturale in altezza			Coeff. riduttivo dovuto all'irregolarità di resistenza in altezza (qrid 1b)		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	1.121	1.000	dir X	0.948	0.900
dir Y	0.871	1.000	dir Y	0.849	0.900
Prodotto dei coeff riduttivi (qrid 1b * qrid 2 * qrid 3)			Valori di duttilità come ottenuti dalle analisi, e per tanto anche minori dell'unità		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	0.901	0.855	dir X	1.802	1.710
dir Y	0.806	0.855	dir Y	1.612	1.710
Limitazione dei valori di duttilità imponendo che: $1 \leq a_{dut}$					
Calcolo del Coefficiente di DUTTILITA' aDUT			Coeff di DUTTILITA' aDUT - da utilizzare nel calcolo seguente		
	Piano Terra	Piano 1°		Piano Terra	Piano 1°
dir X	1.802	1.710	dir X	1.802	1.710
dir Y	1.612	1.710	dir Y	1.612	1.710

Sezione 9: Calcolo Accelerazioni al Suolo (PGA):

Nella Tabella 230 vengono considerate:

la % di smorzamento assunta pari a 5%

il tipo di terreno: tipo B

integrità della muratura: f cioè fessurata

Tabella 230: Descrizione generale coefficienti scuola G.Orsi

smorzamento della struttura	5	%			
				Tipo di terreno	B
				Integrità della muratura da considerare	f
Coefficienti utilizzati				Periodo Proprio in dir. X	0.412181 dirX
$S_a = PGA * \alpha_{PM} * \alpha_{AD} * \alpha_{DS} * (1/\alpha_{DUT})$				Periodo Proprio in dir. Y	0.441052 dirY
α_{PM}	coeff. partecipazione modale (1 per edif ad 1 piano, 0.9 per edif 2 piani, 0.8 più piani)				
α_{AD}	amplificazione spettrale				
α_{DS}	coeff. che tiene conto delle capacità dissipative dell'edificio.				
α_{DUT}	coeff. di duttilità che tiene conto della presenza di una certa duttilità strutturale (valore definito nella sezione precedente)				

Successivamente in Tabella 231 si calcola in automatico il coefficiente parziale per la trasformazione da accelerazione spettrale in PGA:

Tabella 231: Coefficiente parziale per la trasformazione da Accelerazione spettrale in PGA scuola G.Orsi

dir x		dir y
0.9	α_{PM}	0.9
2.5	α_{AD}	2.5
1	α_{DS}	1
	α_{DUT}	
↓		↓
2.25		2.25

Inoltre nella Tabella 232 sono calcolati piano e direzione di crisi nonché il PGA.

Tabella 232: PGA, piano e direzione di crisi per la scuola G.Orsi

PGA						
	Piano	Piano		minimo	piano	
	Terra	1°		0.254	1°	dir X
dir X	0.300	0.254		0.182	Terra	dir Y
dir Y	0.182	0.222				
L'accelerazione al suolo (PGA)						
che mette in crisi il Terra piano in dir Y						
e quindi la struttura, è pari a:						
0.182 g						

Sezione 10: Calcolo periodo di ritorno (Tabella 234)

Determinazione su suolo rigido PGA su roccia = ag (Tabella 233)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 233: Calcolo PGA su roccia per la scuola G.Orsi.

ag - (PGA su roccia)

	Piano Terra	Piano 1°	minimo	piano	
dir X	0.240	0.203	0.203	1°	dir X
dir Y	0.146	0.178	0.146	Terra	dir Y

L'accelerazione al suolo (PGA)
che mette in crisi il Terra piano in dir Y
e quindi la struttura, è pari a:
0.146 g

Tabella 234: Calcolo periodo di ritorno per la scuola G.Orsi.

α	K	α	K
2.34	55400	2.39	38186
(media)		(media + deviazione standard)	
Periodo di ritorno		Periodo di ritorno	
611		380	

Sezione 11: Livello prestazionale Operatività:

Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola G.Orsi (Tabella 235).

Tabella 235: Calcolo PGA allo stato limite ultimo con coefficiente di duttilità unitario per la scuola G.Orsi

K	Rigidità K (kN/m)		Accelerazione Spettrale - limite di Operatività	
	Piano Terra	Piano 1°	Piano Terra	Piano 1°
dir X	948411	534066	dir X	0.743
dir Y	787388	526020	dir Y	0.617

Vres	Taglio resistente	
	Piano Terra	Piano 1°
dir X	11381	12818
dir Y	9449	12624

Tenendo conto dei coefficienti di duttilità calcolati (Tabella 236) e con una deformazione imposta del 3% : deformazione di interpiano per la quale si manifesta il danneggiamento delle pareti che rappresenta il rapporto tra lo spostamento relativo tra i piani e l'altezza di interpiano si procede al calcolo del piano e direzione di crisi nonché il PGA per il Livello prestazionale operatività (Tabella 237).

Tabella 236: Coefficiente trasformazione Accelerazione spettrale in PGA :

0.9	α_{PM}	0.9
2.5	α_{AD}	2.5
1	α_{DS}	1
1	α_{DUT}	1
↓		↓
2.25		2.25
dir X		dir Y

Tabella 237: PGA livello prestazionale Operatività per la scuola G.Orsi.

PGA					
	Piano	Piano		minimo	piano
Vres/V1g	Terra	1°		0.149	1°
dir X	0.330	0.701		0.113	Terra
dir Y	0.274	0.691			dir Y
	PGA per il livello			L'accelerazione al suolo (PGA) che mette in crisi il piano e quindi la struttura, è pari a:	
Vres/V1g	Piano	Piano			Terra
dir X	Terra	1°			0.113 g
dir Y	0.166	0.149			
	0.113	0.130			

Sezione 12: Calcolo periodo di ritorno per il mantenimento dell'Operatività (Tabella 239).

Accelerazione su roccia al limite dell'Operatività (Tabella 238)

Accelerazione di ancoraggio dello spettro = 1.25

Tabella 238: Calcolo PGA su roccia livello prestazionale Operatività per la scuola G.Orsi.

ag (accelerazione su roccia) - livello prestazionale:					
	Piano	Piano		minimo	
Vres/V1g	Terra	1°		0.119	1°
dir X	0.133	0.119		0.090	Terra
dir Y	0.090	0.104			dir Y

L'accelerazione sul suolo rigido (PGA su roccia) che provoca il danneggiamento del piano

Terra in dir Y è : 0.090 g

Tabella 239: Calcolo periodo di ritorno per mantenimento Operatività scuola G.Orsi.

α	K
2.34	55400
(media)	(media + deviazione standard)
Periodo di ritorno	Periodo di ritorno
200	121

3.7.4 METODO FAMIVE

Facciata 1:

Orientamento SUD-EST (Figura 152).



Figura 152:Foto e Vista satellitare Facciata 1 scuola G.Orsi

Per le modalità di compilazione si rimanda alla prima struttura analizzata nel capitolo precedente paragrafo 3.3.4 pagina 113 scuola G.Mazza.

Si riporta il modulo in Figura 153 compilato per la facciata analizzata.

1 DATI TESSUTO URBANO																																							
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																				
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																				
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																						
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																							
2-1 Orientamento facciata	SE	2-5 Altezza totale facciata	8.00																																				
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																																				
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																																					
2-4 Lunghezza facciata	29.6	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																																				
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																							
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Piani</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aperture</td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">b</td> <td colspan="3">h</td> </tr> </tbody> </table>		Piani						0	1	2	3	4	Aperture	10	10					b		h			3-4 Maschio murario laterale	R R													
Piani																																							
	0	1	2	3	4																																		
Aperture	10	10																																					
	b		h																																				
3-2 Stima dimensioni aperture	1.1 2	3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																																				
		3-6 Piattabanda	tipo lunghez: Materia																																				
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																							
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.70	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																				
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.1																																				
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	1	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1																																				
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																							
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2																																				
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	na na																																				
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																																				
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																																					
5-5 Orditura del tetto	O	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">piano</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			piano						0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
	piano																																						
	0	1	2	3	4																																		
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																																		
iniezioni	0	0	0	0	0																																		
piastre parete	0	0	0	0	0																																		
fascia in legno	0	0	0	0	0																																		
5-6 Tipo di muratura	A1																																						
5-6b Tipo di malta																																							

Figura 153: Modulo FaMIVE Facciata 1 scuola G.Orsi.

Risultati Facciata I scuola G.Orsi.

Tabella 240: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.1	42.3	1.6	5.7	0.33	0.40	0.43	0.65		0.31		0.11	0.40	0.38
1	0	0.3		3.9	11.4	0.29	0.30	0.30	0.64		0.25			0.40	0.18

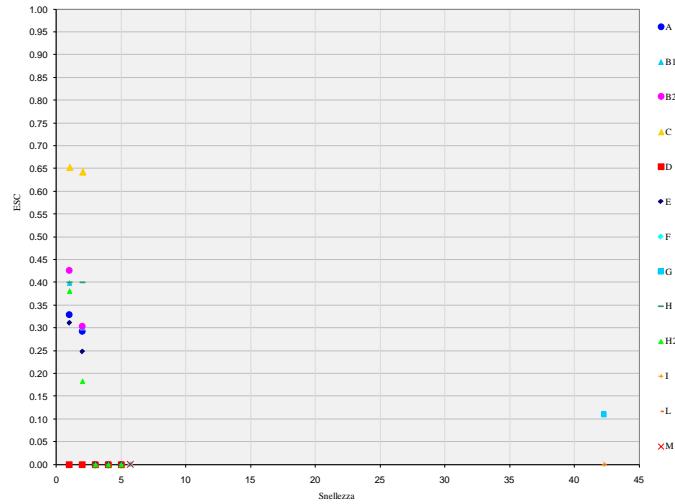


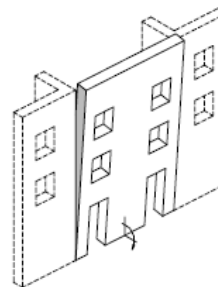
Figura 154: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 241: Risultati parziali

ESC	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
	0.28	0.29	0.31	0.10	0.11	0.12	0.17	0.18	0.19
INDICE DI VULNERABILITA'	3.61	3.43	3.27	9.57	9.09	8.66	5.76	5.47	5.21
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO		A			G			H2	
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

Tabella 242: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.28	0.29	0.31	ESC
3.61	3.43	3.27	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	A		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo A: Ribaltamento della facciata

Facciata 2:

Orientamento NORD-EST

Di seguito si riportano in Figura 155 le foto della facciata 2 nonché il modulo (Figura 156) compilato per la facciata analizzata.

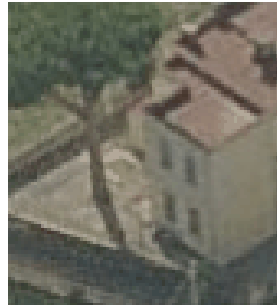


Figura 155: Vista satellitare Facciata 2 scuola G.Orsi

1 DATI TESSUTO URBANO																																							
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M	1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																																				
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0	1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																																				
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																																						
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																																							
2-1 Orientamento facciata	NE	2-5 Altezza totale facciata	8.00																																				
2-2 Numero di piani dell'edificio	2	2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																																				
2-3 Numero di piani della facciata	2	2-7 Altezza timpano (se presente)																																					
2-4 Lunghezza facciata	6.0	2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																																				
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																																							
3-1 Numero di aperture per piano		3-3 Schema aperture	disp. n.s. E2 2 sinistra destra																																				
<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Aperture</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>1.1</td> <td>2</td> <td></td> </tr> </table>		Piani					0	1	2	3	4	Aperture	2	2					b	h				1.1	2		3-4 Maschio murario laterale	R R											
Piani																																							
0	1	2	3	4																																			
Aperture	2	2																																					
		b	h																																				
		1.1	2																																				
		3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	1																																				
3-2 Stima dimensioni aperture		3-6 Piattabanda	tipo lunghezza Materia																																				
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																																							
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.40	4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																																				
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000	4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	2.1																																				
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0	4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0																																				
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																																							
5-1 N. piani con strutture a volta	0	5-7 Livello manutenzione delle murature	2																																				
5-2 Tipologia solaio	C	5-8 Connessione a bordi	na na																																				
5-3 Orditura solaio	O	5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																																				
5-4 Tipologia tetto	C	5-10 Catene per ogni piano della facciata																																					
5-5 Orditura del tetto	O	<table border="1"> <tr> <td></td> <td colspan="5">piano</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>			piano						0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
	piano																																						
	0	1	2	3	4																																		
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																																		
iniezioni	0	0	0	0	0																																		
piastre parete	0	0	0	0	0																																		
fascia in legno	0	0	0	0	0																																		
5-6 Tipo di muratura	A1																																						
5-6b Tipo di malta																																							

Figura 156: Modulo FaMIVE Facciata 2 scuola G.Orsi.

Risultati Facciata 2 scuola G.Orsi:

Tabella 243: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	
2	0	0.7	15.0	2.1	10.0	0.38	0.47	0.51	0.64			0.31		0.09	0.40	0.31
1	0	1.3		5.3	20.0	0.47	0.37	0.32	0.64			0.29			0.40	0.15

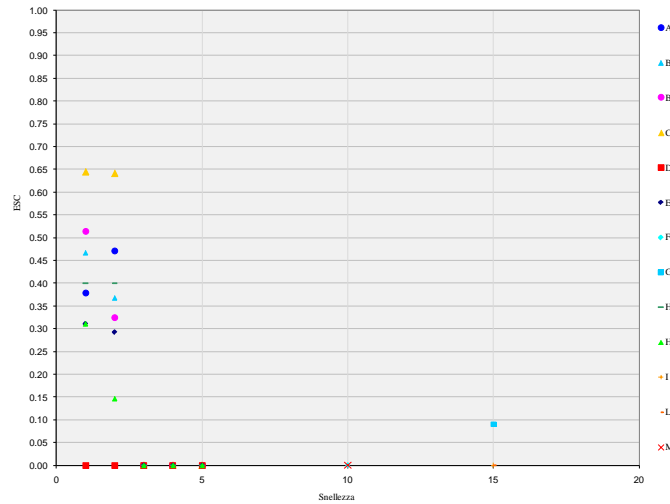


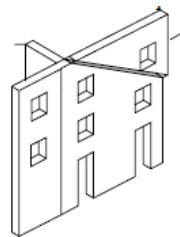
Figura 157: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 244: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.31	0.32	0.34	0.09	0.09	0.09	0.14	0.15	0.15
INDICE DI VULNERABILITA'	3.24	3.08	2.93	11.70	11.11	10.58	7.19	6.84	6.51
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	1.12	1.12	1.12
MECCANISMI DI COLLASSO	B2			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH

Tabella 245: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.14	0.15	0.15	ESC
7.19	6.84	6.51	INDICE DI VULNERABILITA'
1.12	1.12	1.12	INDICE DI DANNO
	H2		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
	---		COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo H: da Taglio nella parete per azioni nel piano con lesioni diagonali

Facciata 3:

Orientamento NORD-OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 158 le foto della facciata 3 nonché il modulo (Figura 159) compilato per la facciata analizzata.

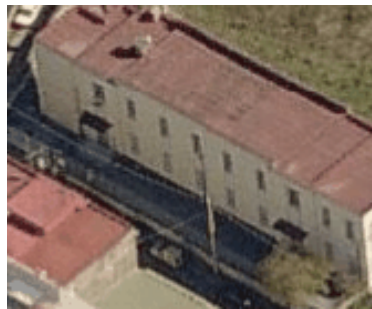


Figura 158: Vista satellitare Facciata 3 scuola G.Orsi

1 DATI TESSUTO URBANO	
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0
1-3 Numero di edifici nel blocco	0
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA	
2-1 Orientamento facciata	NW
2-2 Numero di piani dell'edificio	2
2-3 Numero di piani della facciata	2
2-4 Lunghezza facciata	26.0
2-5 Altezza totale facciata	8.00
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>
2-7 Altezza timpano (se presente)	
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE	
3-1 Numero di aperture per piano	disp. n.s. E2 2
Piani	
Aperture	
3-2 Stima dimensioni aperture	
3-3 Schema aperture	
3-4 Maschio murario laterale	
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	
3-6 Piattabanda	
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA	
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.60
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.5
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	0
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI	
5-1 N. piani con strutture a volta	0
5-2 Tipologia solaio	C
5-3 Orditura solaio	O
5-4 Tipologia tetto	C
5-5 Orditura del tetto	O
5-6 Tipo di muratura	A1
5-6b Tipo di malta	
5-7 Livello manutenzione delle murature	2
5-8 Connessione a bordi	sinistra right na na
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>
5-10 Catene per ogni piano della facciata	
piano	
Catene-Cordoli	
iniezioni	
piastre parete	
fascia in legno	

Figura 159: Modulo FaMIVE Facciata 3 scuola G.Orsi.

Risultati Facciata 3 scuola G.Orsi:

Tabella 246: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.2	43.3	0.8	6.7	0.26	0.28	0.29	0.65				0.10	0.40	0.41
1	0	0.3		2.0	13.3	0.22	0.20	0.18	0.64				0.17	0.40	0.30

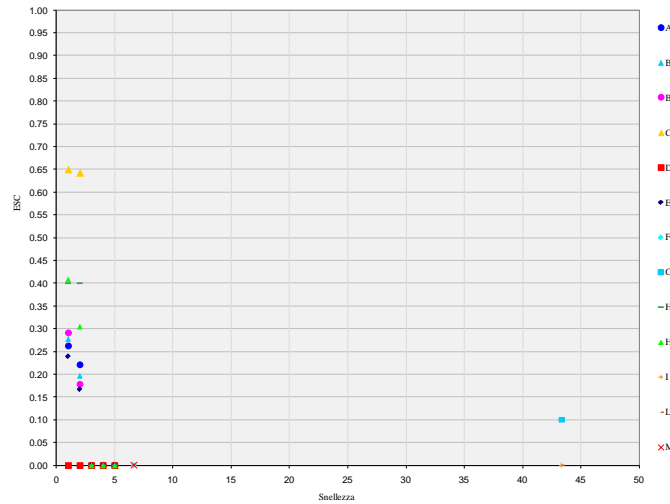


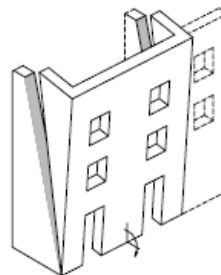
Figura 160: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 247: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.17	0.18	0.19	0.10	0.10	0.11	0.29	0.30	0.32
INDICE DI VULNERABILITA'	5.93	5.64	5.37	10.53	10.00	9.52	3.45	3.28	3.12
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	B2			G			H2		
CLASSE DI VULNERABILITA'	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 248: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.17	0.18	0.19	ESC
5.93	5.64	5.37	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	B2		MECCANISMI DI COLLASSO
HIGH	HIGH	HIGH	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	52		Angolo inclinazione lesioni
	...		TESSUTO MURATURA
	total failure of roof		COLLASSO TETTO
	failure of floors		COLLASSO SOLAI
	1	n.storeys	



Meccanismo tipo B2: Ribaltamento della facciata e di due parti di muro

Facciata 4:

Orientamento SUD-OVEST.

Di seguito si riportano in Figura 161 le foto della facciata 4 nonché il modulo (Figura 162) compilato per la facciata analizzata.



Figura 161: Vista satellitare Facciata 4 scuola G.Orsi

1 DATI TESSUTO URBANO																															
1-1 Vie di fuga e uscite emergenza	M																														
1-2 Forma e composizione dei blocchi	0																														
1-3 Numero di edifici nel blocco	0																														
1-4 Posizione edificio rispetto al blocco	na																														
1-5 Connessione della facciata con pareti adiacenti	0																														
2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA FACCIATA																															
2-1 Orientamento facciata	SW																														
2-2 Numero di piani dell'edificio	2																														
2-3 Numero di piani della facciata	2																														
2-4 Lunghezza facciata	13.3																														
2-5 Altezza totale facciata	8.00																														
2-6 Presenza di parete del timpano	<input type="checkbox"/>																														
2-7 Altezza timpano (se presente)																															
2-8 Angoli nella facciata	<input type="checkbox"/>																														
3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE APERTURE																															
3-1 Numero di aperture per piano	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Piani</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Aperture</td> <td>b</td> <td>h</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> </tr> </table>	Piani					0	1	2	3	4	0	0				Aperture		b	h				0	0						
Piani																															
0	1	2	3	4																											
0	0																														
Aperture		b	h																												
		0	0																												
3-2 Stima dimensioni aperture	0 0																														
3-3 Schema aperture	<table border="1"> <tr> <td>disp.</td> <td>n.s.</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>sinistra</td> <td>destra</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>R</td> </tr> </table>	disp.	n.s.	E2	2	sinistra	destra	R	R																						
disp.	n.s.																														
E2	2																														
sinistra	destra																														
R	R																														
3-4 Maschio murario laterale	R R																														
3-5 Altezza fascia orizzontale sup.	0																														
3-6 Piattabanda	<table border="1"> <tr> <td>tipo</td> <td>lunghez.</td> <td>Materna</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	tipo	lunghez.	Materna																											
tipo	lunghez.	Materna																													
4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PIANTA																															
4-1 Spessore muro inferiore della facciata	0.65																														
4-2 Spessore muro superiore (%)	1.000																														
4-3 Nr.pareti portanti interne ort. alla facciata	0																														
4-4 Nr. pareti portanti interne // alla facciata	1																														
4-5 Lunghezza totale ort. alla facciata	1.65																														
4-6 Nr.pareti interne ort. al retro facciata	1																														
5 CARATTERISTICHE STRUTTURALI																															
5-1 N. piani con strutture a volta	0																														
5-2 Tipologia solaio	C																														
5-3 Orditura solaio	O																														
5-4 Tipologia tetto	C																														
5-5 Orditura del tetto	O																														
5-6 Tipo di muratura	A1																														
5-6b Tipo di malta																															
5-7 Livello manutenzione delle murature	2																														
5-8 Connessione a bordi	<table border="1"> <tr> <td>sinistra</td> <td>right</td> </tr> <tr> <td>na</td> <td>na</td> </tr> </table>	sinistra	right	na	na																										
sinistra	right																														
na	na																														
5-9 Fuori verticalità	<input type="checkbox"/>																														
5-10 Catene per ogni piano della facciata	<table border="1"> <tr> <td>piano</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Catene-Cordoli</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>iniezioni</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>piastre parete</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>fascia in legno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	piano	0	1	2	3	4	Catene-Cordoli	0	0	0	0	0	iniezioni	0	0	0	0	0	piastre parete	0	0	0	0	0	fascia in legno	0	0	0	0	0
piano	0	1	2	3	4																										
Catene-Cordoli	0	0	0	0	0																										
iniezioni	0	0	0	0	0																										
piastre parete	0	0	0	0	0																										
fascia in legno	0	0	0	0	0																										

Figura 162: Modulo FaMIVE Facciata 4 scuola G.Orsi.

