

**edilportale**<sup>®</sup>  
TOUR 2017

Ristrutturazione, riqualificazione  
energetica, comfort abitativo,  
adeguamento antisismico, BIM

**VELUX** Roofingreen **Logical**  
*soft*

Bolzano, 28 aprile 2017

**EFFICIENZA ENERGETICA E SISMICA:  
DUE ASPETTI INTEGRATI**

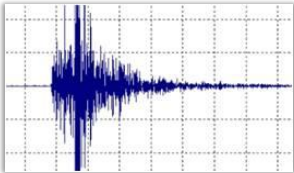

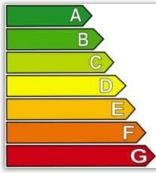
*Ing. Roberto Calliari*

tour2017@agoraactivities.it | 06.42020605 

**edilportale**<sup>®</sup>  
TOUR 2017

**Quale è l'aspetto prioritario in una riqualificazione?**

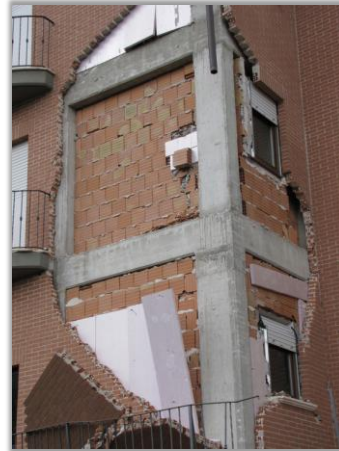
**È quello strutturale o quello energetico?**

**MRC** CALLIARI **ENGINEERING** Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

2

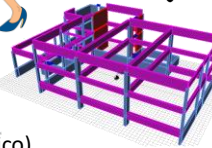




La qualità dell'edificio è generata da una perfetta integrazione degli aspetti energetici con quelli strutturali

**Iter procedurale (per esistente):**

- Raccolta documentale
- Rilievo architettonico
- Rilievo strutturale
- Indagini strumentali e carotaggi
- Valutazione stato di fatto (*vulnerabilità sismica*)
- Valutazione stato di progetto (strutturale ed energetico)
- Progetto integrato di rinforzo strutturale ed efficientamento energetico
- Direzione Lavori



**edilportale**  
TOUR 2017

## IMPORTANZA DEL RILIEVO

**Possibili errori di valutazione :**

Muratura "portante"???

"Integrità" struttura ???

... e il pilastro ???



**MRC** CALLIARI  
ENGINEERING

Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

7

**edilportale**  
TOUR 2017

## IMPORTANZA DEL RILIEVO

### INDAGINI TERMOGRAFICHE

Indagini termografiche, se eseguite con attenzione e professionalità, possono dare indicazioni importanti sulla tessitura muraria, possibili discontinuità (aperture tamponate) o lesioni.



**MRC** CALLIARI  
ENGINEERING

Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

8

### SONDAGGI

Per conoscere la tipologia costruttiva ed analizzare al meglio lo stato di fatto e ipotizzare le possibili tecniche di rinforzo è fondamentale completare il rilievo con **sondaggi** puntuali.

La composizione corretta di una muratura è necessaria sia allo **strutturista** che al **consulente energetico** per stimare da un lato la **capacità portante** e dall'altra la **prestazione energetica** originaria.



### Capitolo 8

L'Italia è un territorio in cui ci sono edifici realizzati con molteplici tipologie costruttive e molte ad elevato valore storico-architettonico-artistico.

