



# Classificazione degli edifici scolastici in muratura in Friuli-Venezia Giulia, finalizzata alla costruzione di modelli di rischio

Gattesco Natalino<sup>a</sup>, Boem Ingrid<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Dipartimento di Ingegneria e Architettura, piazzale Europa n.1, 34127 Trieste, Italy*

*Keywords: Seismic vulnerability, earthquake damage; post earthquake investigation, masonry buildings.*

## ABSTRACT

Nell'articolo viene proposta una classificazione tipologica degli edifici scolastici in muratura in Friuli-Venezia Giulia. A tal fine, sono stati innanzitutto analizzati i dati contenuti nell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica della Regione, per poter fare delle valutazioni statistiche sulla consistenza di tali edifici, in particolare in riferimento all'epoca di costruzione, al numero di piani, alla superficie coperta, al volume lordo, alla tipologia degli orizzontamenti e delle strutture verticali, alla strategia ed epoca di intervento. È stata poi concentrata l'attenzione su un campione rappresentativo di edifici (circa settanta), per i quali si dispone di informazioni più approfondite sulle caratteristiche strutturali, compresa una valutazione speditiva di vulnerabilità. Analizzando le numerose informazioni a disposizione su questo "gruppo campione", è stato possibile individuare delle categorie omogenee per epoca di costruzione e caratteristiche dimensionali e proporzionali. Sono stati inoltre individuati i principali parametri che, all'interno di una categoria, possono influire sulla risposta sismica.

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della determinazione su larga scala del grado di sicurezza sismica del costruito (e.g. Bernardini, 2000; Cattari et al., 2004; Borzi et al., 2011; Vicente et al., 2014; Formisano et al., 2015; Lagomarsino et al., 2019), gli edifici scolastici della Regione Friuli-Venezia Giulia sono in passato già stati oggetto di uno studio mirato a stabilirne la priorità di intervento ai fini dell'adeguamento o del miglioramento sismico (Progetto ASSESS – 2008-2011 – Grimaz et al. 2016). In tale occasione, è stata svolta un'estesa ricerca documentale presso gli Uffici Pubblici, che ha permesso di definire le principali caratteristiche dei manufatti (informazioni reperite nell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica FVG - L.11.01.1996, n.23, dati catastali, indicazioni tipologiche di base). Su un totale di 1022 complessi scolastici, circa il 40% risulta avere una struttura in muratura costruita, in buon parte, in siti non classificati come sismici al momento della costruzione. Tra queste, è stato selezionato un campione di circa 70 scuole per le quali sono stati analizzati nel dettaglio gli elaborati strutturali, ove disponibili, o sono stati condotti dei sopralluoghi che hanno permesso di identificare

con accuratezza le unità, il numero di piani, le planimetrie, la tipologia strutturale, le caratteristiche di elementi verticali, orizzontamenti e fondazioni, la tipologia di materiali, eventuali criticità legate ad elementi non strutturali. Per tali edifici sono state condotte delle valutazioni speditive di vulnerabilità globale mediante il metodo Firststep-M (Gattesco et al., 2011; Gattesco et al., 2014) nonché valutazioni di vulnerabilità associata ai meccanismi locali mediante analisi cinematica lineare. L'attendibilità della valutazione speditiva è stata validata mediante confronto con i risultati di analisi globali *pushover* (modello a telaio equivalente e cerniere plastiche) condotte su 5 casi studio.

Nell'articolo, questo ampio database di dati a disposizione sugli edifici scolastici in muratura viene analizzato criticamente con lo scopo di identificare delle classi tipologiche omogenee. Viene pertanto fornito un quadro d'insieme, con un'indicazione della variabilità dei principali parametri all'interno delle differenti tipologie e l'individuazione dei principali parametri che possono influire sulla risposta sismica.

## 2 NORMATIVA E CLASSIFICAZIONE SISMICA IN FVG

Nel corso degli ultimi cent'anni, la progettazione di edifici in zona sismica ha subito, con l'evoluzione normativa (Augenti e Parisi, 2019), significative variazioni nelle metodologie di calcolo, passando da una valutazione per forze orizzontali costanti, frazione dei carichi gravitazionali (R.D. 03.04.1930) ad una progettazione per azioni crescenti lungo l'altezza, la cui risultante è determinata dal prodotto della massa per l'accelerazione spettrale di progetto (NTC2008 e 2018). Anche i metodi di verifica si sono evoluti dal rispetto di semplici regole dimensionali, passando per i metodi VET e POR, fino ai modelli a telaio equivalente.