Risultati Facciata 4 scuola G.Orsi:

Tabella 249: Risultati per singolo meccanismo

Piani	Dispositivi di rinforzo	Snellezza				MECCANISMI FUORI DAL PIANO						EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO	
		H/L	L/t	massetti	H/t	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2
2	0	0.3	20.5	0.3	6.2	0.32	0.39	0.43	0.65		0.32		0.12	0.40	0.40
1	0	0.6		0.6	12.3	0.30	0.30	0.30	0.64		0.30			0.40	0.40

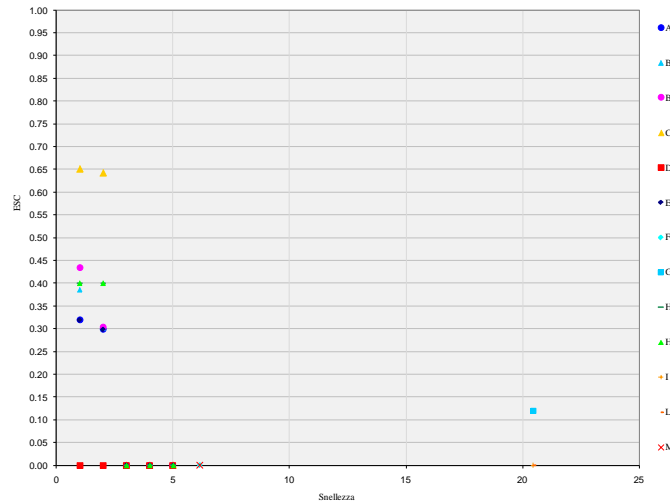


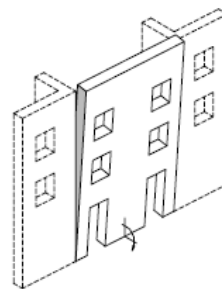
Figura 163: Grafico Snellezza-ESC

Tabella 250: Risultati parziali

	MECCANISMI FUORI DAL PIANO			EFFETTO ARCO			MECCANISMI NEL PIANO		
	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP	INF	MED	SUP
ESC	0.28	0.30	0.31	0.11	0.12	0.13	0.38	0.40	0.42
INDICE DI VULNERABILITA'	3.52	3.34	3.19	8.77	8.33	7.94	2.63	2.50	2.38
INDICE DI DANNO	1.50	1.50	1.50	0.53	0.53	0.53	0.37	0.37	0.37
MECCANISMI DI COLLASSO	A			G			H		
CLASSE DI VULNERABILITA'	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabella 251: Risultati finali

INF	MED	SUP	
0.28	0.30	0.31	ESC
3.52	3.34	3.19	INDICE DI VULNERABILITA'
1.50	1.50	1.50	INDICE DI DANNO
	A		MECCANISMI DI COLLASSO
MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	VULNERABILITA' FINALE
	2		Numero di piani
	---		Angolo inclinazione lesioni
	---		TESSUTO MURATURA
total failure of roof			COLLASSO TETTO
failure of floors			COLLASSO SOLAI
1	n.storeys		



Meccanismo tipo A: Ribaltamento della facciata

Infine si riporta in Tabella 252 un riepilogo dell'analisi svolta da FaMIVE per le 8 facciate della scuola G.Orsi.

Tabella 252:Riepilogo Risultati FaMIVE per la scuola G.Orsi

SCUOLA	FACCIATA	Nr.PIANI DELLA FACCIATA	H tot	L tot	MECCANISMI FUORI DAL PIANO							EFFETTO ARCO		MECCANISMI NEL PIANO		MECCANISMI PARZIALI		Ribalamento laterale portato	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLASSO	VULNERABILITA' FINALE
					A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M						
GORSI	1	2	8	29.6	0.29	0.30	0.30	0.64	---	0.25	---	0.11	0.40	0.18	---	---	---	0.29	3.4	1.5	A	MEDIUM	
	2	2	8	6	0.38	0.37	0.32	0.64	---	0.29	---	0.09	0.4	0.15	---	---	---	0.15	6.8	1.1	H2	HIGH	
	3	2	8	26	0.22	0.2	0.18	0.64	---	0.17	---	0.1	0.4	0.3	---	---	---	0.18	5.6	1.5	B2	HIGH	
	4	2	8	13.3	0.3	0.3	0.3	0.64	---	0.3	---	0.12	0.4	0.4	---	---	---	0.3	3.3	1.5	A	MEDIUM	

CAPITOLO 4: ANALISI NUMERICHE NON LINEARI

4.1. INTRODUZIONE

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi degli edifici in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare mediante software 3Muri.

L'analisi strutturale condotta con un software specifico utilizzato viene considerata una sorta di verifica dei risultati ottenuti dai metodi speditivi e meccanici semplificati precedentemente applicati allo scopo di confrontarli ed evidenziare pregi ed eventuali difetti rispetto ad un'analisi condotta con un approccio: "Frame by Macro Element" che consente di cogliere al meglio il comportamento delle strutture in muratura oggetto della tesi.

Numerose procedure di calcolo e verifica, adottate in svariati paesi nella moderna legislazione progettuale antisismica, propongono una descrizione della risposta strutturale in termini di spostamenti piuttosto che di forze, tenuto conto della maggiore sensibilità del danneggiamento agli spostamenti imposti.

In questo contesto giocano un ruolo centrale le procedure statiche non lineari fra le quali si ricorda quella del metodo dello spettro di capacità (Capacity Spectrum Method, originariamente proposto da Freeman et al. 1975) e l'N2 Method (Fajfar 1999, 2000). Queste metodologie sono procedure semplificate in cui il problema della valutazione della massima risposta attesa, conseguente all'accadimento di un determinato evento sismico, è ricondotto allo studio di un sistema non lineare ad un unico grado di libertà equivalente al modello dotato di n gradi di libertà, che rappresenta la struttura reale ("Substitutive Structure Approach" di Shibata e Sozen, 1976).

La caratteristica comune di queste procedure è quella di basarsi sull'uso di analisi statiche non lineari (pushover) per caratterizzare poi il sistema sismico resistente tramite curve di capacità: analisi "statiche" in quanto la forzante esterna è applicata staticamente alla struttura e "non lineari" a causa del modello comportamentale assunto per gli elementi resistenti della struttura.

Tali curve intendono rappresentare l'involuppo dei cicli d'isteresi prodotti durante la realizzazione del sisma e possono essere considerate come un indicatore del comportamento post-elastico della struttura .

Questo tipo di approccio suddivide le pareti in componenti elementari: maschi, fasce ed elementi rigidi. In particolare gli elementi “maschio” sono disposti a fianco delle aperture, gli elementi “fascia” sopra e sotto le aperture. La parte di muratura restante che non confina con aperture e quindi è contenuta, si può considerare infinitamente rigida rispetto agli altri elementi e viene modellata con rigidità infinita. Collegando questi elementi si ottiene uno schema a telaio, detto telaio equivalente.

Così mentre nei metodi di analisi elastici il comportamento non lineare è tenuto in conto introducendo il fattore di struttura, l'analisi statica non lineare permette di cogliere l'evoluzione della risposta strutturale mano a mano che i singoli elementi evolvono in campo non lineare, fornendo informazioni sulla distribuzione della domanda di anelasticità.

La curva ottenuta dalle analisi push over (che sarà poi trasformata in curva di capacità, tenendo conto delle caratteristiche del sistema equivalente ad un grado di libertà) riporta convenzionalmente l'andamento del taglio risultante alla base rispetto allo spostamento orizzontale di un punto di controllo della struttura. Ad ogni punto della curva può essere associato uno specifico stato di danno dell'intero sistema, ed è possibile pertanto associare a determinati livelli di spostamento il grado di funzionalità atteso e il danno corrispondente.

La curva è ottenuta implementando analisi push over, che prevedono l'assegnazione di una prefissata distribuzione di forze incrementate in maniera statica e monotona. La distribuzione viene mantenuta inalterata anche oltre il punto limite di rottura. Le analisi possono essere condotte in controllo di forze o tramite un controllo misto forze-spostamenti.

La distribuzione di carico applicata ha lo scopo di rappresentare la distribuzione delle forze inerziali indotta dall'evento sismico.

Secondo le prescrizioni da normativa [D.M. 14 gennaio 2008 p. 7.3.4.1.], le condizioni di carico che devono essere esaminate sono di due tipi:

- Distribuzione di forze proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrare.
- Distribuzione di forze proporzionale alle masse

In particolare nel caso di strutture regolari la prima distribuzione è adottata con l'intento di cogliere al meglio la risposta della struttura in campo elastico e la seconda quella in campo non lineare.

La "capacità" offerta dalla struttura deve essere poi confrontata, nell'ottica di una verifica sismica, con la "domanda" richiesta dalla forzante esterna, cioè da un determinato evento sismico.

Gli effetti della dissipazione di energia, che offrono un ulteriore margine di resistenza non spiegabile ricorrendo alla sola teoria elastica lineare, sono rilevanti soprattutto nel campo della risposta non lineare della struttura: per tenerne conto si effettua una riduzione della domanda.

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio del 20% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze.

Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF).

Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente. La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per i 24 casi previsti dalla NTC2008 e la domanda di spostamento prevista dalla normativa:

Stato limite Ultimo (SLV):

$$D_{\max} \leq D_u$$

D_{\max} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over di un valore pari al 20% di quello massimo.

$$q^* < 3$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{\max} \leq D_d$$

D_{\max} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_d : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0.003).

Stato limite di Operatività (SLO):

$$D_{\max} \leq D_o$$

D_{\max} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di operatività.

D_o : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0.002).

Quindi è stato scelto come fattore rappresentativo della vulnerabilità sismica dell'edificio il rapporto allo stato limite SLV D_{\max}/D_u .

Si è inoltre riportato il confronto fra i vari casi analizzati anche in termini di curva di capacità dell'edificio, in modo da evidenziare le differenze di comportamento anche in termini di duttilità e rigidità.

4.2. CALIBRAZIONE NUMERICA DI UNA PROVA SPERIMENTALE

Prima di passare all'analisi alle scuole oggetto della tesi testeremo il software su una semplice struttura in muratura non armata ad un piano dedotta da una prova sperimentale : "Pseudo-dynamic testing of unreinforced masonry building with flexible diaphragm and comparison with existing procedures " condotta da: Jocelyn Paquette, Michel Bruneau 2005 presso Università di New York, Buffalo, Stati Uniti.

Questo articolo discute i risultati sperimentali, e indaga su l'adeguatezza delle diverse procedure analitiche per spiegare il comportamento delle strutture in muratura con solaio deformabile e rappresenta l'unica prova sperimentale eseguita in laboratori su un struttura ad un piano con pareti in muratura e solaio in legno estratti da un vecchio edificio residenziale canadese. Questa caratteristica rende molto utili i risultati sperimentali tanto da considerarli come riferimento per calibrare analisi su strutture esistenti più complesse come le scuole oggetto della tesi.

I risultati della prova sperimentale vengono quindi utilizzati per valutare l'efficacia del modello proposto da 3Muri relativamente all'analisi non lineare: Push Over:

"Spingi oltre" consiste nell'applicare alcune distribuzioni di forze crescenti sulla struttura, in modo da studiare la sua risposta in termini elastoplastici. Tale risposta pertanto, deve essere ottenuta, mediante una analisi non lineare tenendo conto sia gli effetti di non linearità del materiale sia effetti di secondo ordine.

4.2.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'edificio oggetto della prova sperimentale è di forma rettangolare (Figura 164) ed è costituito da quattro pareti in muratura di mattoni di 19 cm di spessore e di circa 2.7 m di altezza.

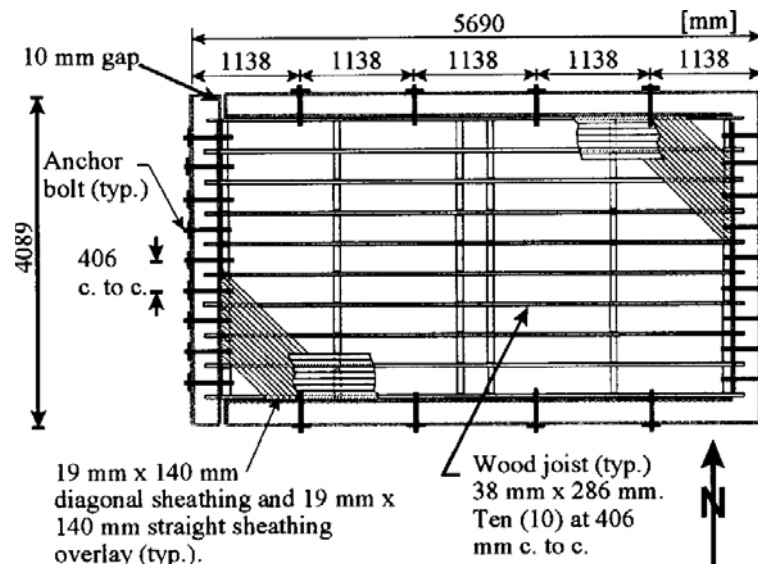


Figura 164: Pianta prova sperimentale

Il solaio ha una membrana flessibile ed è costruito con travetti in legno di abete e ricoperti di tavole in diagonale con una sovrapposizione a bordo dritto.

Il diaframma così costituito è stato ancorato alle pareti perimetrali alla quota di 2.3 m mediante un sistema di bulloni e piastre in acciaio ed è caricato da un sovraccarico permanente supplementare di contenitori di plastica riempiti con acqua, simulando un carico di $2,4 \text{ kN/m}^2$.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono elencate in Figura 165.

Materiale		Materiale	
Nome	Muratura	Nome	Abete
E [N/mm ²]	18870	E [N/mm ²]	11000
G [N/mm ²]	7548	G [N/mm ²]	700
w [kN/m ³]	18	w [kN/m ³]	6
f _m [N/cm ²]	2220	f _{wm} [N/mm ²]	16.5
τ [N/cm ²]	18		
Stato	Esistente		
Colore materiale		Colore materiale	

Figura 165: Caratteristiche meccaniche prova sperimentale

Il modello ha due pareti portanti, ciascuna con due aperture (una finestra e una porta). In Figura 166 sono rappresentati i prospetti delle 2 pareti portanti : parete sinistra (a) e parete destra (b). Queste sono state progettate in modo di avere un comportamento monolitico durante la risposta sismica.

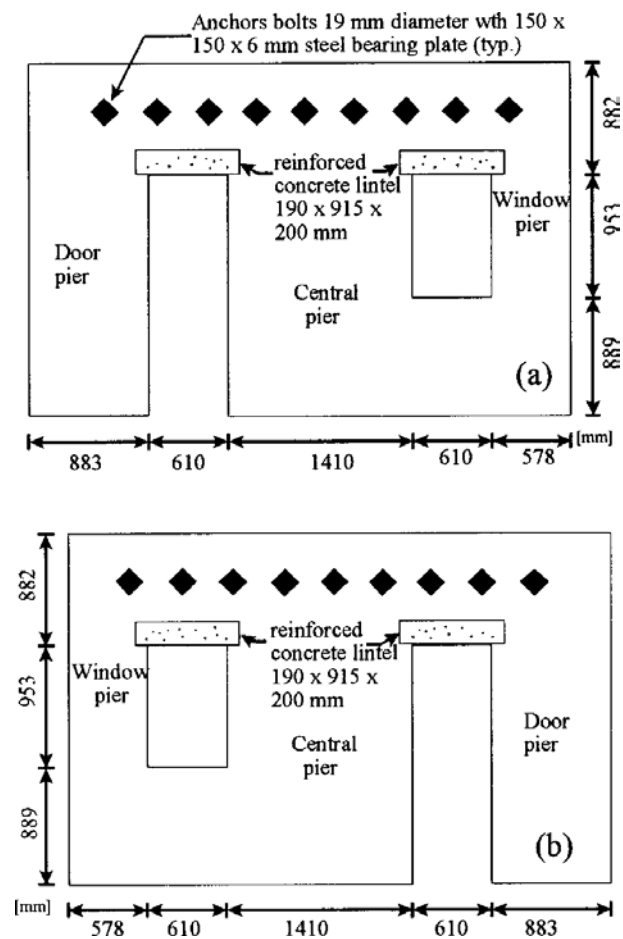


Figura 166: Prospetto pareti portanti sinistra (a) e destra (b)

Inoltre si riporta in Figura 167 il prospetto delle due pareti senza aperture rispettivamente parete nord (a) e parete sud (b).

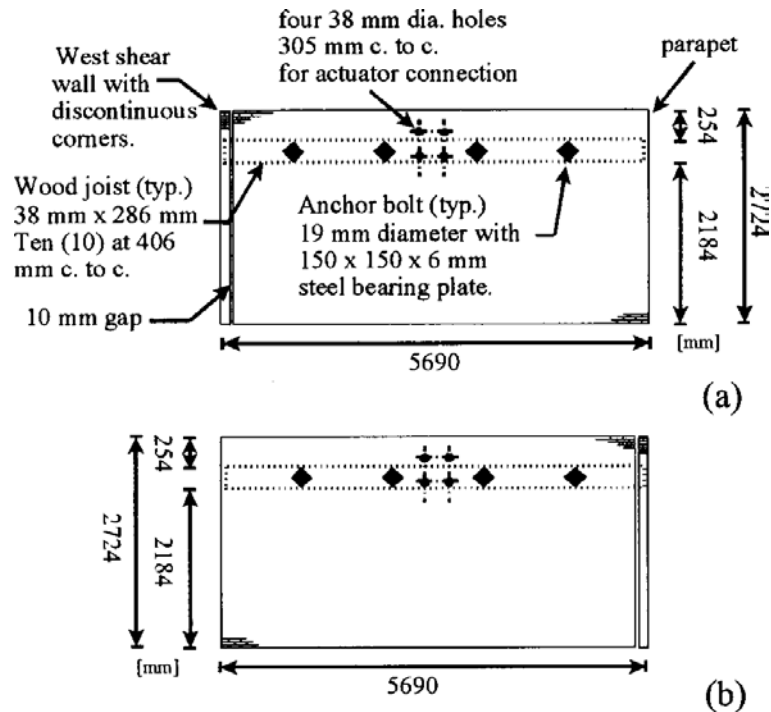


Figura 167: Prospetto pareti nord (a) e sud (b)

La struttura è fissata al suolo mediante quattro bulloni ad alta resistenza in ogni angolo di una fondazione in calcestruzzo rinforzato. Per eseguire la prova viene utilizzato un attuatore idraulico MTS (Figura 168). Il capo dell'attuatore è collegato alla parete posta a sud tramite un dispositivo fatto di lastre di acciaio saldate insieme e collegate con quattro barre di acciaio lungo l'intera larghezza della struttura al di sopra e al di sotto del solaio in legno come mostrato in Figura 167. Inoltre l'attuatore è sostenuto da un telaio rigido in acciaio, utilizzato come contrasto.

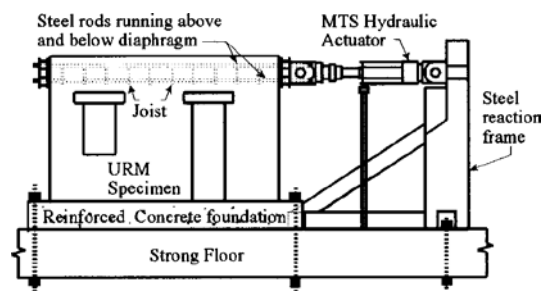


Figura 168 : Schema attuatore idraulico MTS

Infine agli angoli del palazzo in una sue estremità le pareti portanti e la parete ortogonale non sono collegati (10mm di discontinuità in verticale per l'intera altezza). All'altro estremo, invece i muri portanti sono ammorsati con quello ortogonale. Questo permette un confronto tra i modelli di piano adottati in diversi approcci, nonché consente di cogliere il comportamento effettivo degli angoli dell'edificio allo scopo di valutare l'effetto sulle prestazioni sismiche della struttura.

4.2.2 RISULTATI PROVA SPERIMENTALE

I risultati della prova sperimentale considerati nel confronto si limiteranno ai due muri portanti e precisamente alla curva forza spostamento (Figura 169) durante il test ciclico di intensità "La Malbaie 2.0" in direzione ortogonale al muro sud della struttura .

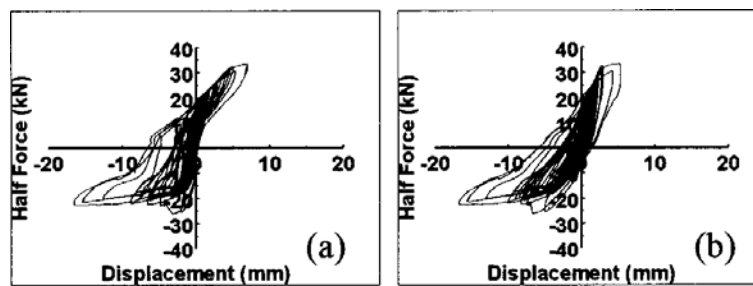


Figura 169 : Risultati test ciclico durante La Malbaie 2.0 per i muri portanti rispettivamente sinistro (a) e destro (b).

Inoltre si riportano i risultati dedotti della prova sperimentale (Figura 169) per i due muri portanti destro e sinistro limitatamente all'involuppo delle curve del ramo discendente (Figura 170).

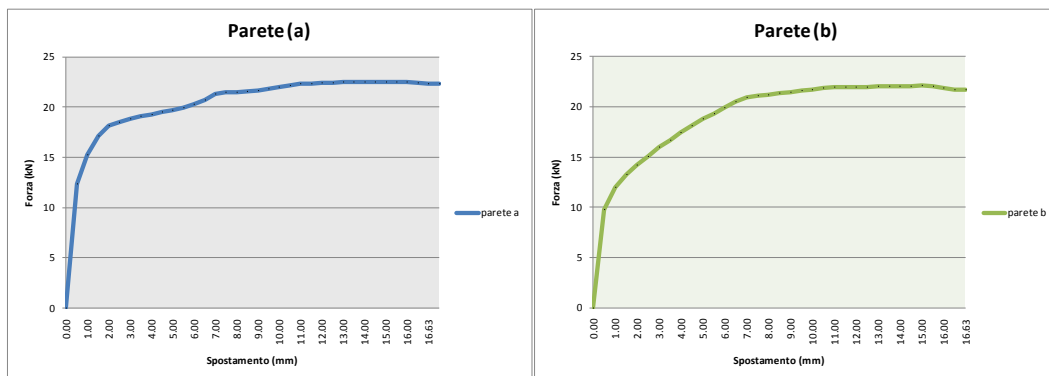


Figura 170 : Curva Forza Spostamento dei muri portanti rispettivamente sinistra (a) e destra (b)

Infine si riporta la curva Push Over per entrambe le pareti limitatamente alla somma dei valori delle forze per i valori comuni dello spostamento (Figura 171)

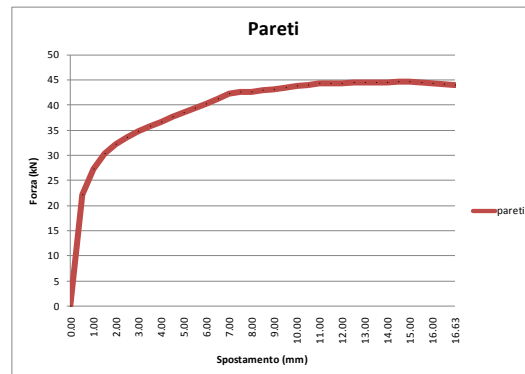


Figura 171: Curva Forza Spostamento di entrambe le pareti.