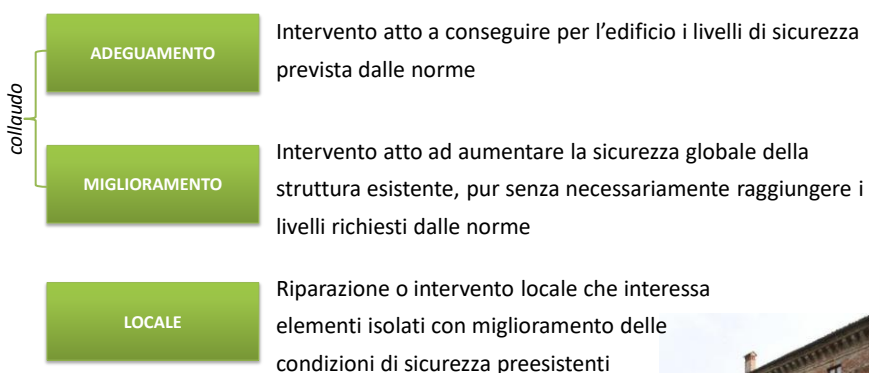
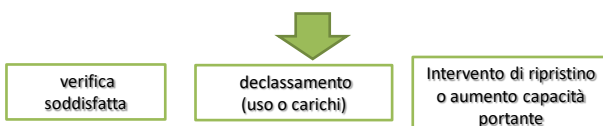
Vi è quindi estrema difficoltà nell'affrontare la riqualificazione sismica dell'esistente, data l'alta vulnerabilità sismica degli edifici esistenti.

La normativa richiede una valutazione della sicurezza ai soli **Stati limite ultimi**



Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative (cedimenti fondali);
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali che interagiscono, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale;
- messa in sicurezza dell'edificio (edifici scolastici, pubblici, ecc.)



Per i beni di interesse culturale in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 22.01.2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.



**CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA E DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO**

Per i beni culturali tutelati è necessario attenersi ad **interventi di miglioramento**, a **riparazioni** o ad **interventi locali**.

Far conseguire all'edificio un **maggior grado di sicurezza** rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni.

Riparazioni o interventi locali devono essere soggetti a **verifiche locali**; nel caso dei beni tutelati è comunque richiesta anche una **valutazione della sicurezza complessiva**, in forma semplificata.

Non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari, è comunque necessario **calcolare i livelli delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite** previsto per la tipologia strutturale dell'edificio.

L'obiettivo è quello di **evitare opere superflue**, favorendo quindi il criterio del **minimo intervento**, ma anche evidenziando i casi in cui sia opportuno agire in modo più incisivo.

- **SLE** (stati limite esercizio SLD – SLO)
- **SLU** (stati limite ultimi SLV – SLC)
- **SLA** (stati limite di danno ai beni Artistici)

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE E RIDUZIONE  
 DEL RISCHIO SISMICO DEL PATRIMONIO CULTURALE



La costruzione esistente richiede un adeguamento quando:

- Si esegue una sopraelevazione;
- la costruzione viene ampliata (strutture collegate);
- variazioni (classe o destinazioni d'uso) che comportano incremento del 10% dei carichi globali gravanti sulle fondazioni;
- modifica importante che porta a realizzare un organismo edilizio differente da quello esistente

*N.B.: variazione in altezza dell'edificio per la realizzazione di cordoli sommitali (senza aumento di piani) non è da considerare "adeguamento"*

Sono invece da considerarsi interventi locali:

- Riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, pilastri, pareti, ecc.);
- Sostituzione di solai o coperture a patto che non vi sia variazione significativa dei carichi e della rigidezza nel piano;
- Inserimento di tiranti, catene o ricostruzione di ammassamenti
- Apertura di nuove porte o finestre accompagnate da opportuni rinforzi



## COMPORAMENTO GLOBALE E LOCALE DEGLI EDIFICI SOGGETTI A SISMA

Circolare 617 – C8A.3

Grande complessità vi è nell'approccio su edifici in adiacenza ad altri, tipici dei nostri centri storici.

È quindi fondamentale comprendere il concetto generale di *aggregato*, di integrazione e valutazione dei vari *corpi fabbrica* per poter analizzare i possibili **martellamenti**, il **comportamento globale** e valutare le **azioni tra i vari edifici** in presenza o assenza di **giunti**.



Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, dovranno essere valutati gli effetti di:

- **spinte non contrastate** causate da **orizzontamenti sfalsati di quota** sulle pareti in comune con le US adiacenti;
- **effetti locali** causati da prospetti non allineati, o da differenze di altezza o di rigidità tra US adiacenti;
- **azioni di ribaltamento e di traslazione** che interessano le pareti nelle US di testata delle tipologie seriali (schiere).

Dovrà essere considerato inoltre il possibile **martellamento nei giunti tra US adiacenti**.





... una riflessione...

Una corretta progettazione passa obbligatoriamente attraverso lo studio del comportamento della struttura esistente.

**Fessure, collassi parziali o totali** di edifici consentono al progettista di conoscere meglio il comportamento delle strutture esistenti e quindi di progettare con **accuratezza e ottimizzazione** dei tempi e dei costi gli interventi di rinforzo.



Osservare e prendere coscienza di possibili errori "preesistenti" è molto spesso la fase progettuale più importante.

Non bisogna dimenticare che anche la ricerca e la normativa hanno spesso avuto una "accelerazione" in occasione di eventi sismici importanti!



L'esperienza dei terremoti passati (Umbria e Marche-1997, l'Abruzzo-2009, Emilia-2012) ha evidenziato che le modalità di collasso per le strutture in muratura esistenti consistono nella formazione di meccanismi cinematici con perdita di equilibrio per pareti o interi assemblaggi di pareti, con prevalenza dei meccanismi fuori piano sia a livello globale che locale.

Vi sono poi effetti locali di disgregazione della muratura stessa per perdita di coesione.

Sono inoltre emerse criticità su alcune tecniche di intervento o su esecuzioni non corrette.

E' emersa quindi la riconsiderazione di **tecniche tradizionali di intervento**, l'utilità della **valutazione accurata** dell'intervento, della sua **applicazione in modo regolare ed uniforme**, del **controllo in fase esecutiva**. Gli interventi sono in particolare mirati a:



- RIPRISTINARE COLLEGAMENTI EFFICACI, mediante inserimento di tiranti, cerchiature esterne, idonea ammortatura fra pareti intersecanti (intersezioni a T, angoli di fabbricato, ecc.), cordolature a livello di appoggio delle coperture, connessione dei solai (di piano e delle coperture) alle murature portanti, ecc.
- MIGLIORARE LA CONFIGURAZIONE STRUTTURALE, inserendo nuovi elementi resistenti, riducendo o eliminando le spinte di volte e coperture, creando giunti tra corpi di fabbrica, ecc.
- MIGLIORARE LA QUALITÀ DELLE MURATURE, mediante consolidamento e, se necessario, sostituzione di porzioni o interi setti murari

**edilportale**  
TOUR 2017

**ANALISI CROLLI**

Ampliamento e ristrutturazione

Cordolo in c.a. e muratura di sopraelevazione

Copertura con soletta in c.a.

Nuovo muro di spina non ammorsato

Muratura in sasso con scarso legante

Soletta e sbalzo in c.a.

**MRC** CALLIARI ENGINEERING  
Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

19

**edilportale**  
TOUR 2017

**ANALISI FESSURE**

Tamponamento aperture preesistenti

Torsione edificio

**MRC** CALLIARI ENGINEERING  
Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

20

**edilportale**  
TOUR 2017

## TECNICHE DI RINFORZO: MURATURA

Le tecniche di rinforzo per le murature (portanti) si differenziano in base alla **tipologia costruttiva** (mattoni pieni, pietra, a sacco, listata, ecc.), al **tipo di degrado** (fessurazione, scarsa coesione, ecc.) ed alla **proprietà meccanica** che si intende ripristinare o rafforzare (compressione, taglio, flessione nel piano e/o fuori piano)

Principali tecniche:

- scuci-cuci
- iniezioni
- placcaggio con reti metalliche, FRP, FRCM
- ristilatura dei giunti
- connessioni trasversali
- rinforzi locali con FRP o FRCM
- ripristino collegamenti e nuovi tiranti e catene