In riferimento all'area interessata dallo studio, i capisaldi normativi riguardano:

- L.R. n.30, 20.06.1977 (adeguamento sismico degli edifici danneggiati dal sisma e rispetto di regole dimensionali per le costruzioni nuove);
- D.M. 16.01.1996 (valutazioni quantitative della resistenza sismica anche per le nuove costruzioni);
- O.P.C.M. n.3274, 20.03.2003;
- D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.02.2018.

La classificazione sismica del Friuli - Venezia Giulia ha avuto inizio negli anni Trenta, in conseguenza a due violenti terremoti (Carnia, 27.03.1928 e Alpi-Cansiglio, 18.10.1936) - Figura 1a. È stata poi completamente rivista dopo il grave sisma del 1976 (Friuli, 06.05 e 15.09) e progressivamente aggiornata fino al 1984 (DMLP 14.07.1984), con l'individuazione di tre categorie di pericolosità sismica (Figura 1b). In Tabella 1 sono indicati i valori di accelerazione al suolo equivalente alle precedenti categorie riportate nelle normative storiche. Dal 2003 (O.P.C.M. n.3274) il territorio è stato suddiviso in 4 zone. Attualmente la classificazione è puntuale, con riferimento ad una griglia di punti; comunque, in regione non vi sono più siti riconducibili alla zona 4 (Figura 1c).

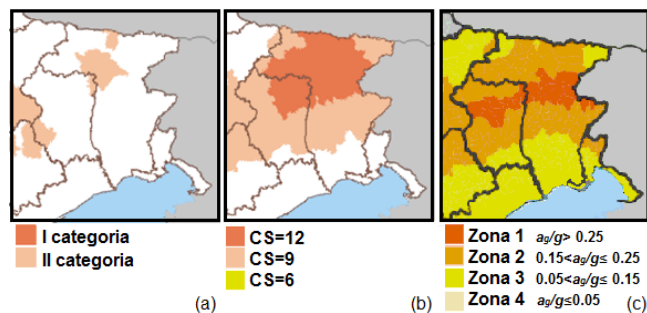


Figura 1. Evoluzione della classificazione sismica del territorio FVG.

Tabella 1. Riassunto delle accelerazioni equivalenti nelle normative storiche.

Tipologia intervento	Anno	Categoria sismica	Tipologia edificio			
			regolare in elevazione		non regolare in elevazione	
			1 piano	più piani	1 piano	più piani
			$a_g/g$	$a_g/g$	$a_g/g$	$a_g/g$
ADEGUAMENTO VECCHI EDIFICI	1977	1	0,160	0,206	0,128	0,165
		2	0,123	0,158	0,099	0,127
	1986	1 (S=12)	0,224	0,288	0,179	0,230
		2 (S=9)	0,157	0,202	0,125	0,161
		3 (S=6)	0,090	0,115	0,072	0,092
	1996	1 (S=12)	0,224	0,288	0,179	0,230
		2 (S=9)	0,157	0,202	0,125	0,161
		3 (S=6)	0,090	0,115	0,072	0,092
	NUOVI EDIFICI	1996	1 (S=12)	0,336	0,432	0,252
2 (S=9)			0,235	0,302	0,176	0,227
3 (S=6)			0,134	0,173	0,101	0,130

## 3 ANALISI DEI DATI AES FVG

L'Anagrafe Nazionale dell'Edilizia Scolastica è stata commissionata dal Ministero alle Regioni a seguito della Legge n.23, 11.01.1996 in materia di "Norme per l'edilizia scolastica" con lo scopo di verificare le caratteristiche e lo stato dell'edilizia scolastica esistente e provvedere, con il supporto degli enti locali, al mantenimento del patrimonio nazionale. L'Anagrafe è divisa in due schede: il questionario per sede scolastica (che raccoglie informazioni sulle unità scolastiche) e il questionario per edificio (che raccoglie informazioni sulle strutture adibite ad uso scolastico). A ciascuna sede scolastica e a ciascun edificio è stato attribuito un codice: nel primo caso si tratta del codice MIUR, nel secondo di un codice alfanumerico composto dalla sigla provinciale seguita da sei cifre identificative.

I sopralluoghi tecnici nella Regione Friuli - Venezia Giulia sono iniziati nel febbraio 2005 e terminati nel dicembre 2007, con un totale di 1022 edifici scolastici. Il 38.6% è risultato essere in muratura (Tabella 2), con una maggiore incidenza percentuale, rispetto alle altre tipologie, nelle province di Trieste e Gorizia.