4.2.3 RISULTATI CON 3MURI PROVA SPERIMENTALE

Si riporta in Figura 172 il modello della prova sperimentale costruito con il software 3Muri.

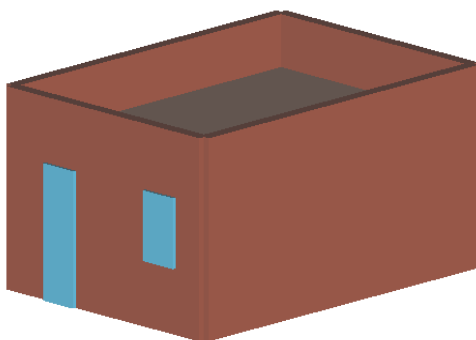


Figura 172: Modello 3Muri prova sperimentale.

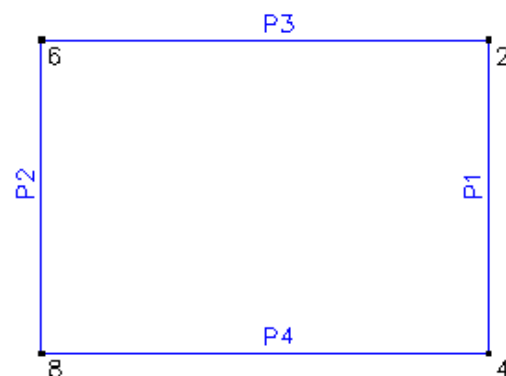


Figura 173: Schema con numerazione pareti e nodi della prova sperimentale

In Figura 173 si riporta lo schema del software 3Muri con la numerazione pareti da P1 a P4 e dei nodi superiori.

L'analisi eseguita dal software si limiterà alla determinazione della curva Push Over in direzione Y per le pareti P1 e P2 che nella prova sperimentale risultano rispettivamente parete portante destra (b) e sinistra (a).

Le caratteristiche dei materiali nonché i carichi considerati sono stati modificati dai valori preimpostati del software con gli stessi valori considerati nella prova sperimentale.

Si riporta in Figura 174 il telaio equivalente del modello costruito dal software 3Muri ed in Figura 175 la deformatata del telaio equivalente in 3D del modello danneggiato a fine prova. E' inoltre visualizzato l'andamento delle deformatata, sia di pianta che della parete, il differente colore mette in luce lo stato di avanzamento del danno nei vari macroelementi (Figura 176).

Osservando le tonalità di colore presenti nella mappa della parete deformatata, si può facilmente capire quali macroelementi si sono danneggiati e la causa del danneggiamento (taglio, presso flessione). Per tutti gli elementi non danneggiati è anche possibile capire la tendenza al danneggiamento, andando a distinguere se entrano in campo plastico per taglio o per presso flessione.

Quindi si nota in Figura 175 che i macroelementi identificati con i nodi E1, E3, E8, E9 si rompono per pressoflessione.

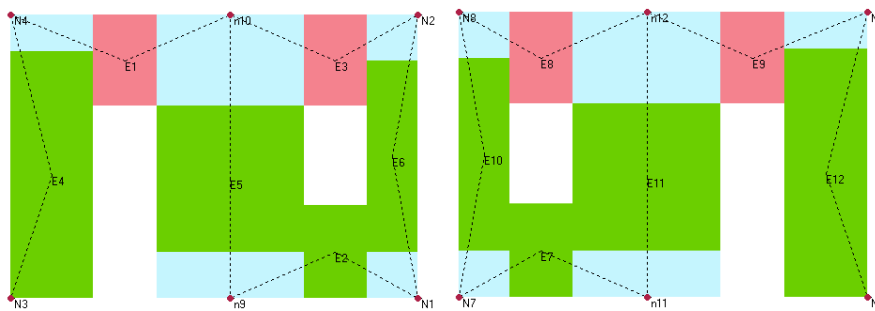


Figura 174:Telaio equivalente pareti portanti prova sperimentale.

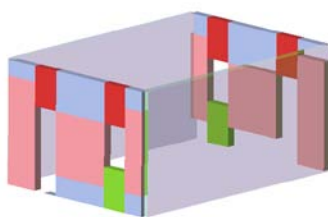


Figura 175: Deformatata in 3D con pareti portanti sinistra P2 e destra P1 della prova sperimentale.

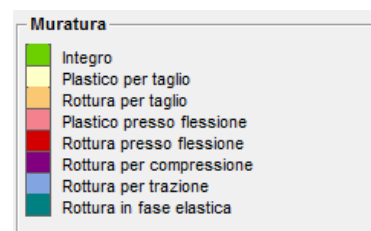


Figura 176: Legenda dei tipi di rotture considerati nel software 3Muri

Quindi si riporta la curva Push Over calcolata dal software 3Muri della struttura in direzione Y limitatamente alla somma dei valori delle forze per i valori comuni dello spostamento (Figura 177)

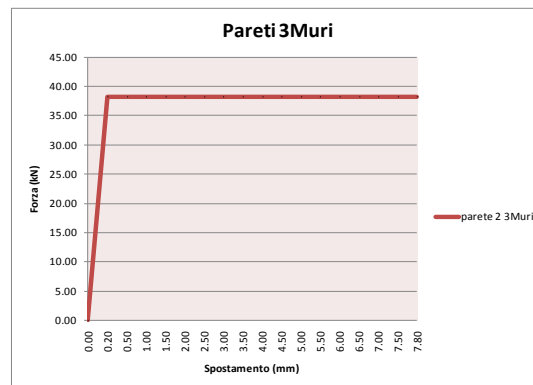


Figura 177 Curva Push Over per entrambe le pareti portanti con 3Muri

4.2.4 CONFRONTO RISULTATI 3MURI CON VALORI PROVA SPERIMENTALE

Il confronto delle curve forza spostamento tra i risultati della prova sperimentale e dell'analisi con il software 3Muri evidenzia che la rottura avviene in tutte per valori dello spostamento di 16.63 mm della prova sperimentale contro 7.8 mm del software nell'ordine del 53% maggiore mentre la forza associata risulta nel caso della prova sperimentale pari a 44 kN contro i 38.25 kN del software cioè del 13% maggiore (Figura 178).

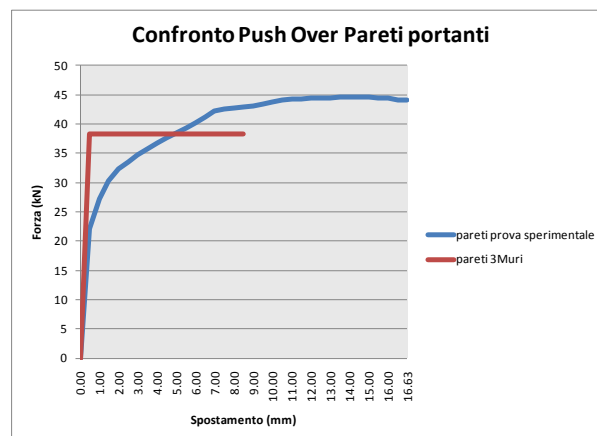


Figura 178: Confronto tra curva Push Over prova sperimentale e 3Muri.

Risulta quindi evidente il carattere cautelativo dell'analisi svolta dal software 3Muri dato che sia forza che spostamento risultano inferiori a quelli dedotti dalla prova sperimentale utilizzata come valori di riferimento.

4.3. ANALISI DEI CASI DI STUDIO MEDIANTE SOFTWARE 3MURI

Oggetto dell' analisi saranno cinque scuole elementari del comune di Torre del Greco realizzate principalmente in muratura di blocchetti di tufo o pietra ben squadrata (Modello 3D costruito con software 3Muri da Figura 179 a Figura 183).

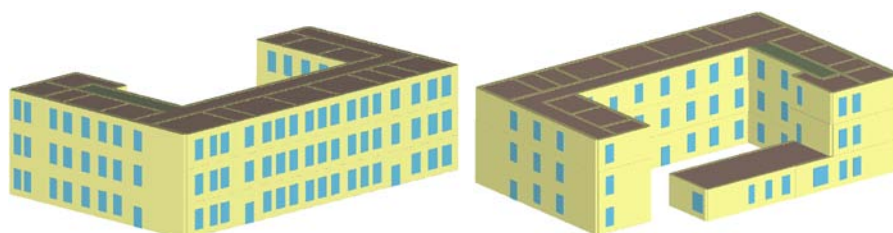


Figura 179: Modello 3Muri Scuola G.Mazza

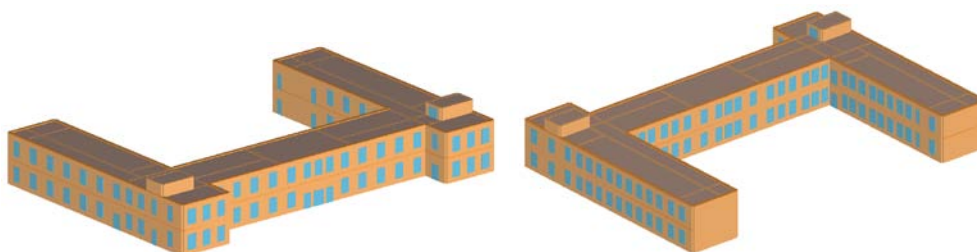


Figura 180: Modello 3Muri Scuola N.Sauro

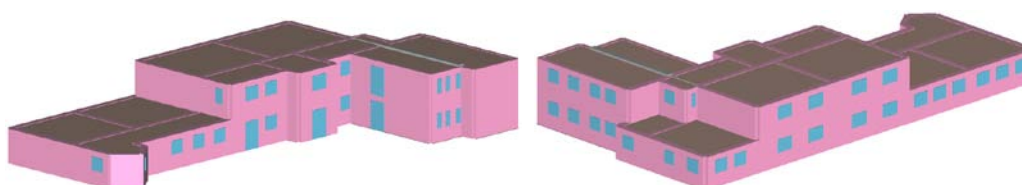


Figura 181: Modello 3Muri Scuola Leopardi-Campanariello

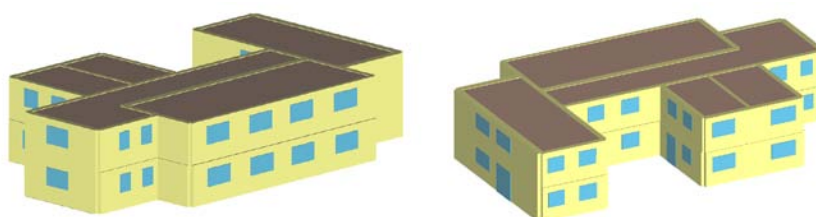


Figura 182: Modello 3Muri Scuola Chiazzolelle

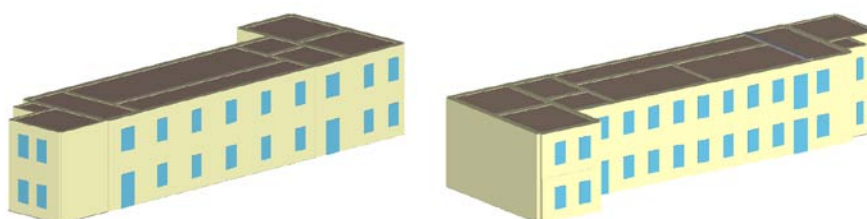


Figura 183: Modello 3Muri Scuola G.Orsi

Si riporta l'elenco delle scuole in oggetto:

- G. Mazza
- N.Sauro
- Leopardi-Campanariello
- Chiazzolelle
- G.Orsi

Materiale	
Nome	Muratura in Tufo
E [N/mm ²]	1080
G [N/mm ²]	360
w [kN/m ³]	16
f _m [N/cm ²]	140
T [N/cm ²]	2.8
Stato	Esistente

Figura 184:Caratteristiche meccaniche muratura

La descrizione delle caratteristiche geometriche e meccaniche è stata ampiamente trattata nel capitolo precedente a cui si rimanda per la consultazione.

Si riportano in Figura 184 la schermata di selezione del materiale con le caratteristiche meccaniche opportunamente modificate secondo i valori calcolati nel capitolo precedente.

Si riportano in Figura 185 la schermata della selezione degli orizzontamenti (Putrelle e tavelloni) dove è inserito il modulo E del calcestruzzo pari a 29000N/mm² e non si spunta nessuna delle due voci: “Soletta in c.a. ammortata nella muratura perimetrale” e “Putrelle ben collegate alla muratura” per tener conto della deformabilità degli orizzontamenti.

Legno con travetti affiancati e ta
 Legno con travetti affiancati e ta
 Legno con travetti affiancati e sc
 Putrelle e tavelloni
 Putrelle e voltini
 Latero cemento

Soletta in c.a. ammortata nella muratura perimetrale
 Putrelle ben collegate alla muratura

Parametri
 E calcestruzzo 29000 [N/mm²]

Valori calcolati
 Spessore 4 [cm]
 G 12083 [N/mm²]
 E_x 0 [N/mm²]
 E_y 0 [N/mm²]
 ν 0

Figura 185:Schermate “3Muri” di selezione orizzontamenti

Inoltre in Figura 186 si riportano le schermate di selezione dei solaio di interpiano.

Geometria	
Quota	[cm]
Gk	5 [kN/m ²]
Qk	3 [kN/m ²]
Verifiche statiche	
<input type="checkbox"/> Copertura	Lungh. appoggio [cm]
	0
Normativa	
NT 08	
Ψ 2	0.60
Tipo	
Putrelle e tavelloni	
Proprietà materiali	
Spessore	4.0 [cm]
G	12,083.00 [N/mm ²]
Ex	0.00 [N/mm ²]
Ey	0.00 [N/mm ²]
v	0.00
Scarico masse	
<input checked="" type="radio"/> Monodirezionale	<input type="radio"/> Bidirezionale
Scarico direzione principale	100 %

Figura 186: Schermata 3Muri solaio

Questi dati saranno comuni nella modellazione delle cinque scuole analizzate mentre gli elementi strutturali non comuni tipo: volte, cordoli ecc., saranno descritti rispettivamente nei paragrafi relativi ai casi di analisi interessati.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali in tutto 24 casi di analisi per ognuna delle strutture oggetto di tesi.

Nell'esecuzione delle analisi si è scelto di spuntare la casella "Usa spostamenti medi del livello selezionato" data la deformabilità degli orizzontamenti e di scegliere un punto di controllo dell'ultimo livello corrispondente ad un nodo abbastanza baricentrico per la struttura esaminata.

4.3.1 I CASO DI STUDIO SCUOLA G.MAZZA

La scuola elementare Giovanni Mazza si sviluppa su tre piani di superficie coperta di circa 1200mq con altezza di interpiano di 5,1m, ed è dotata di copertura piana praticabile.

Si rimanda al paragrafo 3.3.1 pagina 94 per la descrizione generale della struttura e alla Figura 35 a pagina 97 per la pianta.

In questa struttura è presente un corridoio con volte a crociera, caratteristica ampiamente contemplata nel software 3Muri come mostrato nella schermata in Figura 194 dove vanno inserite le caratteristiche geometriche e strutturali.

Da un'analisi della struttura si ipotizzano volte a crociera in Tufo di dimensioni:

Spessore totale chiave 50 cm

Freccia 120 cm

Spessore medio strutturale 30 cm

Densità di riempimento 16 kN/m³ pari a quella del Tufo.

Quindi il software calcola in automatico il valore di G_k pari a 9,8 kN/m²

The screenshot shows the 3Muri software interface for selecting arch types and defining their geometric and structural parameters. The interface is divided into several sections:

- Arch Types:** A list of arch types including "Volta a botte", "Volta a botte con teste di padiglione", "Volta a crociera", "Volta a padiglione", and "Volta a vela".
- Geometria:** A section with input fields for:
 - Spessore totale in chiave: 50 [cm]
 - Freccia: 120 [cm]
 - Spessore medio strutturale: 30 [cm]
 - Densità riempimento: 16 [kN/m³]
- Materiale volta:** A dropdown menu set to "Muratura in Tufo".
- Cappa armata:** A section with a checkbox for "Cappa armata" (unchecked), a dropdown for "Spessore cappa armata" (0 [cm]), and a dropdown for "Rinfiaccio" (Nessuno).
- Verifiche statiche:** A section with a checkbox for "Copertura" (unchecked) and a dropdown for "Lungh. appoggio" (0 [cm]).
- Normativa:** A section with a dropdown for "NT 08" and a dropdown for "Ψ 2" (0.6).
- Tipo:** A dropdown menu set to "Volta a crociera".
- Spessore:** A dropdown menu set to 30 [cm].
- G:** A dropdown menu set to 166.00 [N/mm²].
- Ex:** A dropdown menu set to 499.00 [N/mm²].
- Ey:** A dropdown menu set to 499.00 [N/mm²].
- v:** A dropdown menu set to 0.20.
- Scarico masse:** A section with radio buttons for "Monodirezionale" (unchecked) and "Bidirezionale" (checked), and a dropdown for "Scarico direzione principale" (50 %).

Figura 187: Schermata 3Muri selezione volte

Nella Tabella 253 sono riportati i valori di spostamento calcolati con 3Muri per i 24 casi di analisi previsti dalla NTC2008 associati agli stati limite considerati.

Si considera come analisi più gravosa quella con il rapporto D_{max}/D_u allo SLV maggiore fra i 22 casi di analisi non verificati (evidenziati in grigio) dei 24 eseguiti dal software.

Tabella 253: Riepilogo risultati dei 24 casi di analisi scuola G.Mazza

Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D _{max} SLV cm	D _u SLV cm	q*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D _{max} /D _u SLV	D _{max} SLD cm	D _d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D _{max} SLO cm	D _o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
1	+X	Masse	0.0	4.00	4.31	3.16	No	0.93	1.40	2.99	Si	1.03	2.99	Si
2	+X	1° modo	0.0	5.10	5.10	2.84	Si	1.00	1.79	3.41	Si	1.32	2.64	Si
3	-X	Masse	0.0	4.69	3.72	2.75	No	1.26	1.64	3.44	Si	1.21	3.26	Si
4	-X	1° modo	0.0	5.56	3.95	2.75	No	1.41	1.95	3.36	Si	1.44	3.01	Si
5	+Y	Masse	0.0	3.56	3.40	3.36	No	1.05	1.24	3.14	Si	0.95	3.14	Si
6	+Y	1° modo	0.0	4.21	4.41	3.86	No	0.95	1.48	3.33	Si	1.09	3.33	Si
7	-Y	Masse	0.0	3.58	3.37	2.90	No	1.06	1.25	2.99	Si	0.96	2.99	Si
8	-Y	1° modo	0.0	4.31	5.40	3.06	No	0.80	1.51	4.45	Si	1.11	4.45	Si
9	+X	Masse	175.6	3.87	4.87	3.24	No	0.79	1.37	3.44	Si	1.01	3.44	Si
10	+X	Masse	-175.6	4.04	4.24	3.29	No	0.95	1.42	3.60	Si	1.05	2.83	Si
11	+X	1° modo	175.6	4.92	3.35	2.94	No	1.47	1.73	3.11	Si	1.27	3.11	Si
12	+X	1° modo	-175.6	4.70	4.80	3.34	No	0.98	1.65	3.73	Si	1.21	2.37	Si
13	-X	Masse	175.6	4.46	2.61	3.05	No	1.71	1.56	2.61	Si	1.15	2.61	Si
14	-X	Masse	-175.6	4.91	6.25	2.69	Si	0.79	1.72	3.31	Si	1.27	2.77	Si
15	-X	1° modo	175.6	5.27	3.06	3.01	No	1.72	1.85	2.83	Si	1.36	2.83	Si
16	-X	1° modo	-175.6	5.67	5.15	2.85	No	1.10	1.99	3.77	Si	1.47	2.75	Si
17	+Y	Masse	270.3	3.58	4.21	3.20	No	0.85	1.25	3.78	Si	0.96	3.78	Si
18	+Y	Masse	-270.3	3.48	2.98	3.68	No	1.17	1.20	2.52	Si	0.91	2.52	Si
19	+Y	1° modo	270.3	4.38	5.79	3.45	No	0.76	1.54	3.86	Si	1.13	3.86	Si
20	+Y	1° modo	-270.3	4.17	4.09	4.28	No	1.02	1.46	3.33	Si	1.08	3.33	Si
21	-Y	Masse	270.3	3.64	3.15	2.89	No	1.16	1.28	3.05	Si	0.97	3.05	Si
22	-Y	Masse	-270.3	3.50	2.81	3.10	No	1.25	1.21	2.41	Si	0.92	2.41	Si
23	-Y	1° modo	270.3	4.31	4.94	3.03	No	0.87	1.51	4.36	Si	1.12	4.36	Si
24	-Y	1° modo	-270.3	4.22	4.32	3.36	No	0.98	1.48	2.94	Si	1.09	2.94	Si

Nella Figura 188 si riportano: lo schema della pianta del terzo livello della scuola G.Mazza con la numerazione delle pareti indicata con la lettera P e dei nodi superiori della struttura indicati con la lettera N ed infine in rosso la rispettiva deformata in pianta per l'analisi più gravosa.

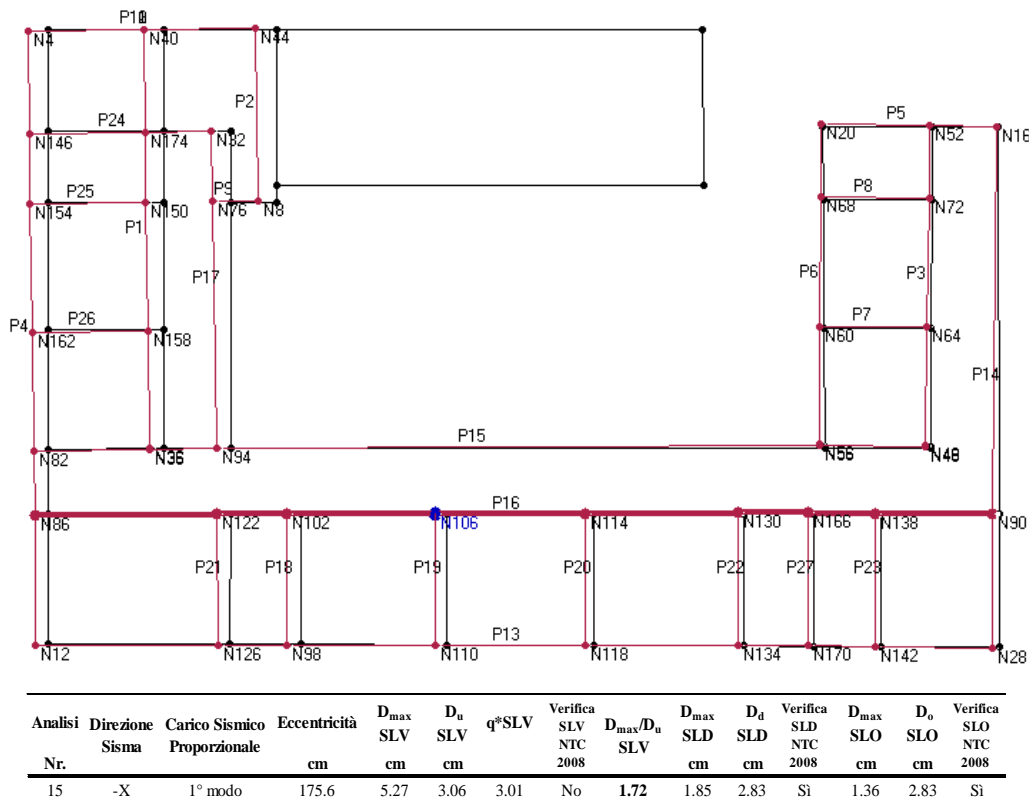


Figura 188:Modello “3Muri” pianta del terzo livello e deformata in pianta per l’analisi più gravosa.

Inoltre, in particolare risalto, in blu si nota nella pianta del terzo livello il nodo superiore N106 sulla parete P16 (Figura 189 integro e Figura 190 deformato) anch’essa in risalto che è stato scelto come nodo di controllo per gli spostamenti che risultano mediati per il livello selezionato nell’analisi.

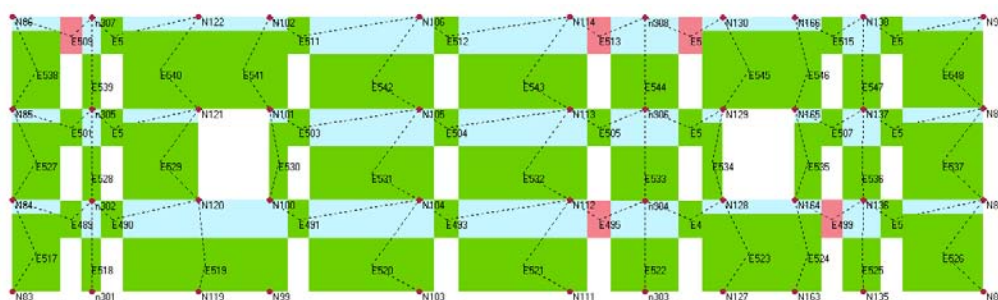


Figura 189:Telaio equivalente “3Muri” della parete P16 scuola G.Mazza

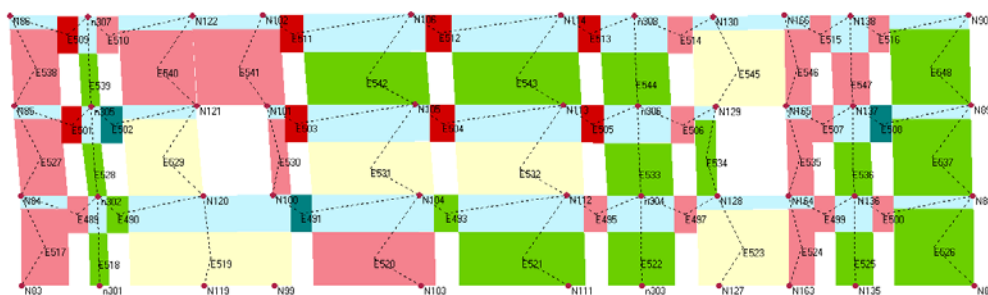


Figura 190:Deformata telaio equivalente “3Muri” della parete P16 scuola G.Mazza

In Figura 191 si riporta a sinistra la Mesh 3D del modello integro ed a destra del modello danneggiato per l’analisi più gravosa dove in base ai colori assunti dai macroelementi si identifica lo stato di danneggiamento.

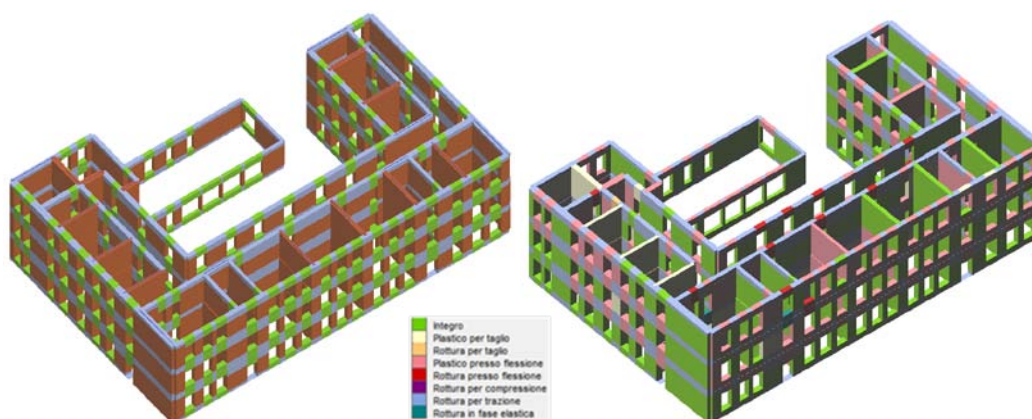


Figura 191:Mesh 3D modello integro a sinistra e modello danneggiato a destra scuola G.Mazza

Inoltre si riportano in Figura 192 la curva push over in nero e la bilatera equivalente in blu calcolata dal software 3Muri per il caso di analisi più gravoso in cui si notano due tratti verticali di colore rosso: uno tratteggiato in corrispondenza dello spostamento ultimo D_u e l’altra continuo in corrispondenza dello spostamento massimo D_{max} .

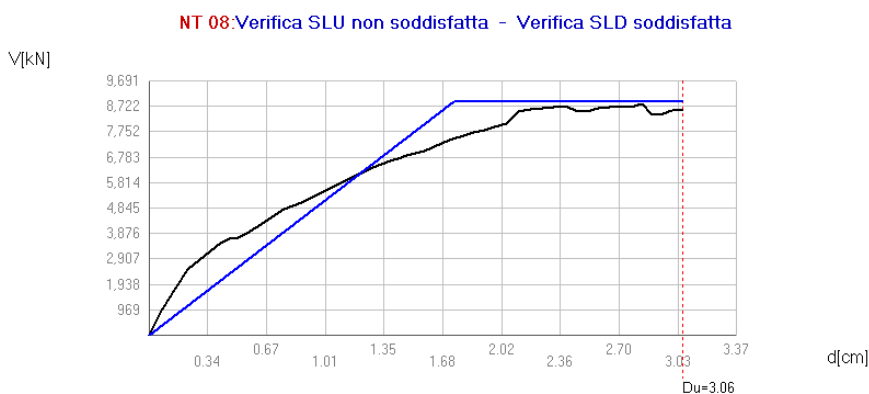


Figura 192:Curva Push over analisi più gravosa scuola G.Mazza

In Figura 193 si riporta la finestra “Dettaglio Verifiche” del software 3Muri che rappresenta una finestra riassuntiva che visualizza i dettagli delle analisi e delle verifiche richieste nonché una sezione dedicata alla Vulnerabilità Sismica.

Verifiche

NT 08 - Verifica SLV
 Dmax 5.27 [cm] > Du 3.06 [cm]
 q* 3.01 > 3
 La verifica NON risulta correttamente soddisfatta

NT 08 - Verifica SLD
 Dmax 1.85 [cm] ≤ Dd 2.83 [cm]
 La verifica risulta correttamente soddisfatta
 Valore limite per raggiungimento Valore di Picco

NT 08 - Verifica SLO
 Dmax 1.36 [cm] ≤ Do 2.83 [cm]
 La verifica risulta correttamente soddisfatta

Vulnerabilità Sismica

	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α _{PGA}	TR _C	TR _D	α _{TR}
SLV	1.05	1.81	0.582	202	712	0.284
SLD	1.07	0.70	1.532	169	75	2.253
SLO	1.12	0.54	2.078	169	45	3.756

Parametri di Analisi

T* 0.629 [s] Duttilità disponibile 1.75
 m* 5,099,861.75 [kg]
 w 9,435,977.15 [kg]

Analisi

Normativa NT 08
 Carico sismico 1° modo di vibrare
 Direzione sisma - Ux
 Nodo controllo 106
 Media nodi di livello 3
 Eccentricità 175.625
 Versione 1.7.36 - Cod. 2

Modello

Nome MAZZA
 Pareti 27
 Livelli 3
 Nodi 3D 174
 Nodi 2D 171
 Materiali 2
 Elementi 606
 Travi 0
 Pilastri 0
 Vincoli 90
 Setti travi 0
 Setti pareti 0

OK ?

Figura 193: Dettaglio verifiche 3Muri con NTC2008 per la scuola G.Mazza

Infine in Tabella 254 sono calcolati i valori del periodo e della massa partecipante nelle tre direzioni per i primi tre modi di vibrare della scuola G.Mazza.

Tabella 254: Modi di vibrare 3Muri scuola G.Mazza

Modo	T	m _x	M _x	m _y	M _y	m _z	M _z
	s	kg	%	kg	%	kg	%
1	0.42	3583302	43	146191	2	5978	0
2	0.39	943476	11	3114953	37	1793	0
3	0.37	642204	8	2324573	28	353	0

4.3.2 II CASO DI STUDIO SCUOLA NAZARIO SAURO

La scuola elementare Nazario Sauro si sviluppa su 2 piani di superficie coperta di circa 1724mq con altezza di interpiano di 5m, ed è dotata di copertura piana praticabile.

Si rimanda al paragrafo 3.4.1 pagina 138 per la descrizione generale della struttura e alla Figura 75 a pagina 141 per la pianta.

Questa struttura è dotata di cordoli perimetrali in conglomerato cementizio armato, caratteristica ampiamente contemplata nel software 3Muri come mostrato nella schermata in Figura 194 dove vanno inseriti i dati relativi alle dimensioni geometriche della sezione del cordolo, l'area di armatura ed il numero di ferri disposti all'intradosso e all'estradosso nonché il diametro ed il passo della staffatura.

Da un'analisi della struttura si ipotizzano cordoli di dimensione $b = 70\text{cm}$ e $h = 30\text{cm}$ armati con 3 $\Phi 14$ per un A_f pari a 4.62 cm^2 all'estradosso e all'intradosso con staffe $\Phi 8$ con passo di 30cm.

Calcestruzzo C20/25

Acciaio FeB44K

Figura 194: Schermata "3Muri" selezione tipologia pannello murario

Quindi in questo caso si considera anche l'opzione relativa agli orizzontamenti: "Soletta in c.a. ammortata nella muratura perimetrale" il cui spessore viene ipotizzato pari a 5cm.

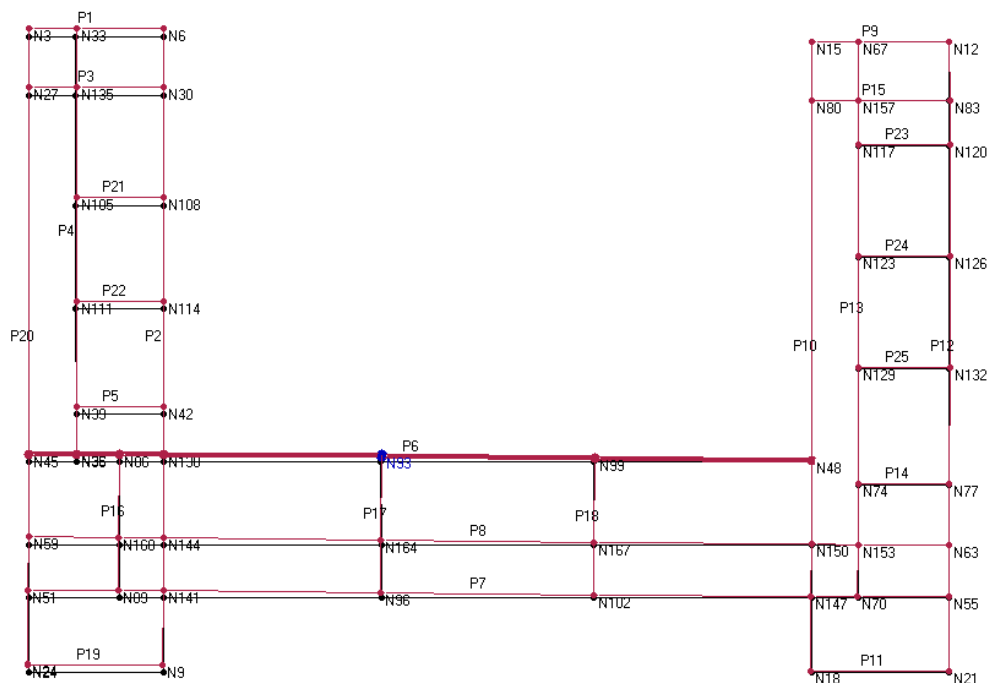
Nella Tabella 255 sono riportati i valori di spostamento calcolati con 3Muri per i 24 casi di analisi previsti dalla NTC2008 associati agli stati limite considerati.

Si considera come analisi più gravosa quella con il rapporto D_{max}/D_u allo SLV maggiore fra i 3 casi di analisi non verificati (evidenziati in grigio) dei 24 eseguiti dal software.

Tabella 255: Riepilogo risultati dei 24 casi di analisi scuola N.Sauro

Analisi Nr.	Direzione e Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D _{max} SLV cm	D _u SLV cm	q*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D _{max} /D _u SLV	D _{max} SLD cm	D _d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D _{max} SLO cm	D _o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
1	+X	Masse	0.0	1.46	1.79	2.54	Si	0.82	0.33	1.12	Si	0.25	1.12	Si
2	+X	1° modo	0.0	1.62	2.52	2.59	Si	0.64	0.38	0.79	Si	0.30	0.79	Si
3	-X	Masse	0.0	1.46	1.84	2.60	Si	0.79	0.32	1.39	Si	0.25	1.39	Si
4	-X	1° modo	0.0	1.63	2.80	2.74	Si	0.58	0.39	1.47	Si	0.29	1.47	Si
5	+Y	Masse	0.0	1.50	1.73	2.63	Si	0.87	0.35	1.08	Si	0.27	1.08	Si
6	+Y	1° modo	0.0	1.74	2.23	2.85	Si	0.78	0.45	0.98	Si	0.33	0.98	Si
7	-Y	Masse	0.0	1.66	2.26	2.58	Si	0.73	0.42	1.42	Si	0.32	1.42	Si
8	-Y	1° modo	0.0	1.86	2.72	2.90	Si	0.68	0.50	1.37	Si	0.37	1.37	Si
9	+X	Masse	254.3	1.51	2.22	2.72	Si	0.68	0.34	1.31	Si	0.26	1.31	Si
10	+X	Masse	-254.3	1.45	1.58	2.51	Si	0.92	0.33	0.95	Si	0.25	0.95	Si
11	+X	1° modo	254.3	1.67	2.85	2.78	Si	0.59	0.41	1.30	Si	0.30	1.30	Si
12	+X	1° modo	-254.3	1.62	2.37	2.58	Si	0.68	0.38	0.71	Si	0.30	0.71	Si
13	-X	Masse	254.3	1.53	2.24	2.78	Si	0.68	0.35	1.16	Si	0.26	1.16	Si
14	-X	Masse	-254.3	1.44	1.55	2.54	Si	0.93	0.32	1.21	Si	0.25	1.21	Si
15	-X	1° modo	254.3	1.67	2.90	2.85	Si	0.58	0.41	1.48	Si	0.30	1.48	Si
16	-X	1° modo	-254.3	1.62	2.45	2.63	Si	0.66	0.38	1.09	Si	0.29	1.09	Si
17	+Y	Masse	368.0	1.47	1.60	2.66	Si	0.92	0.34	1.10	Si	0.26	1.10	Si
18	+Y	Masse	-368.0	1.49	1.29	2.78	No	1.16	0.35	1.24	Si	0.26	1.24	Si
19	+Y	1° modo	368.0	1.69	2.02	2.88	Si	0.84	0.43	1.02	Si	0.32	1.02	Si
20	+Y	1° modo	-368.0	1.75	1.67	2.95	No	1.05	0.46	1.02	Si	0.33	1.02	Si
21	-Y	Masse	368.0	1.61	1.67	2.59	Si	0.96	0.39	1.03	Si	0.30	1.03	Si
22	-Y	Masse	-368.0	1.69	1.60	2.66	No	1.06	0.42	1.18	Si	0.32	1.18	Si
23	-Y	1° modo	368.0	1.84	2.08	2.87	Si	0.88	0.49	1.25	Si	0.37	1.25	Si
24	-Y	1° modo	-368.0	1.89	2.04	2.95	Si	0.93	0.52	1.12	Si	0.38	1.12	Si

Nella Figura 195 si riportano: lo schema della pianta del secondo livello della scuola N.Sauro con la numerazione delle pareti indicata con la lettera P e dei nodi superiori della struttura indicati con la lettera N ed infine in rosso la rispettiva deformata in pianta per l'analisi più gravosa.



Analisi Nr.	Direzione e Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D _{max} SLV cm	D _u SLV cm	q*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D _{max} /D _u SLV	D _{max} SLD cm	D _d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D _{max} SLO cm	D _o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
18	+Y	Masse	-368.0	1.49	1.29	2.78	No	1.16	0.35	1.24	Si	0.26	1.24	Si

Figura 195:Modello “3Muri” pianta del secondo livello e deformata in pianta per l'analisi più gravosa.

Inoltre, in particolare risalto, in blu si nota nella pianta del secondo livello il nodo N93, sulla parete P6 (Figura 196 integro e Figura 197 deformato) anch'essa in risalto, che è stato scelto come nodo di controllo per gli spostamenti che risultano mediati per il livello selezionato nell'analisi.

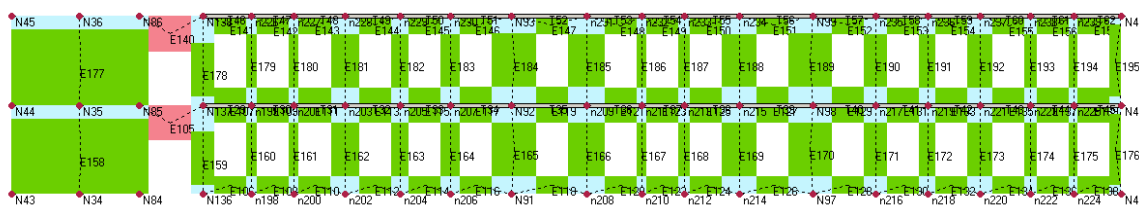


Figura 196: Telaio equivalente "3Muri" della parete P6 scuola N.Sauro

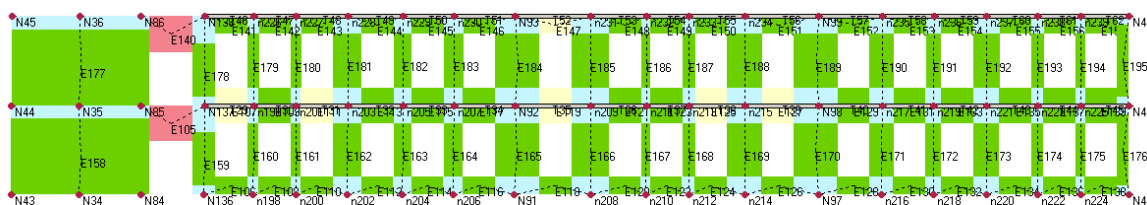


Figura 197: Deformata telaio equivalente "3Muri" della parete P6 scuola N.Sauro

In Figura 198 si riporta a sinistra la Mesh 3D del modello integro ed a destra del modello danneggiato per l'analisi più gravosa dove in base ai colori assunti dai macroelementi si identifica lo stato di danneggiamento.

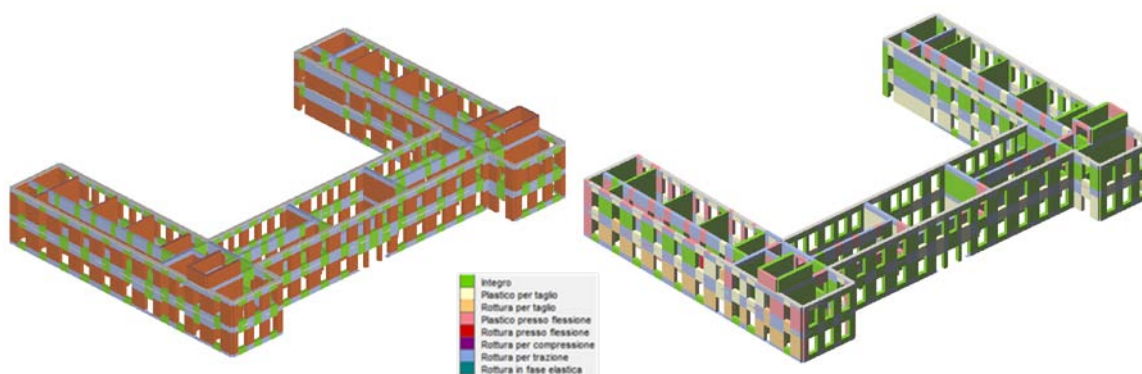


Figura 198: Mesh 3D modello integro a sinistra e modello danneggiato a destra scuola N.Sauro

Inoltre si riportano in Figura 199 la curva push over in nero e la bilatera equivalente in blu calcolata dal software 3Muri per il caso di analisi più gravoso in cui si notano due tratti verticali di colore rosso: uno tratteggiato in corrispondenza dello spostamento ultimo D_u e l'altra continuo in corrispondenza dello spostamento massimo D_{max} .

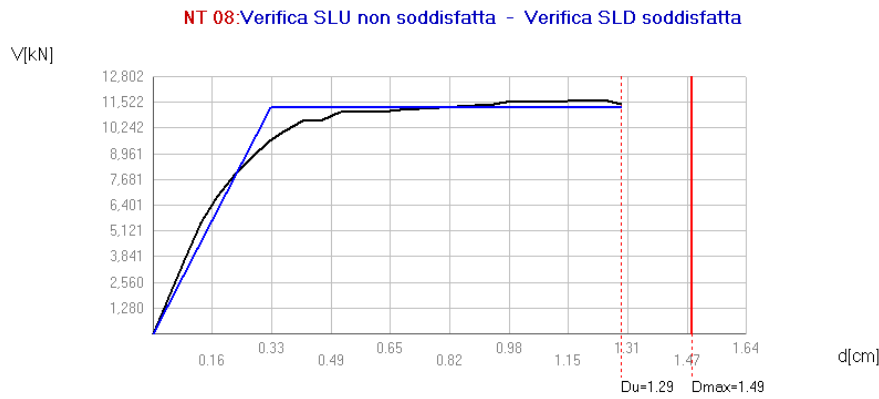


Figura 199: Curva Push over analisi più gravosa scuola N.Sauro

In Figura 200 si riporta la finestra “Dettaglio Verifiche” del software 3Muri che rappresenta una finestra riassuntiva che visualizza i dettagli delle analisi e delle verifiche richieste nonché una sezione dedicata alla Vulnerabilità Sismica.