Tabella 2. Valutazione sulla tipologia delle strutture verticali

	Muratura	C.a.	Misto c.a.-mur	Prefabbr.	Acciaio	Altro
Tutta la Regione	38.6%	33.8%	9.4%	8.3%	1.6%	5.5%
Provincia di GO	58.4%	27.5%	6.7%	6.0%	0.0%	0.7%
Provincia di PN	32.3%	47.3%	7.1%	7.5%	2.2%	3.1%
Provincia di TS	74.8%	14.6%	4.1%	0.8%	0.0%	2.4%
Provincia di UD	27.1%	34.2%	12.4%	11.1%	2.1%	8.6%

La distribuzione degli edifici scolastici in muratura è illustrata sulla mappa di Figura 2. La maggior parte risulta collocata in zona sismica 2 o 3 (96% - Figura 2). La ridotta quantità di edifici in muratura ricadenti in zona 1 (4%) è diretta conseguenza del violento sisma del '76, che ha provocato il collasso o il grave danneggiamento di

gran parte di queste strutture, in seguito sostituite con complessi scolastici di altre tipologie (prevalentemente c.a.).

L'87% circa degli edifici scolastici in muratura è infatti stata costruita prima del 1976, in prevalenza tra il secondo Dopoguerra e la metà degli anni Settanta (Figura 3a). Dal raffronto tra la mappa di classificazione sismica relativa a tale epoca e quella attuale (Figura 1) si evidenzia che buona parte di queste strutture attualmente ricadenti in siti classificati come sismici non era stata progettata per resistere ai carichi orizzontali.

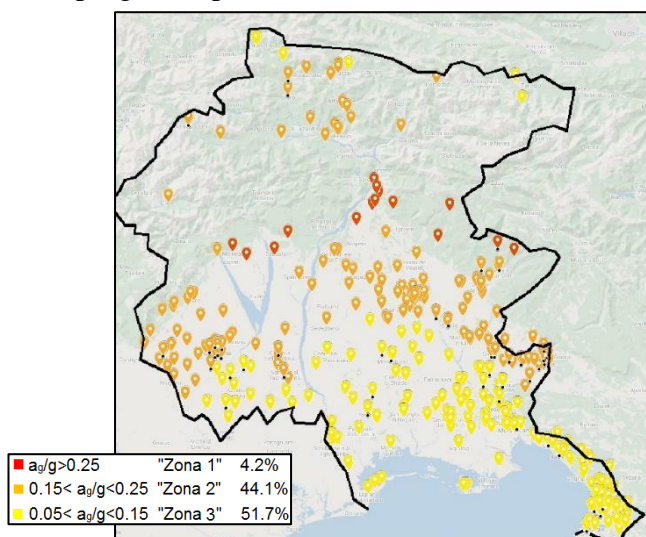


Figura 2. Distribuzione degli edifici scolastici in muratura; i pallini neri indicano gli edifici per cui è stata condotta una valutazione della vulnerabilità con metodo Firststep-M.

La metà degli edifici è costituita da 2 piani fuori terra, mentre quelli da un piano e da 3 piani risultano, rispettivamente, il 24% e il 17%. Edifici con un numero più elevato di piani costituiscono sporadiche eccezioni, collocate nei centri urbani più popolosi della Regione (per lo più nella città di Trieste). In termini di dimensioni, il 60% degli edifici presenta meno di 1000 m<sup>2</sup> di superficie coperta e un volume lordo inferiore a 8000 m<sup>3</sup>.

I solai in latero-cemento risultano la tipologia di orizzontamento di gran lunga più diffusa (73%), seguita dai solai lignei (12%) o dalla compresenza di più tipologie (7%). In riferimento alla tipologia muraria degli elementi portanti, l'85% degli edifici risulta classificata con la dicitura "muratura portante", mentre solo il restante 15% risulta in pietra naturale, in bocchi di calcestruzzo o di tipologia mista. Il dato è tuttavia di ambigua interpretazione poiché, da una prima verifica a campione, è stato constatato che nella prima categoria rientrano non solo le murature in laterizio (pieno o forato), ma anche la generica muratura per la quale il compilatore non ha identificato con precisione la tipologia.