Verifiche

NT 08 - Verifica SLV

Dmax 1.49 [cm] > Du 1.29 [cm]

q * 2.78 <= 3

La verifica NON risulta correttamente soddisfatta

NT 08 - Verifica SLD

Dmax 0.35 [cm] <= Dd 1.24 [cm]

La verifica risulta correttamente soddisfatta

Valore limite per raggiungimento Valore di Picco

NT 08 - Verifica SLO

Dmax 0.26 [cm] <= Do 1.24 [cm]

La verifica risulta correttamente soddisfatta

Vulnerabilità Sismica

	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α _{PGA}	TR _C	TR _D	α _{TR}
SLV	1.62	1.81	0.893	541	712	0.760
SLD	1.68	0.70	2.402	507	75	6.760
SLO	1.73	0.54	3.200	507	45	11.267

Parametri di Analisi

T* 0.239 [s] Duttilità disponibile 3.98

m* 4,986,647.82 [kg]

w 7,634,464.52 [kg]

Analisi

Normativa NT 08

Carico sismico Masse

Direzione sisma + Uy

Nodo controllo 93

Media nodi di livello 2

Eccentricità -368

Versione 1.7.36 - Cod. 2

Modello

Nome SAURO

Pareti 25

Livelli 3

Nodi 3D 167

Nodi 2D 223

Materiali 4

Elementi 612

Travi 170

Pilastri 0

Vincoli 124

Setti travi 0

Setti pareti 0

Figura 200: Dettaglio verifiche 3Muri con NTC2008 per la scuola N.Sauro

Inoltre in Tabella 256 sono calcolati i valori del periodo e della massa partecipante nelle tre direzioni per i primi tre modi di vibrare della scuola N.Sauro.

Tabella 256: Modi di vibrare 3Muri scuola N.Sauro

Modo	T	mx	Mx	my	My	mz	Mz
	s	kg	%	kg	%	kg	%
1	0.24	630611	10	2950977	45	63	0
2	0.23	4196705	64	1151706	18	57	0
3	0.22	877227	13	1208983	18	72	0

4.3.3 III CASO DI STUDIO SCUOLA LEOPARDI-CAMPANARIELLO

La scuola elementare Leopardi Campanariello si sviluppa su 2 piani di superficie coperta di circa 562mq con altezza di interpiano di 3m, ed è dotata di copertura piana praticabile accessibile solo per interventi di manutenzione.

Si rimanda al paragrafo 3.5.1 pagina 170 per la descrizione generale della struttura e alla Figura 103 a pagina 172 per la pianta.

In questa scuola è presente un ampio laboratorio nel quale si notano elementi strutturali in conglomerato cementizio armato: trave lunga circa 9.5 m poggiate agli estremi su pareti ed in mezzeria su un pilastro, caratteristiche ampiamente contemplate nel software 3Muri come mostrato nella schermata in Figura 201 dove vanno inseriti i dati relativi alla dimensioni geometriche della sezione dell'elemento, l'area di armatura ed il numero di ferri disposti all'intradosso e all'estradosso nonché il diametro ed il passo della staffatura.

Da un'analisi della struttura si ipotizzano:

pilastro quadrato di dimensione 30 x 30 cm armato con 3 Φ 16 per un A_f pari a 6.03 cm² cioè 3 Φ 16 su ogni lato con staffe Φ 8 con passo di 20 cm ed una trave a spessore di dimensione b = 60 cm e h = 30 cm armata con 5 Φ 16 per un A_f pari a 10.05 cm² all'estradosso e all'intradosso con staffe Φ 8 con passo di 20cm.

Calcestruzzo C20/25

Acciaio FeB44K

The screenshot displays the '3Muri' software interface for selecting a masonry panel. It is divided into two main sections: 'Muratura' (Masonry) and 'Trave C.A.' (Reinforced Concrete Beam).

Muratura Section:

- Geometria:** Quota 300 [cm], b 30.0 [cm], h 30.0 [cm], Area 900.00 [cm²], Angolo 0 [°], Altezza 300 [cm].
- Barre longitudinali:** Af totale lato b 6.03 [cm²], N. lato b 3, Af totale lato h 6.03 [cm²], N. lato h 3.
- Copriferro:** 3.0 [cm], Aderenza migliorata (selected).
- Staffe:** Diametro 8 [mm], Passo medio 20 [cm], N. braccia 2, Passo estremità 20 [cm].
- Materiale:** C20/25, FeB44K.

Trave C.A. Section:

- Geometria:** Quota I 600 [cm], Quota J 600 [cm], b 60.0 [cm], h 30.0 [cm], Area 1,800.00 [cm²], J 135,000.00 [cm⁴].
- Barre longitudinali:** Af totale intr. 10.05 [cm²], N. intradosso 5, Af totale estr. 10.05 [cm²], N. estradosso 5.
- Copriferro:** 3.0 [cm], Aderenza migliorata (selected).
- Staffe:** Diametro 8 [mm], Passo medio 20 [cm], N. braccia 2, Passo estremità 20 [cm].
- Materiale:** CLS C20/25, Acciaio FeB44K.

Figura 201: Schermata "3Muri" selezione tipologia pannello murario

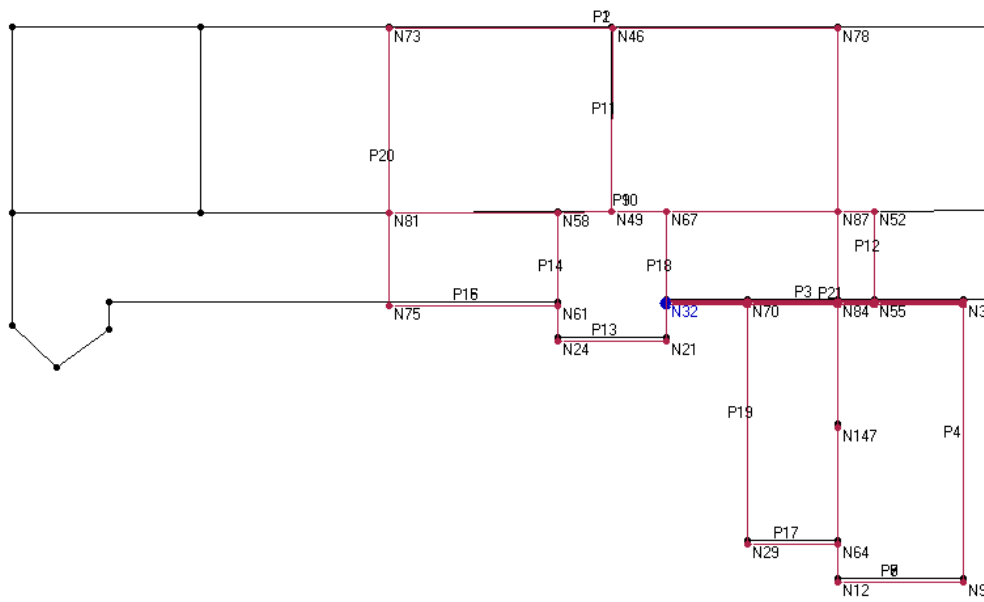
Nella Tabella 257 sono riportati i valori di spostamento calcolati con 3Muri per i 24 casi di analisi previsti dalla NTC2008 associati agli stati limite considerati.

Si considera come analisi più gravosa quella con il rapporto D_{max}/D_u allo SLV maggiore fra i 3 casi di analisi non verificati (evidenziati in grigio) dei 24 eseguiti dal software.

Tabella 257: Riepilogo risultati dei 24 casi di analisi scuola Campanariello

Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV	D_{max} SLD cm	D_d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D_{max} SLO cm	D_o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
1	+X	Masse	0.0	0.39	0.93	1.33	Si	0.43	0.09	0.63	Si	0.07	0.63	Si
2	+X	1° modo	0.0	0.53	0.98	1.86	Si	0.54	0.09	0.76	Si	0.07	0.74	Si
3	-X	Masse	0.0	0.17	1.35	1.00	Si	0.13	0.07	0.48	Si	0.05	0.48	Si
4	-X	1° modo	0.0	0.34	1.35	1.21	Si	0.25	0.09	1.13	Si	0.07	1.13	Si
5	+Y	Masse	0.0	0.55	1.25	1.64	Si	0.44	0.10	0.73	Si	0.08	0.73	Si
6	+Y	1° modo	0.0	0.70	1.71	1.78	Si	0.41	0.13	1.05	Si	0.11	1.05	Si
7	-Y	Masse	0.0	1.01	0.82	2.27	No	1.24	0.18	0.52	Si	0.14	0.52	Si
8	-Y	1° modo	0.0	1.20	1.22	2.45	Si	0.98	0.23	0.83	Si	0.18	0.83	Si
9	+X	Masse	109.5	0.23	0.77	1.13	Si	0.29	0.06	0.50	Si	0.05	0.50	Si
10	+X	Masse	-109.5	0.63	1.00	1.56	Si	0.63	0.13	1.00	Si	0.11	1.00	Si
11	+X	1° modo	109.5	0.38	1.26	1.35	Si	0.30	0.08	0.78	Si	0.07	0.55	Si
12	+X	1° modo	-109.5	0.62	0.75	2.27	Si	0.83	0.09	0.57	Si	0.07	0.57	Si
13	-X	Masse	109.5	0.15	1.03	0.96	Si	0.15	0.06	0.43	Si	0.05	0.43	Si
14	-X	Masse	-109.5	0.31	1.35	1.11	Si	0.23	0.09	0.55	Si	0.07	0.55	Si
15	-X	1° modo	109.5	0.30	1.05	1.15	Si	0.29	0.08	0.97	Si	0.07	0.93	Si
16	-X	1° modo	-109.5	0.47	1.36	1.36	Si	0.35	0.11	0.98	Si	0.09	0.98	Si
17	+Y	Masse	195.5	0.62	1.23	1.79	Si	0.50	0.11	0.67	Si	0.09	0.67	Si
18	+Y	Masse	-195.5	0.46	1.21	1.52	Si	0.38	0.09	0.95	Si	0.07	0.95	Si
19	+Y	1° modo	195.5	0.80	1.71	1.99	Si	0.47	0.15	0.98	Si	0.11	0.98	Si
20	+Y	1° modo	-195.5	0.64	1.59	1.73	Si	0.40	0.12	1.15	Si	0.10	1.15	Si
23	-Y	1° modo	195.5	1.32	1.48	2.79	Si	0.89	0.26	0.84	Si	0.19	0.84	Si
22	-Y	Masse	-195.5	0.87	0.81	2.04	No	1.08	0.16	0.51	Si	0.12	0.51	Si
21	-Y	Masse	195.5	1.09	0.84	2.47	No	1.30	0.19	0.52	Si	0.15	0.52	Si
24	-Y	1° modo	-195.5	1.10	1.12	2.22	Si	0.98	0.21	0.59	Si	0.16	0.59	Si

Nella Figura 202 si riportano: lo schema della pianta del secondo livello della scuola Leopardi Campanariello con la numerazione delle pareti indicata con la lettera P e dei nodi superiori della struttura indicati con la lettera N ed infine in rosso la rispettiva deformata in pianta per l'analisi più gravosa.



Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D _{max} SLV cm	D _u SLV cm	q*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D _{max} /D _u SLV	D _{max} SLD cm	D _d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D _{max} SLO cm	D _o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
21	-Y	Masse	195.5	1.09	0.84	2.47	No	1.30	0.19	0.52	Si	0.15	0.52	Si

Figura 202:Modello “3Muri” pianta del secondo livello e deformata in pianta per l’analisi più gravosa.

Inoltre, in particolare risalto, in blu si nota nella pianta del secondo livello il nodo superiore N32, sulla parete P3 (Figura 203 integro e Figura 204 deformato) anch’essa in risalto, che è stato scelto come nodo di controllo per gli spostamenti che risultano mediati per il livello selezionato nell’analisi.

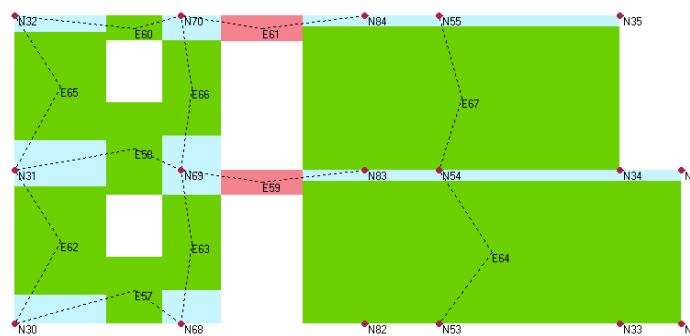


Figura 203:Telaio equivalente “3Muri” della parete P9 scuola Leopardi Campanariello

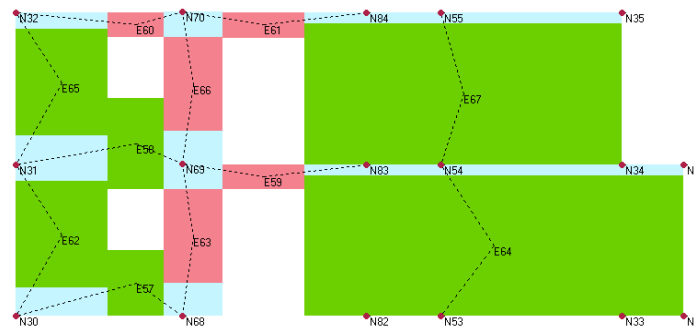


Figura 204:Deformata telaio equivalente “3Muri” della parete P9 scuola Leopardi Campanariello

In Figura 205 si riporta a sinistra la Mesh 3D del modello integro ed a destra del modello danneggiato per l’analisi più gravosa dove in base ai colori assunti dai macroelementi si identifica lo stato di danneggiamento.

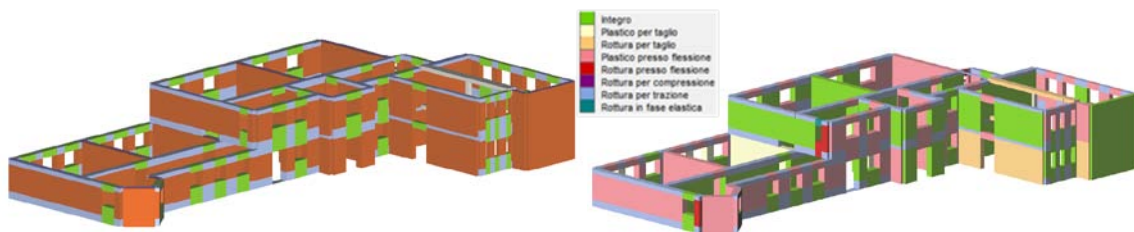


Figura 205:Mesh 3D modello integro a sinistra e modello danneggiato a destra scuola Leopardi Campanariello

Inoltre si riportano in Figura 206 la curva push over in nero e la bilatera equivalente in blu calcolata dal software 3Muri per il caso di analisi più gravoso in cui si notano due tratti verticali di colore rosso: uno tratteggiato in corrispondenza dello spostamento ultimo D_u e l’altra continuo in corrispondenza dello spostamento massimo D_{max} .

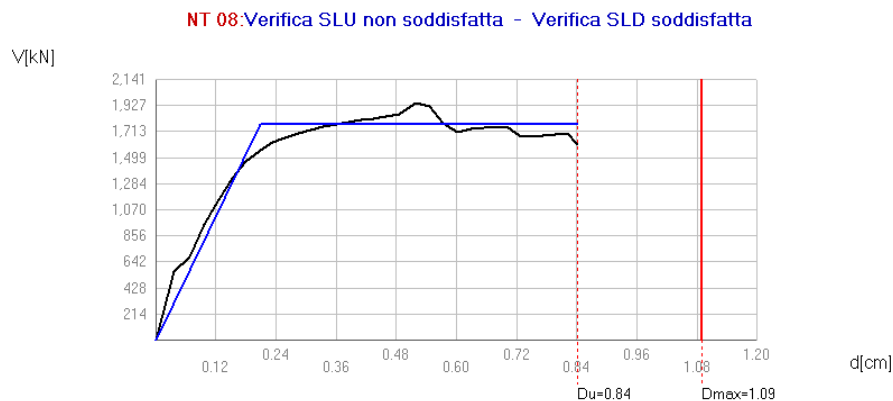


Figura 206:Curva Push over analisi più gravosa scuola Leopardi Campanariello

In Figura 207 si riporta la finestra “Dettaglio Verifiche” del software 3Muri che rappresenta una finestra riassuntiva che visualizza i dettagli delle analisi e delle verifiche richieste nonché una sezione dedicata alla Vulnerabilità Sismica.

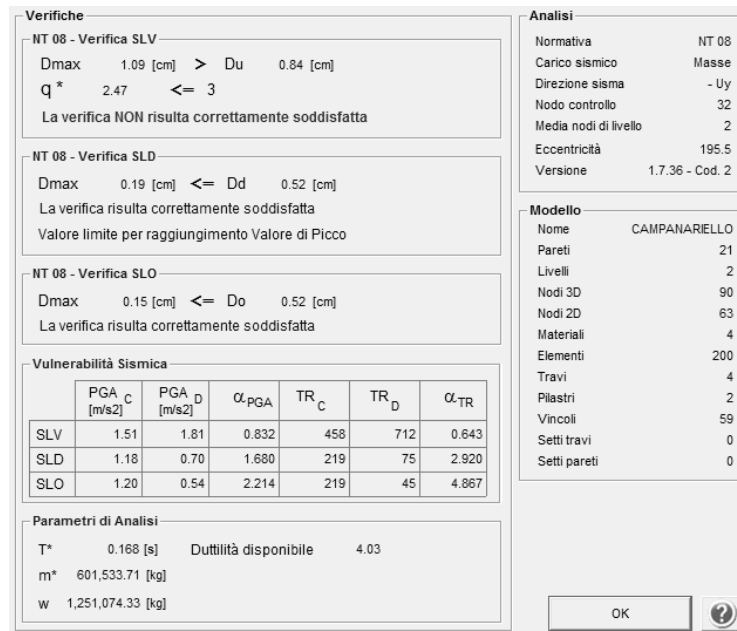


Figura 207: Dettaglio verifiche 3Muri con NTC2008 per la scuola Leopardi Campanariello

Infine in Tabella 258 sono calcolati i valori del periodo e della massa partecipante nelle tre direzioni per i primi tre modi di vibrare della scuola Leopardi Campanariello.

Tabella 258: Modi di vibrare 3Muri scuola Leopardi Campanariello

Modo	T	mx	Mx	my	My	mz	Mz
	s	kg	%	kg	%	kg	%
1	0	107105	11	385275	39	174	0
2	0	128683	13	371928	38	597	0
3	0	473476	48	786	0	728	0

4.3.4 IV CASO DI STUDIO SCUOLA CHIAZZOLELLE

La scuola elementare Chiazzolelle si sviluppa su 2 piani di superficie coperta di circa 372mq con altezza di interpiano di 3m, ed è dotata di copertura piana praticabile accessibile solo per interventi di manutenzione.

Si rimanda al paragrafo 3.6.1 pagina 197 per la descrizione generale della struttura e alla Figura 124 a pagina 199 per la pianta.

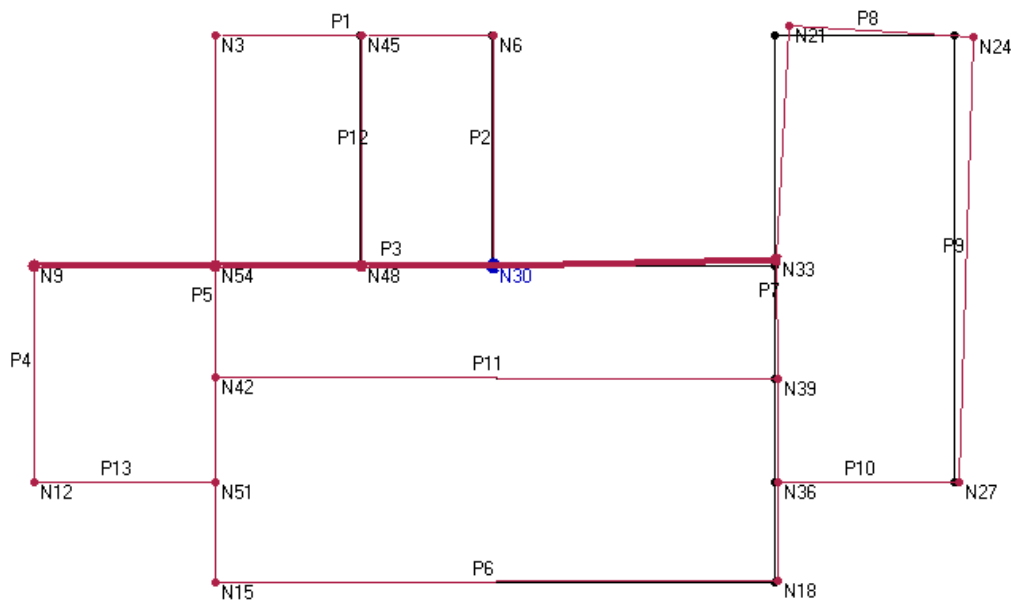
Nella Tabella 259 sono riportati i valori di spostamento calcolati con 3Muri per i 24 casi di analisi previsti dalla NTC2008 associati agli stati limite considerati.

Si considera come analisi più gravosa quella con il rapporto D_{max}/D_u allo SLV maggiore per l'unico caso di analisi (evidenziato in grigio) non verificati dei 24 eseguiti dal software.

Tabella 259: Riepilogo risultati dei 24 casi di analisi scuola Chiazzolelle

Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV	D_{max} SLD cm	D_u SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D_{max} SLO cm	D_u SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
1	+X	Masse	0.0	0.89	1.04	1.95	Si	0.86	0.18	0.60	Si	0.14	0.60	Si
2	+X	1° modo	0.0	1.00	1.29	2.05	Si	0.78	0.21	0.94	Si	0.16	0.94	Si
3	-X	Masse	0.0	0.76	0.92	2.21	Si	0.83	0.13	0.26	Si	0.10	0.26	Si
4	-X	1° modo	0.0	1.00	1.75	2.85	Si	0.57	0.19	0.35	Si	0.13	0.35	Si
5	+Y	Masse	0.0	0.64	1.25	1.79	Si	0.51	0.12	0.67	Si	0.10	0.67	Si
6	+Y	1° modo	0.0	0.84	1.76	1.99	Si	0.48	0.16	0.95	Si	0.12	0.74	Si
7	-Y	Masse	0.0	0.71	1.01	2.04	Si	0.70	0.12	0.85	Si	0.10	0.85	Si
8	-Y	1° modo	0.0	0.90	1.28	2.32	Si	0.70	0.16	1.22	Si	0.12	1.22	Si
9	+X	Masse	87.5	0.95	0.80	2.15	No	1.19	0.18	0.46	Si	0.14	0.46	Si
10	+X	Masse	-87.5	0.80	0.87	1.84	Si	0.92	0.16	0.58	Si	0.12	0.58	Si
11	+X	1° modo	87.5	1.07	1.09	2.24	Si	0.98	0.22	0.83	Si	0.17	0.83	Si
12	+X	1° modo	-87.5	0.91	1.12	2.05	Si	0.81	0.18	0.98	Si	0.14	0.98	Si
13	-X	Masse	87.5	0.84	1.02	2.32	Si	0.82	0.15	0.27	Si	0.11	0.27	Si
14	-X	Masse	-87.5	0.73	1.16	2.24	Si	0.63	0.12	0.35	Si	0.10	0.35	Si
15	-X	1° modo	87.5	1.04	1.70	2.88	Si	0.61	0.20	0.36	Si	0.14	0.36	Si
16	-X	1° modo	-87.5	0.94	1.52	2.72	Si	0.62	0.16	0.39	Si	0.12	0.39	Si
17	+Y	Masse	147.8	0.60	1.31	1.73	Si	0.46	0.11	0.29	Si	0.09	0.29	Si
18	+Y	Masse	-147.8	0.70	1.08	1.95	Si	0.65	0.13	0.77	Si	0.10	0.77	Si
19	+Y	1° modo	147.8	0.78	1.73	1.94	Si	0.45	0.15	0.46	Si	0.11	0.46	Si
20	+Y	1° modo	-147.8	0.96	1.71	2.21	Si	0.56	0.18	1.02	Si	0.14	0.69	Si
21	-Y	Masse	147.8	0.68	0.83	1.97	Si	0.82	0.12	0.67	Si	0.10	0.67	Si
22	-Y	Masse	-147.8	0.75	1.04	2.13	Si	0.72	0.13	0.76	Si	0.10	0.76	Si
23	-Y	1° modo	147.8	0.86	1.09	2.25	Si	0.79	0.15	0.92	Si	0.12	0.92	Si
24	-Y	1° modo	-147.8	0.94	1.40	2.43	Si	0.67	0.16	1.40	Si	0.12	0.99	Si

Nella Figura 208 si riportano: lo schema della pianta del secondo livello della scuola Chiazzolelle con la numerazione delle pareti indicata con la lettera P e dei nodi superiori della struttura indicati con la lettera N ed infine in rosso la rispettiva deformata in pianta per l'analisi più gravosa.



Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D _{max} SLV cm	D _u SLV cm	q*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D _{max} /D _u SLV	D _{max} SLD cm	D _d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D _{max} SLO cm	D _o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
9	+X	Masse	87.5	0.95	0.80	2.15	No	1.19	0.18	0.46	Si	0.14	0.46	Si

Figura 208:Modello “3Muri” pianta del secondo livello e deformata in pianta per l’analisi più gravosa.

Inoltre, in particolare risalto, in blu si nota nella pianta del secondo livello il nodo superiore N30, sulla parete P3 (Figura 209 integro e Figura 210 deformato) anch’essa in risalto, che è stato scelto come nodo di controllo per gli spostamenti che risultano mediati per il livello selezionato nell’analisi.

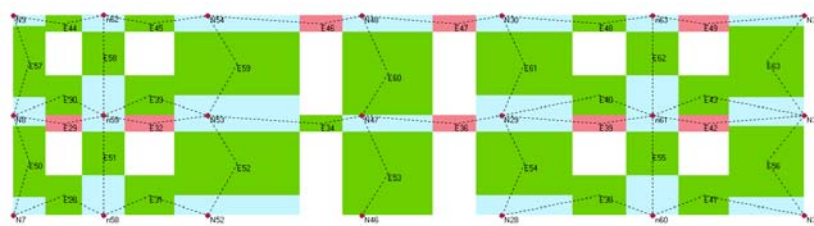


Figura 209:Telaio equivalente “3Muri” della parete P3 scuola Chiazzollelle

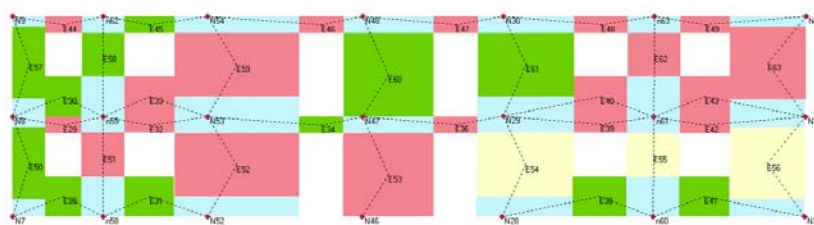


Figura 210:Deformata telaio equivalente “3Muri” della parete P3 scuola Chiazzollelle

In Figura 211 si riporta a sinistra la Mesh 3D del modello integro ed a destra del modello danneggiato per l'analisi più gravosa dove in base ai colori assunti dai macroelementi si identifica lo stato di danneggiamento.

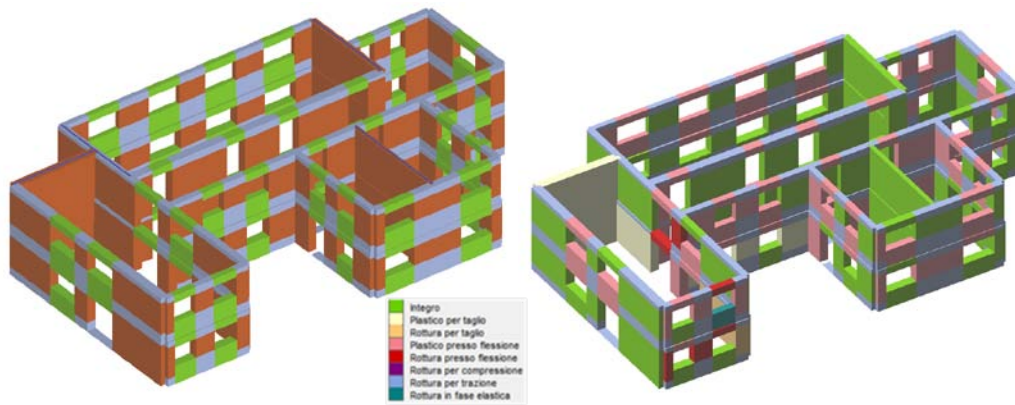


Figura 211: Mesh 3D modello integro a sinistra e modello danneggiato a destra scuola Chiazzolelle

Inoltre si riportano in Figura 212 la curva push over in nero e la bilatera equivalente in blu calcolata dal software 3Muri per il caso di analisi più gravoso in cui si notano due tratti verticali di colore rosso: uno tratteggiato in corrispondenza dello spostamento ultimo D_u e l'altra continuo in corrispondenza dello spostamento massimo D_{max} .

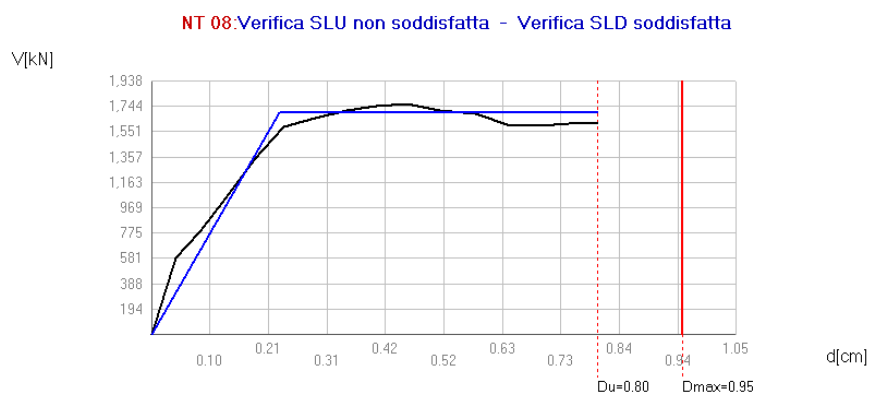


Figura 212: Curva Push over analisi più gravosa scuola Chiazzolelle

In Figura 213 si riporta la finestra “Dettaglio Verifiche” del software 3Muri che rappresenta una finestra riassuntiva che visualizza i dettagli delle analisi e delle verifiche richieste nonché una sezione dedicata alla Vulnerabilità Sismica.

Verifiche

NT 08 - Verifica SLV
 Dmax 0.95 [cm] > Du 0.80 [cm]
 q* 2.15 <= 3
 La verifica NON risulta correttamente soddisfatta

NT 08 - Verifica SLD
 Dmax 0.18 [cm] <= Dd 0.46 [cm]
 La verifica risulta correttamente soddisfatta
 Valore limite per raggiungimento Valore di Picco

NT 08 - Verifica SLO
 Dmax 0.14 [cm] <= Do 0.46 [cm]
 La verifica risulta correttamente soddisfatta

Vulnerabilità Sismica

	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α _{PGA}	TR _C	TR _D	α _{TR}
SLV	1.60	1.81	0.887	540	712	0.758
SLD	1.21	0.70	1.726	234	75	3.120
SLO	1.22	0.54	2.267	234	45	5.200

Parametri di Analisi

T* 0.175 [s] Duttilità disponibile 3.48
 m* 573,268.41 [kg]
 w 1,042,259.10 [kg]

Analisi

Normativa NT 08
 Carico sismico Masse
 Direzione sisma + Ux
 Nodo controllo 30
 Media nodi di livello 2
 Eccentricità 87.5
 Versione 1.7.36 - Cod. 2

Modello

Nome CHIAZZOLELLE
 Pareti 13
 Livelli 2
 Nodi 3D 54
 Nodi 2D 45
 Materiali 2
 Elementi 182
 Travi 0
 Pilastri 0
 Vinctoli 33
 Setti travi 0
 Setti pareti 0

OK ?

Figura 213: Dettaglio verifiche 3Muri con NTC2008 per la scuola Chiazzolelle

Infine in Tabella 260 sono calcolati i valori del periodo e della massa partecipante nelle tre direzioni per i primi tre modi di vibrare della scuola Chiazzolelle.

Tabella 260: Modi di vibrare 3Muri scuola Chiazzolelle

Modo	T	m _x	M _x	m _y	M _y	m _z	M _z
	s	kg	%	kg	%	kg	%
1	0.17	193,691	23	14461	2	1	0
2	0.14	10,800	1	682226	80	112	0.01
3	0.13	113,677	13	20596	2	518	0.06

4.3.5 V CASO DI STUDIO SCUOLA G.ORSI

La scuola elementare G.Orsi si sviluppa su 2 piani di superficie coperta di circa 464mq con altezza di interpiano di 4m, ed è dotata di copertura piana praticabile accessibile solo per interventi di manutenzione.

Si rimanda al paragrafo 3.7.1 pagina 227 per la descrizione generale della struttura e alla Figura 151 a pagina 229 per la pianta.

Nella Tabella 261 sono riportati i valori di spostamento calcolati con 3Muri per i 24 casi di analisi previsti dalla NTC2008 associati agli stati limite considerati.

Si considera come analisi più gravosa quella con il rapporto D_{max}/D_u allo SLV maggiore fra i 18 casi di analisi non verificati (evidenziati in grigio) dei 24 eseguiti dal software.

Tabella 261: Riepilogo risultati dei 24 casi di analisi scuola G.Orsi

Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^* SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV	D_{max} SLD cm	D_d SLD cm	Verifica SLD NTC 2008	D_{max} SLO cm	D_o SLO cm	Verifica SLO NTC 2008
1	+X	Masse	0.0	1.31	0.86	2.61	No	1.52	0.27	0.68	Si	0.21	0.68	Si
2	+X	1° modo	0.0	1.46	1.47	2.87	Si	0.99	0.33	1.26	Si	0.24	1.26	Si
3	-X	Masse	0.0	1.23	0.96	2.54	No	1.28	0.24	0.66	Si	0.19	0.66	Si
4	-X	1° modo	0.0	1.36	1.01	2.76	No	1.35	0.29	0.67	Si	0.21	0.67	Si
5	+Y	Masse	0.0	1.30	1.36	2.65	Si	0.96	0.28	0.78	Si	0.21	0.78	Si
6	+Y	1° modo	0.0	1.50	2.00	3.11	No	0.75	0.37	1.12	Si	0.25	1.12	Si
7	-Y	Masse	0.0	1.48	2.41	3.20	No	0.61	0.37	1.02	Si	0.25	1.02	Si
8	-Y	1° modo	0.0	1.71	2.76	3.53	No	0.62	0.47	1.11	Si	0.31	1.11	Si
9	+X	Masse	67.6	1.31	0.84	2.81	No	1.56	0.27	0.65	Si	0.20	0.65	Si
10	+X	Masse	-67.6	1.20	0.90	2.55	No	1.33	0.23	0.68	Si	0.18	0.68	Si
11	+X	1° modo	67.6	1.57	1.45	2.97	No	1.08	0.37	1.15	Si	0.26	1.15	Si
12	+X	1° modo	-67.6	1.48	1.52	2.72	Si	0.97	0.32	0.76	Si	0.25	0.76	Si
13	-X	Masse	67.6	1.24	0.93	2.52	No	1.33	0.25	0.60	Si	0.19	0.60	Si
14	-X	Masse	-67.6	1.21	0.96	2.55	No	1.26	0.23	0.80	Si	0.18	0.80	Si
15	-X	1° modo	67.6	1.46	0.98	2.70	No	1.49	0.32	0.72	Si	0.24	0.72	Si
16	-X	1° modo	-67.6	1.35	1.03	2.76	No	1.31	0.28	0.69	Si	0.21	0.69	Si
17	+Y	Masse	206.9	1.23	1.74	2.55	Si	0.71	0.26	0.49	Si	0.20	0.49	Si
18	+Y	Masse	-206.9	1.41	1.37	3.02	No	1.03	0.33	0.73	Si	0.23	0.73	Si
19	+Y	1° modo	206.9	1.40	2.07	2.74	Si	0.68	0.31	0.62	Si	0.24	0.62	Si
20	+Y	1° modo	-206.9	1.59	1.90	3.51	No	0.84	0.42	1.01	Si	0.27	1.01	Si
21	-Y	Masse	206.9	1.40	2.30	2.82	Si	0.61	0.32	1.07	Si	0.23	1.07	Si
22	-Y	Masse	-206.9	1.59	2.35	3.62	No	0.68	0.43	0.90	Si	0.28	0.90	Si
23	-Y	1° modo	206.9	1.53	2.77	3.11	No	0.55	0.38	1.32	Si	0.26	1.32	Si
24	-Y	1° modo	-206.9	1.82	2.58	3.97	No	0.71	0.52	1.12	Si	0.36	1.12	Si

Nella Figura 214 si riportano: lo schema della pianta del secondo livello della scuola G.Orsi con la numerazione delle pareti indicata con la lettera P e dei nodi superiori della struttura indicati con la lettera N ed infine in rosso la rispettiva deformata in pianta per l'analisi più gravosa.

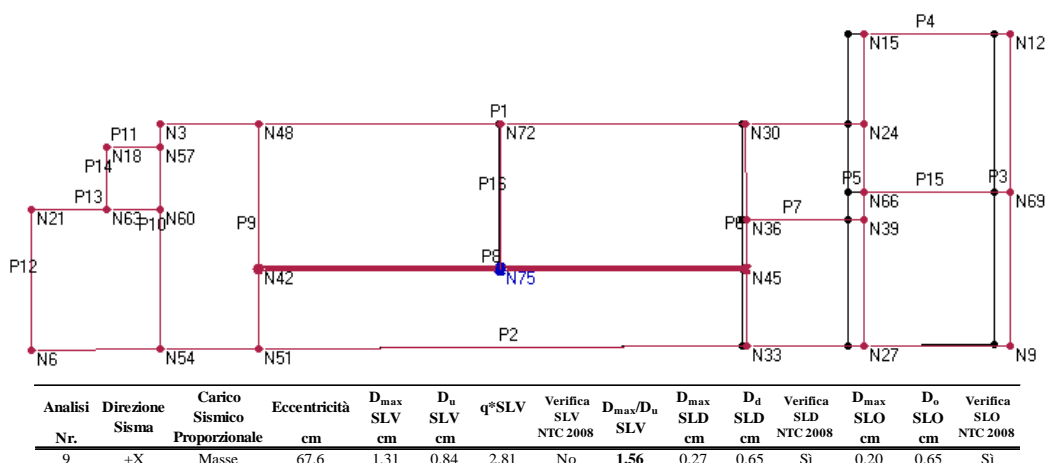


Figura 214:Modello “3Muri” pianta del secondo livello e deformata in pianta per l’analisi più gravosa.

Inoltre, in particolare risalto, in blu si nota nella pianta del secondo livello il nodo superiore N75, sulla parete P8 (Figura 215 integro e Figura 216 deformato) anch’essa in risalto, che è stato scelto come nodo di controllo per gli spostamenti che risultano mediati per il livello selezionato nell’analisi.

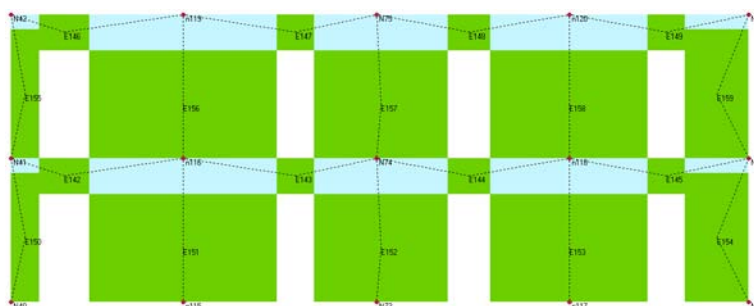


Figura 215:Telaio equivalente “3Muri” della parete P8 scuola G.Orsi

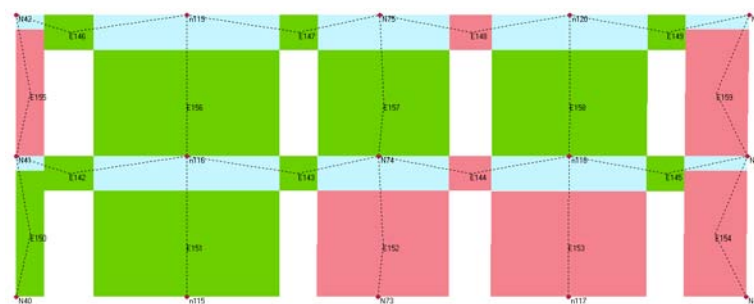


Figura 216:Deformato telaio equivalente “3Muri” della parete P8 scuola G.Orsi

In Figura 217 si riporta a sinistra la Mesh 3D del modello integro ed a destra del modello danneggiato per l’analisi più gravosa dove in base ai colori assunti dai macroelementi si identifica lo stato di danneggiamento.

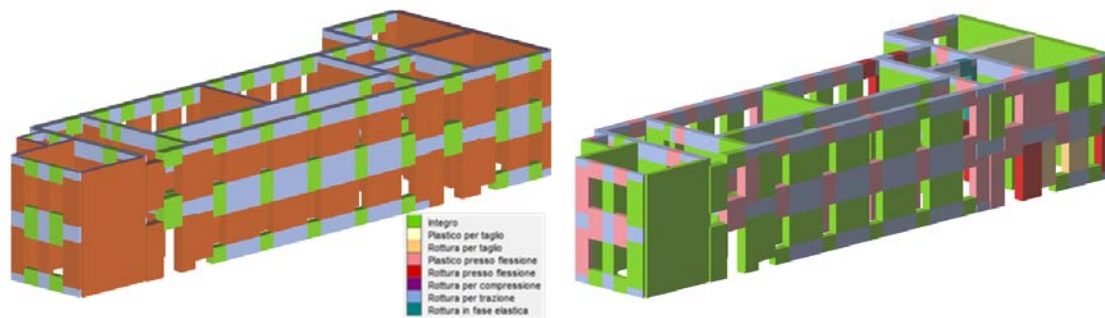


Figura 217: Mesh 3D modello integro a sinistra e modello danneggiato a destra scuola G.Orsi

Inoltre si riportano in Figura 218 la curva push over in nero e la bilatera equivalente in blu calcolata dal software 3Muri per il caso di analisi più gravoso in cui si notano due tratti verticali di colore rosso: uno tratteggiato in corrispondenza dello spostamento ultimo D_u e l'altra continuo in corrispondenza dello spostamento massimo D_{max} .

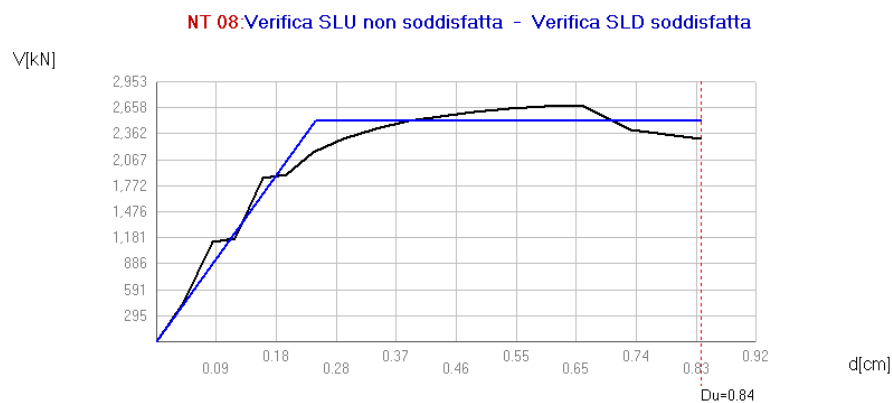


Figura 218: Curva Push over analisi più gravosa scuola G.Orsi

In Figura 219 si riporta la finestra “Dettaglio Verifiche” del software 3Muri che rappresenta una finestra riassuntiva che visualizza i dettagli delle analisi e delle verifiche richieste nonché una sezione dedicata alla Vulnerabilità Sismica.