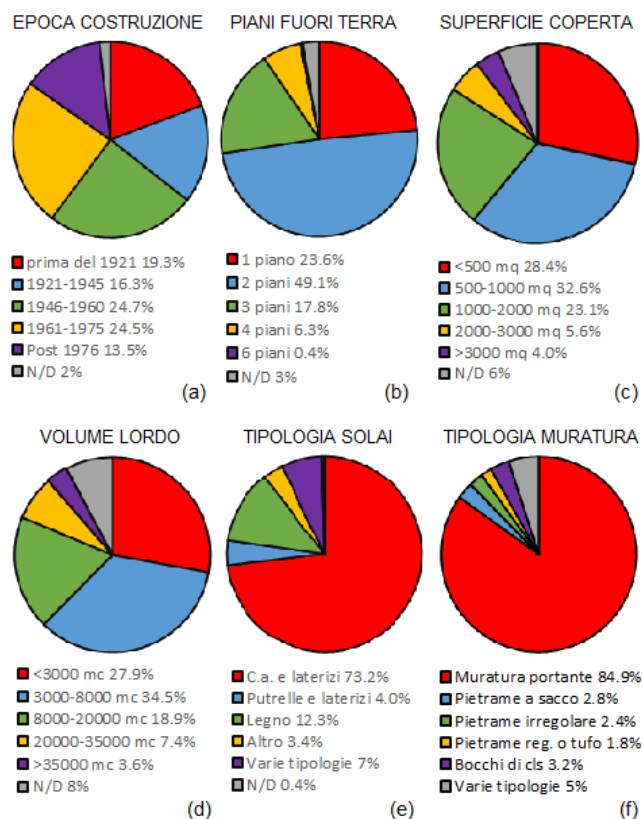


Figura 3. Edifici scolastici in muratura: (a) epoca di costruzione, (b) numero di piani, (c) superficie coperta, (d) volume lordo, (e) tipologia di orizzontamenti e (f) struttura verticale.

Esaminando le informazioni relative a trasformazioni successive alla costruzione (Figura 4), risulta che il 70% delle strutture è stato interessato da interventi di varia natura, riguardanti prevalentemente manutenzione straordinaria (41%), ma anche di ampliamento (25%), ristrutturazione (23%), restauro integrale (4%) e sopraelevazione (3%). Tali interventi risalgono, in prevalenza, al periodo 1976-2003 (circa 2 su 3) e il 47% di essi risulta progettato in conformità alla legge antisismica.

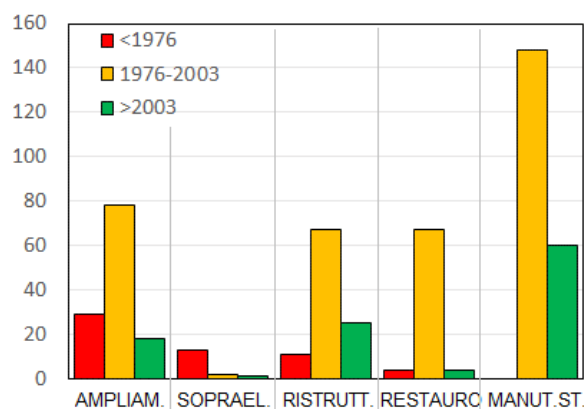


Figura 4. Interventi successivi alla costruzione.



## 4 CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA

Un selezionato campione, di circa 70 edifici (indicati in Figura 2 con un pallino nero), è stato analizzato più nel dettaglio: sono stati per essi reperiti e consultati gli elaborati strutturali, ove disponibili, o sono stati condotti dei sopralluoghi che hanno permesso di identificare con accuratezza le unità, il numero di piani, le geometrie, la tipologia strutturale, le caratteristiche di elementi verticali e orizzontali.

Analizzando e confrontando questi dati, è stato possibile definire un primo raggruppamento per classi tipologiche, 6 in tutto, riassunte in Tabella 3 e di seguito descritte più nel dettaglio, con qualche illustrazione di esempio.

Tabella 3. Principali caratteristiche identificative delle categorie individuate.

Tipo	Epoca di costruzione	N° piani fuori terra	Rapporto lati pianta	Area in pianta
1	'50-'70	1	>1:2	450-700 m <sup>2</sup>
2	'60-70	2	>1:2	300-800 m <sup>2</sup>
3	<1945	2-3	>1:3	300-550 m <sup>2</sup>
4	'45-'60	2-3	tra 1:4 e 1:3	300-550 m <sup>2</sup>
5	1900-1925	3-4	< 1:4	900-1800 m <sup>2</sup>
6	<1950	2-5	pianta a "C", "L" o a corte	1200-2300 m <sup>2</sup>

### 4.1 Tipologia 1

Si tratta di edifici ad un piano fuori terra, solitamente adibiti a Scuola dell'Infanzia, costruiti prevalentemente tra gli anni '50 e '70. Occupano un'area tra i 450 e i 700 m<sup>2</sup>, con una pianta inscritta in un rettangolo con rapporto tra i lati maggiore di 1:2 in cui le aule sono organizzate attorno a uno spazio comune centrale. Le pareti sono in mattoni semipieni doppio uni (spessore 25-38 cm) e i solai in latero-cemento; le finestre sono diffuse, di ampie dimensioni. Si riscontrano modeste irregolarità in pianta e in altezza.