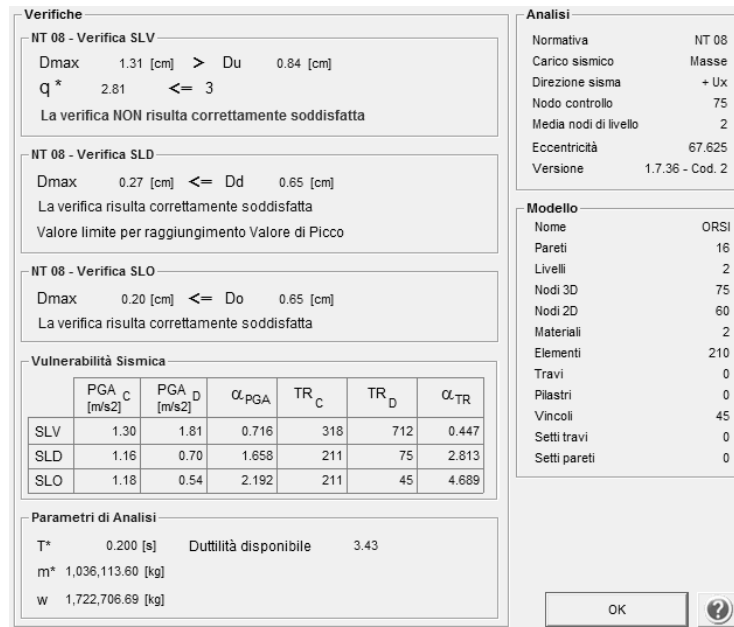


Figura 219: Dettaglio verifiche 3Muri con NTC2008 per la scuola G.Orsi

Infine in Tabella 262 sono calcolati i valori del periodo e della massa partecipante nelle tre direzioni per i primi tre modi di vibrare della scuola G.Orsi.

Tabella 262: Modi di vibrare 3Muri scuola G.Orsi

Modo	T	mx	Mx	my	My	mz	Mz
	s	kg	%	kg	%	kg	%
1	0.22	414	0	949277	66	73	0.01
2	0.17	110995	8	279439	19	29	0
3	0.15	1218218	84	20984	1	5	0

CAPITOLO 5: CONFRONTI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

5.1. INTRODUZIONE

Il presente capitolo esamina in prima istanza il confronto dei risultati dedotti dalle analisi di vulnerabilità svolte nel Capitolo 3 sia con il metodo speditivo, ossia *Scheda GNDT II livello* (Benedetti e Petrini, 1984); sia con i metodi meccanici semplificati, quali il metodo *FaMIVE* (D'Ayala e Speranza 1997), che svolge l'analisi statica equivalente di edifici murari tenendo conto dei propri meccanismi di collasso fuori e nel piano; e la procedura *VM* (Dolce e Moroni 2002), che svolge analisi globale della struttura muraria tenendo conto dei soli meccanismi di collasso nel piano.

In particolare, sarà stilata una classifica di vulnerabilità delle cinque scuole esaminate sulla base dei risultati di ciascuno dei tre metodi di analisi applicati. Al fine di effettuare un confronto fra tali metodi evidenziandone pregi e difetti, saranno paragonati i risultati ottenuti quelle derivanti dalle analisi ai macroelementi svolte nel Capitolo 4 con l'ausilio del software *3Muri* versione 4.02 (S.T.A. DATA, 2009) con cui è stata eseguita l'analisi statica non lineare degli edifici scolastici oggetto di studio.

5.2. CLASSIFICAZIONE INDICE DI VULNERABILITÀ SCHEDA GNDT II

Nella Tabella 263 vengono riportati i valori degli indici di vulnerabilità assoluto e relativo calcolati in modo speditivo con scheda di rilievo "GNDT II" per le cinque scuole esaminate nei capitoli precedenti. In particolare va considerato che gli indici relativi si ottengono dividendo quello assoluto per l'indice massimo ottenibile dalle schede.

Tabella 263: Confronto tra le 5 scuole valori dell'indice di vulnerabilità GNDT II

GNDT II				
SCUOLE	$I_{V(\text{assoluto})}$	$I_{V(\text{max})}$	$I_{V(\text{relativo})}$	$I_{V(\text{relativo MOD})}$
G.Mazza	131.25		0.34	0.69
N.Sauro	46.25		0.12	0.24
Campanariello	101.25	382.50	0.26	0.53
Chiazzolelle	93.75		0.25	0.49
G.Orsi	82.50		0.22	0.43

Nel grafico in Figura 220 sono rappresentati sottoforma di istogrammi i valori dell'indice di vulnerabilità sopra ricavati. Dalla Figura 220 si evince che valori compresi fra 0.10 e 0.20 danno luogo ad una vulnerabilità media, mentre edifici con vulnerabilità medio alta sono quelli per cui $0,20 < I_v < 0,40$, considerando le numerose applicazioni della scheda GNDT II livello hanno mostrato che già un indice $I_v = 0.50$ risulta estremamente gravoso per le strutture in muratura, da cui l'indice relativo rispetto alla metà del valore massimo: “ $I_{v \text{ relativo MOD}}$ ”.

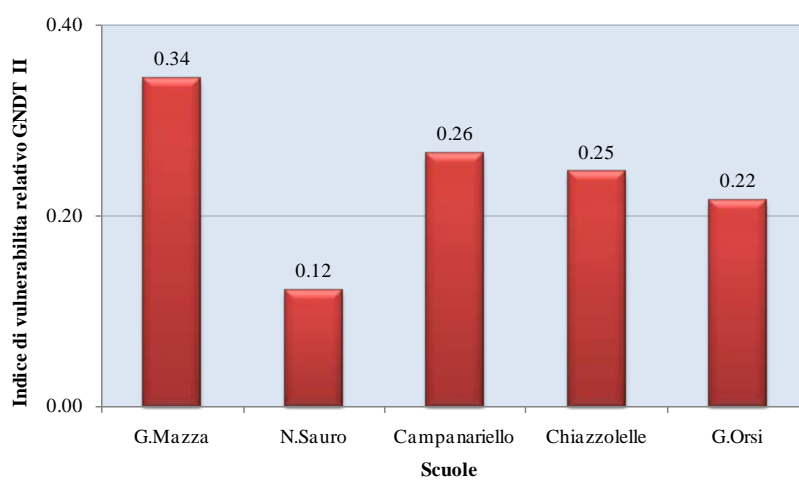


Figura 220: Confronto tra le 5 scuole indice di vulnerabilità relativo I_v scheda GNDT II (murature)

In Tabella 264 sono classificate le scuole in funzione del loro Indice di vulnerabilità GNDT II ordinate dall'alto al basso in modo decrescente.

Tabella 264: Classificazione vulnerabilità scuole GNDT II

GNDT II	
SCUOLA	$I_{v(\text{relativo MOD})}$
G.Mazza	0.69
Campanariello	0.53
Chiazzolelle	0.49
G.Orsi	0.43
N.Sauro	0.24

Risulta quindi che la scuola più vulnerabile secondo l'analisi speditiva "GNDT II" è la scuola "G.Mazza" che, le scuole "Leopardi-Campanariello", "Chiazzolelle", e "G.Orsi" sono classe di vulnerabilità Medio Alta mentre la scuola "N.Sauro" risulta l'unica avente classe di vulnerabilità Media.

5.3. CLASSIFICAZIONE VM VALUTAZIONE MURATURE

La metodologia VM applicata nel Capitolo 3 restituisce come risultati dell'analisi il piano, la direzione ed il valori delle PGA di crisi allo stato limite di salvaguardia della vita SLV per i cinque edifici analizzati (Tabella 265).

Tabella 265: Confronto tra le 5 scuole valori del PGA calcolato secondo VM

<i>VM Valutazione Murature</i>			
SCUOLE	PIANO	direz.	PGA(g)
G.Mazza	Terra	dir X	0.22
N.Sauro	1°	dir X	0.17
Campanariello	1°	dir Y	0.14
Chiazzolelle	1°	dir X	0.23
G.Orsi	Terra	dir Y	0.18

Come si evince dalla Tabella 265 il PGA calcolato con VM si riferisce in alcuni casi al piano terra (scuole G.Mazza e G.Orsi) e in altri casi al primo piano (Campanariello, N.Sauro e Chiazzolelle). Le strutture esaminate, aventi irregolarità sia in pianta che in elevazione presentano spesso superfici coperte sempre minori all'aumentare del livello di piano, che implica minor contributo in termini di resistenza alle forze sismiche.

I risultati ottenuti da l'analisi svolta con il metodo "VM" saranno confrontati con i valori più probabili dell'accelerazione del suolo della zona in cui sorgono la strutture analizzate.

In Tabella 266 si riportano i rapporti tra il PGA_{VM} calcolato per i cinque edifici mediante la metodologia VM e quello della componente orizzontale dedotto dallo spettro elastico per, in corrispondenza dei periodi T_B e T_C connessi al valore di picco dell'accelerazione al suolo forniti dalla NTC2008 per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV ($PGA_{NTC2008}$) (Capitolo 3.2.3 pagina 90 Tabella 12).

Tabella 266: Indici di vulnerabilità delle scuole secondo VM

SCUOLE	Rapporto Resistenza		Vulnerabilità	
	$PGA_{VM}/PGA_{NTC2008}$	$1-PGA_{VM}/PGA_{NTC2008}$		
G.Mazza	0.41	0.59		
N.Sauro	0.32	0.68		
Campanariello	0.27	0.73		
Chiazzolelle	0.44	0.56		
G.Orsi	0.34	0.66		

Come parametro di vulnerabilità sarà considerato il complemento ad 1 del suddetto rapporto di resistenza (Figura 221).

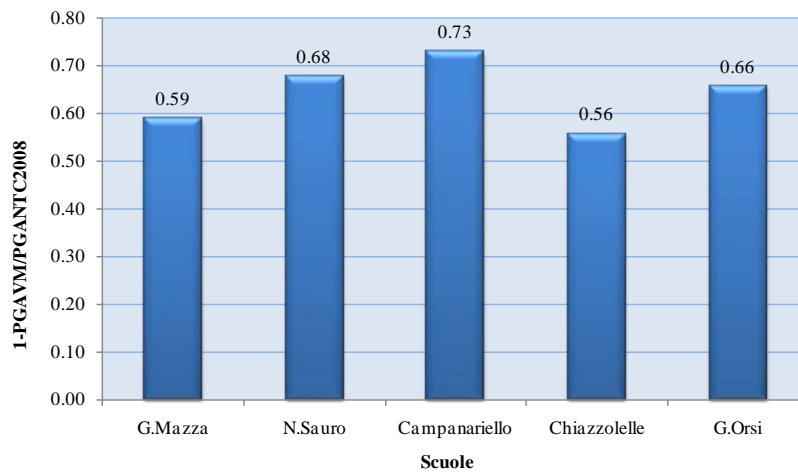


Figura 221: Confronto PGA e periodo di ritorno tra VM e NTC2008 per SLV

In tutti e cinque i casi di studio il rapporto tra le accelerazioni risulta molto vicino all'unità, il che implica che le strutture esaminate sono altamente .

Il livello di vulnerabilità quindi risulta maggiore per la scuola che ha il PGA minore. In Tabella 267 sono classificate le scuole in funzione della loro vulnerabilità secondo una scala decrescente.

Tabella 267:Indice di vulnerabilità delle scuole secondo metodo VM

VM	
SCUOLA	SLV
	$1-PGA_{VM}/PGA_{NTC2008}$
Campanariello	0.73
▼ N.Sauro	0.68
G.Orsi	0.66
G.Mazza	0.59
Chiazzolelle	0.56

Quindi la scuola più vulnerabile per l'analisi globale svolta da "VM" risulta la scuola "Campanariello" ed a seguire le scuole N.Sauro, G.Orsi, G.Mazza ed infine Chiazzolelle.

5.4. CLASSIFICAZIONE FAMIVE

Questa metodologia analizza singolarmente la vulnerabilità delle singole facciate cioè delle murature perimetrali della struttura e seleziona il meccanismo di collasso in funzione del minore moltiplicatore delle forze orizzontali che lo attiva nonché dell'indice di danno associato e dell'estensione di quest'ultimo sulla facciata. Infine assegna una classe di vulnerabilità combinando fra loro i vari effetti (Capitolo 2.5.3. pagina 54 Figura 22).

Nel confronto dei risultati è considerato in prima istanza il parametro "Vulnerabilità Finale" il quale però essendo caratterizzato da un giudizio (Low, Medium, High, Very High) può risultare comune a più strutture. Pertanto in seconda istanza è stato considerato il parametro "Indice di Vulnerabilità" essendo quest'ultimo espresso in termini numerici. Data l'impossibilità di definire un valore massimo del suddetto indice, perché direttamente proporzionale all'indice di danno e all'estensione della facciata ed inversamente proporzionale alla capacità a taglio di quest'ultima, verrà considerato un indice di 23.5 per i meccanismi fuori piano e 13.4 per quelli nel piano come massimi valori ottenuti dal database relativo alle strutture esaminate in passato con la medesima metodologia. In tal modo verrà normalizzato l'indice di vulnerabilità per rendere più diretto il confronto con le altre metodologie esaminate.

I risultati delle analisi, per le 5 scuole, saranno considerati separatamente per i due gruppi di meccanismi di collasso delle facciate contemplate nella suddetta metodologia.

In Tabella 268 vengono riportati, ordinati in termini di vulnerabilità finale decrescente, i risultati delle analisi più gravose per i meccanismi di collasso delle facciate fuori dal piano.

Tabella 268: Confronto Meccanismi di collasso fuori piano calcolati con "FaMIVE" per le 5 scuole

FaMIVE Meccanismi di collasso murature fuori piano						
SCUOLA	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLLASSO	VULNERABILITA' FINALE	INDICE DI VULNERABILITA' relativo
G.Mazza	0.05	21.0	1.50	A	VERY HIGH	0.89
Chiazzolelle	0.08	12.5	0.53	G	HIGH	0.53
Campanariello	0.17	6.1	0.91	D	HIGH	0.26
G.Orsi	0.18	5.6	1.50	B2	HIGH	0.24
N.Sauro	0.10	10.0	0.53	G	MEDIUM	0.43

Quindi analizzando i risultati in Tabella 268 si nota che la scuola più vulnerabile per i meccanismi di collasso fuori piano è la G.Mazza che raggiunge un livello "Very High" di vulnerabilità finale.

Le scuole Chiazzolelle Campanariello e G.Orsi risultano leggermente meno vulnerabili con livello di vulnerabilità finale “High”, mentre la struttura meno vulnerabile è la scuola N.Sauro caratterizzata da livello “Medium”.

In Tabella 269 vengono riportati, ordinati in termini di Vulnerabilità Finale decrescente, i risultati delle analisi più gravose per i meccanismi di collasso delle facciate nel piano.

Tabella 269 Confronto Meccanismi di collasso nel piano calcolati con “FaMIVE” per le 5 scuole

FaMIVE Meccanismi di collasso murature nel piano						
SCUOLA	ESC	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLLASSO	VULNERABILITA' FINALE	INDICE DI VULNERABILITA' relativo
Campanariello	0.07	13.4	1.04	H2	VERY HIGH	1.00
G.Mazza	0.10	10.2	1.12	H2	HIGH	0.76
N.Sauro	0.12	8.6	1.12	H2	HIGH	0.64
Chiazzolelle	0.14	7.1	1.12	H2	HIGH	0.53
G.Orsi	0.15	6.8	1.12	H2	HIGH	0.51

Analizzando i risultati in Tabella 269 si nota che la scuola più vulnerabile, per i meccanismi di collasso nel piano, è Campanariello, la quale ha livello “Very High” di vulnerabilità finale. Le scuole G.Mazza, N.Sauro Chiazzolelle e G.Orsi risultando comunque vulnerabili, essendo caratterizzate da livello “High” sebbene il loro indice risulti inferiore a quello della scuola G.Mazza.

In Tabella 270 si riportano i risultati delle analisi più gravose svolte con la procedura FaMIVE per entrambi i gruppi di meccanismi di collasso.

Tabella 270:Riepilogo risultati analisi di vulnerabilità FaMIVE più gravose

FaMIVE SCUOLE	INDICE DI VULNERABILITA'	INDICE DI DANNO	MECCANISMI DI COLLASSO	VULNERABILITA' FINALE	INDICE DI VULNERABILITA' relativo
G.Mazza	20.95	1.50	A	VERY HIGH	0.89
N.Sauro	8.62	1.12	H2	HIGH	0.64
Campanariello	13.35	1.04	H2	VERY HIGH	1.00
Chiazzolelle	12.50	0.53	G	HIGH	0.53
G.Orsi	6.84	1.12	H2	HIGH	0.51

Nel grafico di Figura 222 sono evidenziati i valori dell'indice di vulnerabilità relativi alla procedura FaMIVE.

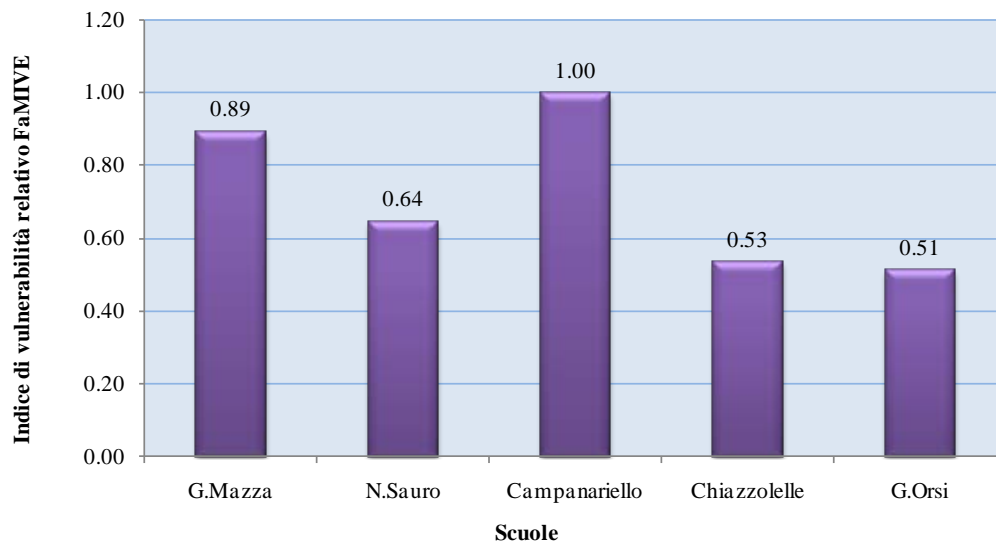


Figura 222: Confronto tra le 5 scuole indice di vulnerabilità FaMIVE

In Tabella 271 vengono riportati, ordinati in termini di Vulnerabilità Finale decrescente, i risultati delle analisi più gravose per i meccanismi di collasso delle facciate.

Tabella 271: Classificazione Vulnerabilità FaMIVE

FaMIVE	
SCUOLA	INDICE DI VULNERABILITA' relativo
Campanariello	1.00
G.Mazza	0.89
N.Sauro	0.64
▼ G.Orsi	0.51
Chiazzolelle	0.53

Infine dall'analisi con la metodologia FaMIVE si evidenzia l'elevata vulnerabilità sismica dei cinque edifici esaminati e si conferma la scuola G.Mazza come edificio più a rischio.

5.5. CLASSIFICAZIONE 3MURI

In questo confronto è stato scelto come fattore rappresentativo della vulnerabilità sismica dell'edificio il rapporto fra D_{max} e D_u , dove:

D_{max} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente al decadimento della resistenza massima della curva Push-over di un valore pari al 20% dello stesso.

Nella Tabella 272 vengono riportati per le cinque scuole esaminate i valori del rapporto D_{max}/D_u derivanti dalle analisi più gravose, relativo allo SLV secondo il D.M. 14 gennaio 2008 e calcolati tramite l'analisi statica non lineare svolta con l'ausilio del software 3Muri. Gli stessi risultati sono illustrati in Figura 223 in termini di istogrammi.

Tabella 272: Confronto tra le 5 mediante software 3Muri

<i>3Muri</i>	<i>SLV</i>
SCUOLE	D_{max}/D_u
G.Mazza	1.72
N.Sauro	1.16
Campanariello	1.30
Chiazzolelle	1.19
G.Orsi	1.56

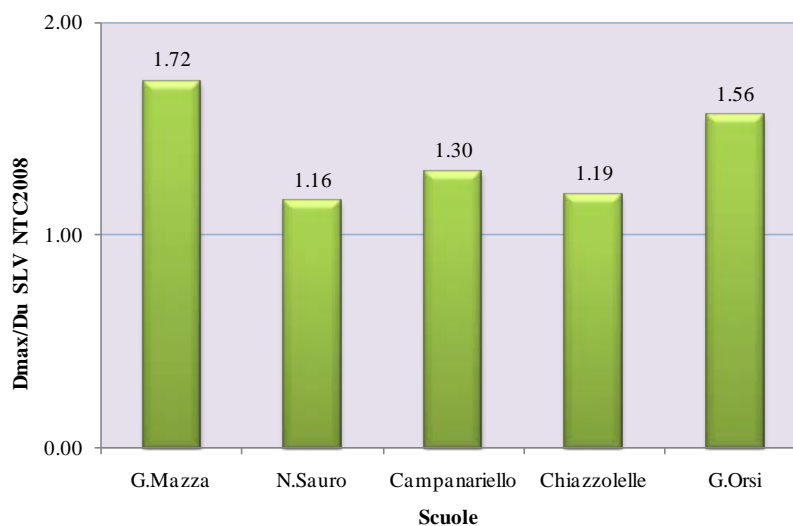


Figura 223: Confronto rapporti D_{max}/D_u allo SLV secondo software 3Muri

In Tabella 273 sono classificate le scuole in funzione della loro vulnerabilità, espresse come rapporto D_{max}/D_u , ordinate dall'alto al basso in modo decrescente. Se questo rapporto supera il valore unitario la struttura risulta vulnerabile.

Tabella 273:Classificazione Vulnerabilità scuole secondo 3Muri

3Muri	
SCUOLA	SLV D_{max}/D_u
G.Mazza	1.72
G.Orsi	1.56
Campanariello	1.30
Chiazzolelle	1.19
N.Sauro	1.16

Quindi l'edificio più vulnerabile secondo l'analisi statica non lineare svolta con l'ausilio del software 3Muri è la scuola G.Mazza, seguita in ordine dalle scuole G.Orsi, Chiazzolelle, Campanariello e N.Sauro.

L'analisi statica non lineare eseguita evidenzia che tutti e cinque gli edifici non risultano verificate secondo i valori di spostamento imposti dalla NTC2008.

Numerose procedure di calcolo e verifica, adottate in svariati paesi nella moderna legislazione progettuale antisismica, propongono una descrizione della risposta strutturale in termini di spostamenti piuttosto che di forze, tenuto conto della maggiore sensibilità del danneggiamento agli spostamenti imposti. Quindi l'analisi statica non lineare permette di cogliere più coerentemente l'evoluzione della risposta strutturale mano a mano che i singoli elementi evolvono in campo non lineare, fornendo informazioni sulla distribuzione della domanda di anelasticità.

I risultati dell'analisi globale svolta con il suddetto software 3Muri saranno utilizzati nel paragrafo seguente come parametro di verifica per la valutazione della validità dei risultati ottenuti mediante le metodologie semplificate applicate nel Capitolo 3 per le cinque scuole analizzate.

5.6. CONFRONTO METODOLOGIE

Per confrontare la validità dei diversi metodi applicati e cogliere al meglio l’affidabilità dei rispettivi risultati si riportano in Tabella 274 il riepilogo dei risultati ottenuti applicando i quattro metodi di analisi con la classificazione delle scuole in funzione della loro vulnerabilità, ordinate in senso decrescente dall’alto verso il basso. Tali risultati sono illustrati graficamente anche in Figura 224.