Figura 5. Esempio di edificio scolastico di tipologia 1.

### 4.2 Tipologia 2

Rientrano in questa tipologia edifici a 2 piani fuori terra, risalenti agli anni '60 e '70, usualmente adibiti a Scuola Primaria. Presentano una pianta inscritta in un rettangolo con rapporto tra i lati maggiore di 1:2, con un'area dai 300 agli 800 m<sup>2</sup> dove le aule sono organizzate attorno a uno spazio centrale comune.

Le pareti sono in mattoni pieni di spessore variabile dai 25 ai 51 cm ed è frequente anche la compresenza di pilastri in c.a. I solai sono in latero-cemento; le finestre sono abbastanza diffuse ma regolari. Le irregolarità in pianta e/o in altezza sono di modesta entità.



Figura 6. Esempio di edificio scolastico di tipologia 2.

### 4.3 Tipologia 3

Si tratta di edifici a 2 o 3 piani fuori terra, realizzati prima del 1945 che ospitano frequentemente Scuole Primarie o Medie. Sono caratterizzate da una pianta compatta inscritta in un rettangolo con rapporto tra i lati maggiore di 1:3, con un'area dai 300 ai 550 m<sup>2</sup>. Le aule sono organizzate con regolarità attorno a uno spazio distributivo centrale o ad un corridoio.

Le pareti sono in pietrame a spacco (spessore 45-60 cm negli edifici a 2 piani, 85-100 cm in quelli a 3 piani), a sacco (55-75 cm negli edifici a 2 piani) o in mattoni pieni (spessore 38-51 cm). I solai di piano sono in latero-cemento con orditura trasversale, mentre i solai di copertura sono spesso in legno. Le finestre sono regolari e di dimensioni contenute. Le irregolarità in pianta e/o in altezza sono limitate.

Si riscontrano spesso complessi scolastici formati da due o tre edifici di questo tipo, strutturalmente indipendenti.



Figura 7. Esempio di edificio scolastico di tipologia 3.

#### 4.4 Tipologia 4

Fanno parte di questa tipologia gli edifici a 2-3 piani fuori terra, risalenti a periodo 1945-1960, solitamente sede di Scuola Primaria o Media. Presentano una pianta inscritta in un rettangolo con rapporto tra i lati compreso tra 1:3 e 1:4, con un'area dai 300 ai 550 m<sup>2</sup> e qualche irregolarità in pianta (spesso vano scala e/o blocco servizi). Le aule affacciano su un corridoio centrale, le finestrate sono regolari e di dimensione standard. Le strutture sono costituite solitamente da pareti in mattoni pieni (spessore 38-51 cm) o, talvolta, in mattoni semipieni doppio uni (25-38 cm), solai in latero-cemento orditi in direzione trasversale e, in qualche caso, solaio di copertura in legno.



Figura 8. Esempio di edificio scolastico di tipologia 2.

#### 4.5 Tipologia 5

Sono edifici a 3-4 piani fuori terra, solitamente Scuole Medie o Superiori, edificate nel periodo 1900-1925. Presentano una pianta marcatamente allungata (rapporto tra i lati inferiore a 1:4) e occupano un'area che va da 900 a 1800 m<sup>2</sup>, con le aule che affacciano su un lungo corridoio. Le pareti sono in mattoni pieni o in pietrame a spacco

(spessore 40-45 cm per edifici a 3 piani, 60-80 cm per 4 piani); i solai, orditi trasversalmente, sono in latero-cemento e il solaio di copertura è in legno. Le finestrate sono diffuse, ma regolari e di dimensione standard.

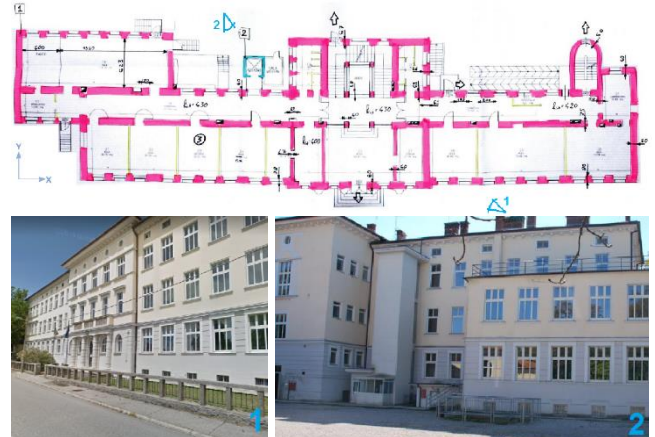


Figura 9. Esempio di edificio scolastico di tipologia 5.

#### 4.6 Tipologia 6

Rientrano in questa tipologia edifici da 2 a 5 piani fuori terra, realizzati prima degli anni '50, sedi di Scuola Primaria/Media/Superiore. Presentano una pianta marcatamente a "C", o con corte interna, di dimensioni 1200-2200 m<sup>2</sup> dove le aule, collocate sul lato esterno, affacciano sul corridoio che dà sul lato interno. Le strutture verticali sono in pietrame a spacco o in mattoni pieni, con spessore che va dai 45-50 cm (edifici a 2 piani) ai 75 cm (edifici a 5 piani). In genere, i solai sono in latero-cemento (o comunque assimilabili rigidi nel proprio piano) e spesso si combinano con un solaio di copertura ligneo; non mancano però casi con tutti i solai deformabili nel proprio piano. Le finestrate diffuse, regolari, di dimensione standard.

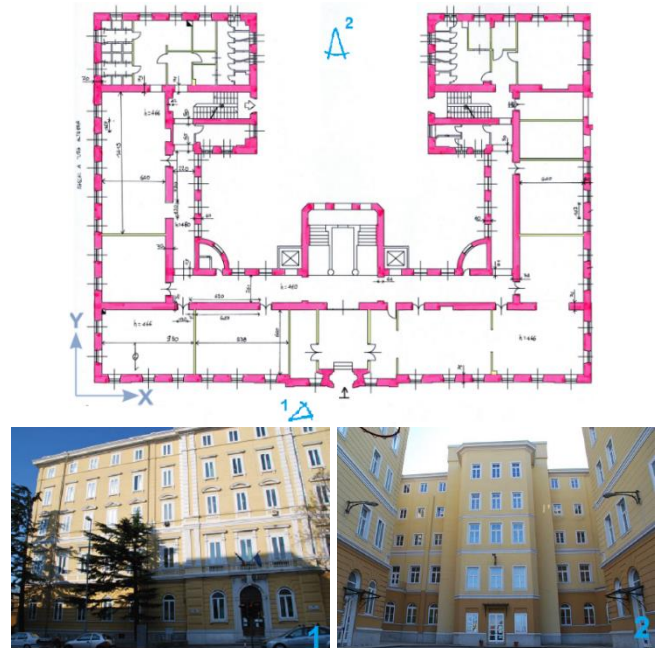


Figura 10. Esempio di edificio scolastico di tipologia 6.

## 5 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ

Raffrontando le caratteristiche dei campioni analizzati con i risultati delle valutazioni di resistenza sismica a disposizione, ottenuti dall'analisi globale (metodo Firststep-M globale – Gattesco et al. 2014) e dei meccanismi locali (metodo Firststep-M locale), viene fornita di seguito un'indicazione sulla vulnerabilità sismica delle differenti tipologie, individuandone le criticità tipiche e i principali parametri che possono modificarne la risposta sismica.

Si precisa che il metodo di analisi globale con programma Firststep-M si basa sulla valutazione dell'accelerazione resistente a partire dalla resistenza a taglio degli elementi al piano terra, con redistribuzione del taglio per tenere conto della duttilità. Esso consente di determinare in modo semplificato, attraverso l'inserimento di pochi dati relativi alla geometria del sistema resistente e dei materiali in opera, la resistenza dell'edificio, in termini di accelerazione resistente (PGA). La procedura permette di verificare sia strutture con solaio rigido (e.g. in latero-cemento), sia edifici con solai deformabili (e.g. in legno).

Un metodo di rilievo semplificato consente invece l'individuazione dei meccanismi di collasso locali più critici tra quelli suggeriti dagli abachi presenti nell'applicativo e la rapida valutazione del moltiplicatore di collasso (cinematica lineare). Tenendo conto della posizione in quota, viene quantificata la resistenza in termini di accelerazione al piede.

Tipologia 1: a livello di analisi globale, i valori di accelerazione resistente ottenuti con Firststep-M indicano sempre ottime prestazioni strutturali, pur risultando molto vari ( $0.22g \leq a_{g(Firststep)} \leq 0.49g$ , valore medio  $a_{g(Firststep)} = 0.33g$ , Cov  $\pm 30\%$ ). Tuttavia, la presenza di ampie forature può in qualche caso ridurre significativamente le prestazioni ( $a_{g(Firststep)} = 0.15-0.18g$ ) in assenza di adeguate pareti resistenti all'interno della struttura. La tipologia non presenta particolari criticità nei confronti di collassi locali fuori piano.