Tabella 274:Riepilogo Classificazione vulnerabilità per i 5 edifici con i 4 metodi di analisi applicati.

Classificazione Vulnerabilità			
GNDT II		VM	
SCUOLA	$I_{V(\text{relativo MOD})}$	SCUOLA	SLV
			$1-PGA_{VM}/PGA_{NTC2008}$
G.Mazza	0.69	Campanariello	0.73
Campanariello	0.53	N.Sauro	0.68
Chiazolelle	0.49	G.Orsi	0.66
G.Orsi	0.43	G.Mazza	0.59
N.Sauro	0.24	Chiazolelle	0.56

FaMIVE		3Muri	
SCUOLA	INDICE DI VULNERABILITA' relativo	SCUOLA	SLV D_{max}/D_u
Campanariello	1.00	G.Mazza	1.72
G.Mazza	0.89	G.Orsi	1.56
N.Sauro	0.64	Campanariello	1.30
G.Orsi	0.51	Chiazolelle	1.19
Chiazolelle	0.53	N.Sauro	1.16

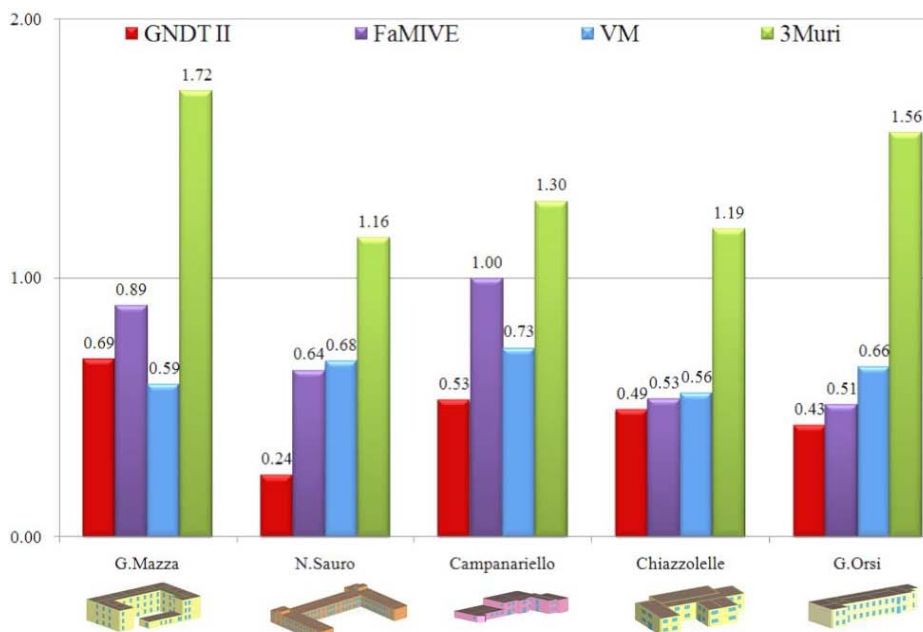


Figura 224 :Grafico riepilogo vulnerabilità per i 5 edifici con i 4 metodi di analisi.

Di seguito saranno evidenziate le caratteristiche peculiari emerse dal confronto dei risultati delle analisi svolte con la metodologia semplificata GNDT II e le meccaniche semplificate VM e FaMIVE rispetto ai risultati ottenuti con l'analisi statica non lineare condotta con l'ausilio del software 3Muri

I risultati ottenuti applicando la metodologia speditiva GNDT con l'ausilio di semplici schede di rilievo e quindi con una ridotta quantità di dati e complessità di calcolo, risultano, in termini di classificazione della vulnerabilità opportunamente modificata, leggermente differenti ma comunque validi rispetto a quelli ottenuti con l'analisi globale condotta con l'ausilio del software 3Muri.

Infatti la scuola G.Mazza risulta la più vulnerabile e la scuola N.Sauro la meno per entrambi i metodi confrontati mentre il gruppo di scuole intermedio: Campanariello, Chiazzolelle e G.Orsi anche se disposte diversamente rispetto a 3Muri hanno valori dell'indice di vulnerabilità compreso in un intervallo di vulnerabilità abbastanza prossimo rispetto ad entrambe le metodologie. La differenza sostanziale è che le analisi condotte con 3Muri non risultano verificate (le scuole analizzate quindi risultano tutte vulnerabili) mentre per la scheda GNDT II solo la scuola N.Sauro ha livello medio di vulnerabilità e tutte le altre sono altamente suscettibili di danno sotto sisma.

Pertanto prende in esame unicamente i meccanismi di collasso per azioni nel piano (plasticizzazione e rottura per taglio e/o pressoflessione dei maschi murari sollecitati nel proprio piano) determinando il taglio complessivo portato dalla struttura.

Considerando che la scuola N.Sauro presenta tutte le peculiarità del metodo, la classifica di vulnerabilità risulta sostanzialmente differente rispetto alle altre. Infatti la scuola G.Mazza

Il metodo VM non considera la presenza contemporanea di solai di differente tipologia ad uno stesso livello dell'edificio. Pertanto, per la scuola G.Mazza, nella quale è presente un corridoio con volte a crociera, le analisi con VM sono state effettuate considerando esclusivamente solai piani. Ciò tende a sottostimare la reale vulnerabilità delle strutture, condizionata negativamente dalla presenza di orizzontamenti spingenti come le volte, che risultano peraltro caratterizzate anche da carichi permanenti elevati.

La metodologia meccanica semplificata FaMIVE esegue l'analisi statica equivalente delle singole facciate in termini di verifica dei meccanismi di collasso delle murature fuori e nel piano ed assegna una classe di vulnerabilità tenendo conto della capacità a taglio e

dell'estensione del danno della parete interessata dal meccanismo più gravoso. Pertanto risulta il metodo semplificato più completo fra le metodologie esaminate.

I risultati ottenuti si dividono in due gruppi:

- *Meccanismi fuori piano*

La scuola G.Mazza risulta estremamente vulnerabile e la scuola N.Sauro mediamente vulnerabile, ordinamento in accordo con l'analisi globale con 3Muri. Questa classificazione risulta quasi identica a quella ottenuta con l'ausilio della scheda GNDT II.

- *Meccanismi nel piano*

La scuola Campanariello e la scuola G.Orsi risultano la più e la meno vulnerabile,rispettivamente. I risultati ottenuti forniscono livello di vulnerabilità alto per tutte le scuole, tranne che per la Campanariello che risulta estremamente vulnerabile. Pertanto sebbene l'ordine nella classifica di vulnerabilità rispetto a quello 3Muri, il risultato ottenuto è simile.

5.7. INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO

L'analisi delle verifiche condotte mediante il software 3MURI ha mostrato che tutti gli edifici scolastici esaminati presentano un elevato grado di vulnerabilità alle azioni sismiche (Tabella 275). Pertanto, al fine di garantire il soddisfacimento di tali verifiche, sono stati definiti interventi di consolidamento sismico sulle strutture oggetto di studio, la cui efficacia è stata verificata numericamente mediante software 3Muri.

Tali interventi consistono in un intervento di irrigidimento dei solai tramite la realizzazione di una soletta collaborante e la realizzazione di cordoli perimetrali in c.a. ad ogni piano con lo scopo di dotare le strutture di un comportamento scatolare.

Tabella 275: Analisi push-over più gravose mediante software 3Muri per le cinque strutture

SCUOLE	Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV
G.Mazza	15	-X	1° modo	175.60	5.27	3.06	3.01	No	1.72
N.Sauro	18	+Y	Masse	-368.00	1.49	1.29	2.78	No	1.16
Campanariello	21	-Y	Masse	195.50	1.09	0.84	2.47	No	1.30
Chiazolelle	9	+X	Masse	87.50	0.95	0.80	2.15	No	1.19
G.Orsi	9	+X	Masse	68	1.31	0.84	2.81	No	1.56

In Tabella 276 si riportano i risultati delle verifiche per la scuola G.Mazza. Vengono esaminati i contributi migliorativi in termini di indice di vulnerabilità relativi ad i diversi sistemi di adeguamento impiegati.

Tabella 276: Analisi più gravosa non verificata con diversi interventi di adeguamento scuola G.Mazza.

SCUOLA	Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV
					<i>Condizione attuale</i>				
					5.27	3.06	3.01	No	1.72
					<i>Soletta ammassata nella muratura perimetrale</i>				
					5.04	4.86	3.16	No	1.04
					<i>Cordoli perimetrali</i>				
G.Mazza	15	-X	1° modo	175.60	4.26	5.00	3.72	No	0.85
					<i>Soletta e Cordoli perimetrali</i>				
					4.42	4.95	3.37	No	0.89
					<i>Soletta Cordoli perimetrali Incatenamento volte</i>				
					3.413	6.128	2.77	Sì	0.56

In particolare, considerando la presenza della soletta collaborante in c.a. si nota un netto miglioramento dell'indice di vulnerabilità (1.04) rispetto alla situazione originaria (1.72). Tuttavia, tale intervento, sebbene risulti efficace, fornisce un valore della duttilità strutturale non accettabile, in quanto $q^* = 3.16 > 3$, che rappresenta il limite normativo per tener conto dell'elevata fragilità delle strutture in muratura.

Successivamente è stata valutata l'efficacia dell'intervento di inserimento di cordoli perimetrali in c.a. avente base pari alla larghezza della muratura ed altezza di 30 cm, armati con 3 $\Phi 14$ superiormente ed inferiormente con staffe $\Phi 8$ aventi passo di 20cm. Si nota che il comportamento della struttura in termini di spostamento ultimo, e quindi della corrispondente vulnerabilità, risulta migliorato, mentre la verifica del fattore di struttura non risulta soddisfatta, essendo $q^* = 3.72 > 3$.

Considerando infine entrambi gli interventi si ha una condizione analoga alla precedente in termini di indice di vulnerabilità, ma una riduzione significativa del fattore di struttura.

Infine, data la presenza di un corridoio coperto da volte a crociera, si considera come ulteriore intervento di adeguamento la messa in opera di catene capaci di assorbirne la spinta. In questo caso le verifiche risultano entrambe soddisfatte. In definitiva, per ridurre la vulnerabilità dell'edificio G.Mazza sarà necessario (Figura 225):

- irrigidire i solai di ogni livello con l'esecuzione di una soletta in c.a. ammortata nella muratura perimetrale;
- eseguire cordoli perimetrali in c.a. per ogni piano;
- eliminare la spinta esercitata dalle volte mediante la messa in opera di catene.

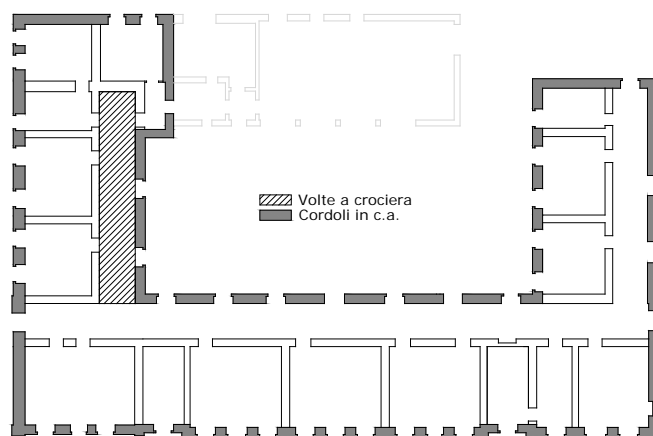


Figura 225: Adeguamento scuola G.Mazza pianta pano terra

Analizzando invece i risultati per la scuola N.Sauro, già dotata di cordoli perimetrali in c.a. e soletta collaborante, si nota che essa risulta la scuola meno vulnerabile. Ne deriva che non saranno considerati ulteriori interventi di adeguamento sismico globale, ma saranno effettuati solamente interventi locali di rinforzo atti ad incrementare la capacità portante delle pareti murarie in condizioni di crisi. Tali interventi, che consistono nell'incrementare lo spessore delle suddette murature di 20cm al piano terra e di 10cm al primo piano, sono evidenziati in Figura 226

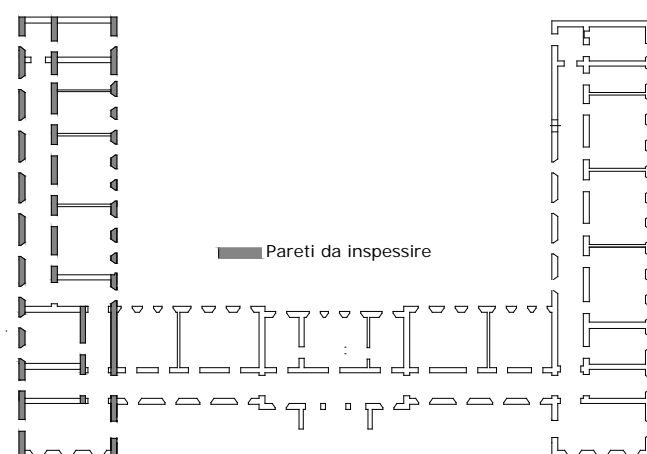


Figura 226:Adeguamento scuola N.Sauro pianta piano terra

In Tabella 277 si riporta l'esito della verifica condotta sulla scuola N.Sauro a seguito del suddetto adeguamento.

Tabella 277: Analisi più gravosa non verificata con intervento di adeguamento pareti scuola N.Sauro

SCUOLA	Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV
<i>Condizione attuale</i>									
N.Sauro	18.00	+Y	Masse	-368.00	1.49	1.29	2.78	No	1.16
<i>Incrementi locali di inspessimento murature</i>									
					1.45	1.64	2.51	Sì	0.89

Infine, per l'adeguamento degli altri tre edifici scolastici, si considera l'intervento rappresentato dalla realizzazione di una soletta in c.a. ammorsata nella muratura perimetrale. Le nuove verifiche di vulnerabilità sismica risultano tutte soddisfatte, come mostrato in Tabella 278.

Tabella 278: Analisi più gravosa non verificata con intervento di adeguamento solai scuole
Campanariello, Chiazzolelle e G.Orsi

SCUOLA	Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV
<i>Condizione attuale</i>									
Campanariello	21	-Y	Masse	195.5	1.094	0.844	2.472	No	1.30
<i>Soletta ammorsata nella muratura perimetrale</i>									
					0.61	1.17	1.77	Sì	0.52
SCUOLA	Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV
<i>Condizione attuale</i>									
Chiazzolelle	9	+X	Masse	87.5	0.95	0.8	2.15	No	1.19
<i>Soletta ammorsata nella muratura perimetrale</i>									
					0.82	1.50	1.68	Sì	0.55
SCUOLA	Analisi Nr.	Direzione Sisma	Carico Sismico Proporzionale	Eccentricità cm	D_{max} SLV cm	D_u SLV cm	q^*SLV	Verifica SLV NTC 2008	D_{max}/D_u SLV
<i>Condizione attuale</i>									
G.Orsi	9	+X	Masse	67.6	1.31	0.84	2.81	No	1.56
<i>Soletta ammorsata nella muratura perimetrale</i>									
					1.22	1.86	1.98	Sì	0.66

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha avuto come oggetto la validazione di più metodologie che consentono di valutare la vulnerabilità sismica di edifici in muratura.

Sulla base di tali obiettivi, analisi meccaniche e metodi speditivi, sono stati applicate a cinque edifici scolastici in muratura del comune di Torre del Greco al fine definirne il grado di vulnerabilità di effettuare un confronto tra i risultati.

Il metodo GNDT fornisce una buona previsione del comportamento nel piano degli edifici esaminati sebbene non indichi le carenze strutturali, da investigare mediante analisi più sofisticate.

Contrariamente, il metodo VM non riesce a cogliere bene le reali vulnerabilità, in quanto può ritenersi valido solo se vengono rispettate le ipotesi di buon collegamento tra le pareti e la presenza di cordoli o catene.

Infine il metodo FaMIVE appare il migliore fra quelli esaminati considerando le analisi di vulnerabilità strutturali sia nel piano che fuori piano fornendo una sufficiente previsione di comportamento nel primo caso ed un'ottima analisi di vulnerabilità nel secondo.

In conclusione il metodo 3Muri risulta sicuramente il più affidabile nel valutare il comportamento strutturale nel piano, essendo il metodo più complesso, ma deve essere necessariamente affiancato da una metodologia che analizza il comportamento fuori piano delle pareti al fine di fornire un'analisi completa degli edifici in zona sismica.

I risultati ottenuti mostrano come le quattro metodologie, pur a partire dalle medesime condizioni iniziali, per la stessa costruzione forniscono valori dei parametri fondamentali di risposta che si discostano anche in termini di classificazione della vulnerabilità.

Infine in Tabella 279 si riporta un riepilogo delle caratteristiche generali delle metodologie applicate con un giudizio sull'affidabilità dei risultati.

Tabella 279: Riepilogo Caratteristiche generali metodologie applicate.

<i>Metodologia</i>	<i>Analisi</i>	<i>Meccanismi di collasso</i>	<i>Impiego</i>	<i>Raccolta dati compilazione</i>	<i>Onere computazionale</i>	<i>Risultati</i>	<i>Affidabilità</i>
GNDT II	<i>Scheda di rilievo</i>	<i>nel piano</i>	<i>Singolo piano</i>	<i>ridotta</i>	<i>Basso</i>	<i>Indice di vulnerabilità</i>	<i>Media</i>
VM	<i>Statica lineare</i>	<i>nel piano</i>	<i>Intera struttura</i>	<i>completa</i>	<i>Medio</i>	<i>PGA della struttura</i>	<i>Bassa</i>
FaMIVE	<i>Statica equivalent</i>	<i>fuori piano nel piano</i>	<i>Singola facciata</i>	<i>ridotta</i>	<i>Medio</i>	<i>Indice di vulnerabilità</i>	<i>Alta Media</i>
3Muri	<i>Statica non</i>	<i>nel piano</i>	<i>Intera struttura</i>	<i>completa</i>	<i>Elevato</i>	<i>Spostamenti ultimi</i>	<i>Alta</i>

BIBLIOGRAFIA

Augenti Nicola: *Il calcolo sismico degli edifici in muratura*, UTET 2004.

Baggio Carlo e Carocci Caterina: *Valutazione della qualità meccanica delle murature*

Beolchini G.C., Milano L., Antonacci E.: *Definizione di modelli per l'analisi strutturale degli edifici in muratura*, Università degli studi di l'Aquila, CNR.

Bernardini A., Valluzzi, .M.R Modena C., D'Ayala D., Speranza E.: *Vulnerability assessment of the historical masonry building typologies of Vittorio Veneto*, Dipartimento di Costruzioni e Trasporti Università di Padova, Dipartimento di Architettura e Ingegneria Civile Università di Bath UK.

Bernardini A., D'Ayala D., Modena C., Speranza E., Valluzzi M.R.: *Analisi di vulnerabilità sismica dei centri storici di Vittorio Veneto mediante procedure di macromodellazione strutturale GNDT2004*.

Boeri Andrea: *Pietre naturali nelle costruzioni* Hoepli 1996.

Calderoni: *Il materiale "muratura" Valutazione delle caratteristiche meccaniche* D.A.P.S. Università di Napoli Federico II.

Cattari S., Curti E., Giovinazzi S., Lagomarsino S., Parodi S., Penna A.: *Un modello meccanico per l'analisi di vulnerabilità del costruito in muratura a scala urbana*, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Genova, Italia European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering, Pavia, Italia.

Cattari S., Galasco A. e Lagomarsino S., Penna A.: *Analisi non lineare di edifici in muratura con il programma Tremuri*.

D'Ayala Dina: Analisi di vulnerabilità sismica degli edifici storici Dipartimento di Architettura e Ingegneria Civile Università di Bath UK.

D'Ayala Dina, Speranza E.: *An integrated procedure for the assessment of seismic vulnerability of historic buildings* Dipartimento di Architettura e Ingegneria Civile Università di Bath UK.

D'Ayala Dina: *Force and Displacement Based Vulnerability Assessment for Traditional Buildings* 2005.

Dolce M., Liberatore D., Masi A., Moroni C., Ponso F.C., Di Cesare A., Mossucca A.: *Applicazione delle procedure VC e VM agli edifici scolastici della provincia di Potenza per le valutazioni di vulnerabilità e rischio sismico*, Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria, Università degli Studi della Basilicata, Potenza 2005.

Dolce M., Moroni C.: *La valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico degli edifici pubblici mediante le procedure VC (vulnerabilità c.a.) e VM (vulnerabilità muratura)*, Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria, Università degli Studi della Basilicata, Potenza.

Dolce, Zuccaro: *Modello di caratterizzazione tipologica a scala nazionale GNDT*.

Formisano A., Florio G., Landolfo R., Mazzolani F.M.: *Un metodo per la valutazione della vulnerabilità sismica degli aggregati storici*, Atti del Workshop Wondermasonry, Design for Rehabilitation of Masonry Structures Ischia 2009.

Lagomarsino Sergio: *Metodologie per il rilievo del danno sismico e programmazione degli interventi di recupero*, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica Università di Genova.

Magenes G., Bolognini D., Braggio C.: *Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura*, CNR Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti Roma, 2000.

Milano L., Mannella A., Morisi C., Martinelli A.: *Schede illustrative dei principali meccanismi di collasso locali negli edifici esistenti in muratura e dei relativi modelli cinematici di analisi*, Protezione Civile Nazionale, RELUIS 2009.

Macchi G., Magenes G. : *Le strutture in muratura*.

GNDT *Manuale per la compilazione della Scheda GNDT/CNR di II livello*.

GNDT, *Mitigazione del rischio sismico dei centri storici e degli edifici di culto dell'area del Matese nella Regione Molise*.

Papa F., Zuccaro G., Medea: *A Multimedia and didactic handbook for seismic damage evaluation*, Dipartimento della Protezione Civile, Ufficio Servizio Sismico Nazionale Università di Napoli, Dipartimento di Scienza delle Costruzioni.

Paquette Jocelyn, Bruneau Michel, Asce M., Brzev Svetlana: *Seismic Testing of Repaired Unreinforced Masonry Building having Flexible Diaphragm* 2004

Zuccaro Giulio: Progetto: *SAVE Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità Sismica del Patrimonio Edilizio e dei Sistemi Urbani*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, GNDT Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Dipartimento della Protezione Civile, Centro Interdipartimentale di Ricerca LUPT, Università degli Studi di Napoli "Federico II" Napoli, 2004.

Ringraziamenti

Questo lavoro di tesi sarebbe incompleto senza doverosi ringraziamenti.

Ringrazio innanzitutto il prof. F.M. Mazzolani per avermi dato la possibilità di studiare un argomento di grande fascino, l'ing. A. Formisano per la costante guida nel corso del lavoro.

Un grande grazie va ai miei genitori per aver appoggiato le mie scelte ed essermi stati vicini sempre, grazie ad Antonella e a tutti i miei amici che con i loro consigli, le loro esperienze e il loro affetto mi hanno sostenuto in questo cammino.

Alfredo