Tipologia 2: l'accelerazione resistente media è pari ad  $a_{g(Firststep)} = 0.14g$  (Cov 18%) per questa tipologia; non risulta interessata da particolari criticità locali.

Tipologia 3: le prestazioni globali si aggirano mediamente attorno ad  $a_{g(Firststep)} = 0.14g$  (Cov  $\pm 13\%$ ). Occorre tuttavia prendere in considerazione l'eventualità di collassi anticipati

per fenomeni di disgregazione nelle murature a spacco o a sacco. occorre tenere conto di possibili fenomeni di disgregazione che potrebbero ridurre significativamente le prestazioni. Collocandosi spesso in adiacenza a strutture simili, occorre sincerarsi dell'efficacia dei giunti sismici, per scongiurare fenomeni di martellamento che possono anticipare il collasso.

Tipologia 4: si riscontra in questa tipologia un indebolimento del sistema sismo-resistente in direzione Y, rispetto a quello in direzione X. Infatti, poiché i solai sono orditi in direzione trasversale, le pareti di spina in tale direzione hanno uno spessore ridotto e sono soggette a carichi verticali contenuti. Ne consegue che le prestazioni globali, in termini di valori medi di  $a_{g(Firststep)}$ , sono di 0.21g in direzione X (Cov  $\pm 16\%$ ) e di 0.12g in direzione Y (Cov  $\pm 18\%$ ). Data la forma in pianta, il comportamento delle strutture è influenzato da effetti torsionali; le criticità locali riguardano per lo più "effetti mensola" o "effetti tasca" delle murature all'ultimo piano (in presenza di solaio di copertura ligneo) o dei corpi scale annessi.

Tipologia 5: come per la 4, anche il comportamento globale per la tipologia 5 risente di uno sbilanciamento degli elementi sismo-resistenti nelle due direzioni. L'accelerazione resistente media  $a_{g(Firststep)}$  è infatti pari a 0.13g (Cov  $\pm 10\%$ ) in X e 0.10g (Cov  $\pm 20\%$ ) in Y. Le criticità connesse alla debolezza del sistema sismo-resistente in direzione Y e agli effetti torsionali risultano ancora più gravose in presenza di pianta estremamente allungata (rapporto tra i lati inferiore a 1:5), per cui si possono raggiungere valori di  $a_{g(Firststep)}$  molto bassi (0.05g). Non emergono invece significative criticità nei confronti di collassi locali.

Tipologia 6: l'accelerazione resistente media  $a_{g(Firststep)}$ , valutata con l'analisi globale si attesta attorno a 0.10g (Cov  $\pm 20\%$ ). Tipicamente, in direzione X  $a_{g(Firststep)}$  risulta circa l'80% di quella in direzione Y. La consistente irregolarità in pianta mobilita gli effetti torsionali. A livello di analisi globale, non appaiono significative differenze tra le strutture con solai rigidi e deformabili, per la distribuzione degli elementi resistenti. Tuttavia, in presenza di orizzontamenti deformabili, le pareti dei lunghi corridoi e quelle a doppia altezza dei corpi scale annessi sono vulnerabili nei confronti di collassi locali. Nel caso di murature in pietrame, occorre tenere in conto possibili fenomeni di disgregazione che potrebbero ridurre significativamente le prestazioni.



## 6 OSSERVAZIONI FINALI E CONCLUSIONI

Analizzando le informazioni a disposizione sul “gruppo campione”, sono state individuate sei categorie omogenee per epoca di costruzione e caratteristiche dimensionali e proporzionali. Dalle prime valutazioni condotte sulle caratteristiche di vulnerabilità di edifici appartenenti ad una stessa tipologia, emerge una discreta omogeneità anche in termini di risposta sismica (Figura 11).

Si osserva, inoltre, una risposta sismica marcatamente migliore per la tipologia 1 (monopiano), rispetto alle altre (multipiano) e una maggiore vulnerabilità delle strutture multipiano di grande volumetria ( $> 900 \text{ m}^2$ , tipologie 5 e 6), rispetto quelle di dimensioni più contenute ( $< 900 \text{ m}^2$ , tipologie 2, 3 e 4).

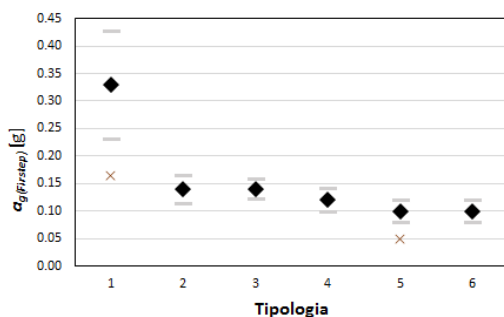


Figura 11. Valori medi di  $a_{g(Firststep)}$  e Cov per ciascuna tipologia.

Va osservato, tuttavia, che sono talvolta emerse delle criticità che riducono sensibilmente le prestazioni della singola struttura, rispetto quelle medie per la tipologia, ma che non sono prevedibili se non mediante l’osservazione della distribuzione degli elementi simo-resistenti. È quindi necessario disporre di informazioni sufficientemente robuste per una valutazione più verosimile e puntuale della vulnerabilità, attraverso parametri che non sono messi in evidenza nelle schede AES.

Il risultato è comunque un utile strumento preliminare per l’identificazione della consistenza del patrimonio edilizio scolastico finalizzato alla definizione di modelli di rischio applicabili su scala nazionale, in quanto mette in evidenza una prima corrispondenza tra tipologie di edilizia scolastica e vulnerabilità sismica.

Nella prosecuzione dello studio saranno effettuate delle verifiche a campione per valutare l’attendibilità di questa corrispondenza o eventualmente definire ulteriori tipologie.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il contributo finanziario del Dipartimento di Protezione Civile (Progetto Reluis 2019, WP4).

## BIBLIOGRAFIA

- Augenti, N., Parisi, F., 2019. Teoria e tecnica delle strutture in muratura: analisi e progettazione. Hoepli ed.
- Bernardini, A., 2000. La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.
- Borzi, B., Di Meo, A., Faravelli, M., Fiorini, E., Onida, M., 2011. Mappe di rischio sismico e scenario per gli edifici scolastici italiani, XIV Convegno ANIDIS. "L'Ingegneria Sismica in Italia", 18-22 sett., Bari, I.
- Cattari S., Curti E., Giovinazzi S., Lagomarsino S., Parodi S., 2004. Un modello meccanico per l’analisi di vulnerabilità del costruito in muratura a scala urbana. XI Convegno ANIDIS. "L'Ingegneria Sismica in Italia", 25-29 gennaio, Genova, I.
- D.M. 16/01/1996. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. Ministero LL.PP, Roma, I.
- Formisano, A., Florio, G., Landolfo, R., Mazzolani, F.M., 2015. Numerical calibration of an easy method for seismic behaviour assessment on large scale of masonry building aggregates. *Advances in Engineering Software* 80:116-138.
- Gattesco, N., Franceschinis, R., Zorzini, F., 2011. Metodologia per la stima della resistenza sismica degli edifici in muratura. XIV Convegno ANIDIS. "L'Ingegneria Sismica in Italia", 18-22 sett., Bari, I.
- Gattesco N., Franceschinis R., Zorzini F., 2014. Numerical procedure for the assessment of seismic vulnerability of masonry buildings. *International Journal of Building Sustainability and Secure*, 1(1): 35-53.
- Grimaz, S., Slejko, D., Cucchi, F., Barazza, F., Biolchi, S., Del Pin, E., Franceschinis, R., Garcia, J., Gattesco, N., Malisan, P., Moretti, A., Pipan, M., Prizzon, S., Rebez, A., Santulin, M., Zini, L., Zorzini, F., 2016. The ASSESS project: assessment for seismic risk reduction of school buildings in the Friuli Venezia Giulia region (NE Italy), *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 57(2):111-128.
- L.R. 20/06/1977, n. 30. Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici - Ulteriori norme integrative della legge regionale 7 giugno 1976, n. 17.
- O.P.C.M. 20/03/2003, n.3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- R.D.L. 03/04/1930, n. 682. Nuove norme tecniche ed igieniche per le località sismiche. G.U. Regno d'Italia 07/06/1930, n. 133.
- NTC2008, D.M. 14/01/08. Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni. M. delle Infrastrutture.
- NTC 2018, D.M. 17/01/18. Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni. MIT.
- Vicente, R., D’Ayala, D.F., T.M. Ferreira, Lagomarsino, S., 2014. Seismic Vulnerability and Risk Assessment of Historic Masonry Buildings. In: *Structural Rehabilitation of Old Buildings*. Springer Berlin Heidelberg.
- Lagomarsino, S., Cattari, S., Ottonelli, D., Giovinazzi S., 2019. Earthquake damage assessment of masonry churches: proposal for rapid and detailed forms and derivation of empirical vulnerability curves. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(6):3327–3364.