**MRC CALLIARI** ENGINEERING  
Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

21

**edilportale**  
TOUR 2017

## TECNICHE DI RINFORZO: C.A.

Le tecniche di rinforzo per le strutture in c.a. si differenziano in base agli **elementi strutturali** (travi, pilastri, solai, setti) interessati dall'intervento, al **tipo di degrado** (fessurazione, carbonatazione, ecc.) ed alla **proprietà meccanica** che si intende ripristinare o rafforzare (compressione, taglio, flessione, torsione)

Principali tecniche:

- pulizia e rasatura con malte passivanti;
- rinforzo con sistemi FRP;
- incamicatura pilastri con betoncino armato;
- cerchiatura con sistemi in acciaio;



**MRC CALLIARI** ENGINEERING  
Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

22

### Funzionamento dei Tamponamenti, effetto "combinato":

- 1) danneggiamento nel piano
- 2) conseguente riduzione della resistenza nel fuori piano

Danneggiamento **nel piano** del tamponamento



Fessure Diagonali sui tamponamenti di un telaio in c.a.

Danneggiamento **fuori piano** del tamponamento



Espulsione del paramento esterno di tamponamento di un telaio in c.a.

La soluzione alla problematica dei tamponamenti è in continua evoluzione grazie ad una massiccia campagna di **ricerche** promosse dalle **Università Italiane ed europee**, al coinvolgimento di **aziende** specializzate ed ai **fondi europei** di ricerca.

Due sono le strade fino ad ora intraprese:

- Aumento della resistenza del tamponamento alle azioni fuori piano
- Aumento della deformabilità del sistema di tamponamento

#### Incremento resistenza

- Applicazione reti sulle superfici esterne;
- Inserimento armature nei giunti di malta;
- Inserimento sistema di armature verticali e orizzontali (tipo muratura armata);
- Utilizzo blocchi più resistenti e a minor foratura;

#### Incremento deformabilità



- realizzazione di un sistema di giunti "perfettamente scorrevoli"
- sconnessione del tamponamento dalla struttura (tamponature non aderenti)
- Inserimento sistema di armature verticali e orizzontali (tipo muratura armata);

**edilportale**  
TOUR 2017

## LA RICERCA: INSYSME

La ricerca italiana presso le **Università di Padova e Pavia** ha sviluppato un progetto che consiste nell'inserimento di giunti scorrevoli (in posizione predeterminata) con tecniche differenti per ridurre il danneggiamento delle pareti di tamponamento sotto effetto delle azioni nel piano.

Si sono ottenuti drift importanti con danneggiamenti limitati nelle tamponature. Questo garantisce di conseguenza un buon comportamento fuori piano delle tamponature.

LIMIT STATES	Completamente tamp.		Parzialmente tamp.	
	Tradizionale	Innovativo	Tradizionale	Innovativo
Operatività	0.30%	0.50%	0.20%	0.40%
Danno	0.50%	3.00%	0.35%	>0.80%
Ultimo	1.75%	>3.00%	1.00%	>3.00%

**MRC** CALLIARI ENGINEERING Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

25

**edilportale**  
TOUR 2017

## ALCUNE CRITICITÀ NELL'ESECUZIONE DI INTERVENTI SULL'ESISTENTE

**MRC** CALLIARI ENGINEERING Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

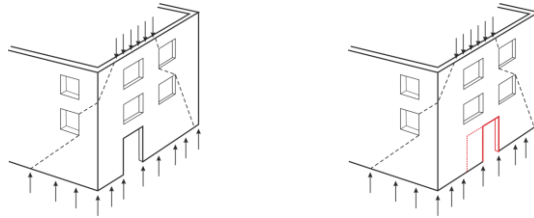
26

Tutti gli interventi sull'esistente, sia a livello locale che globale, devono obbligatoriamente passare attraverso una corretta analisi dello **stato di fatto** e dello **stato modificato**, per comprendere quali "modificazioni" vengono apportate all'organismo strutturale ed in particolare alla capacità di **trasferire e resistere ai carichi agenti** (sia verticali che orizzontali).

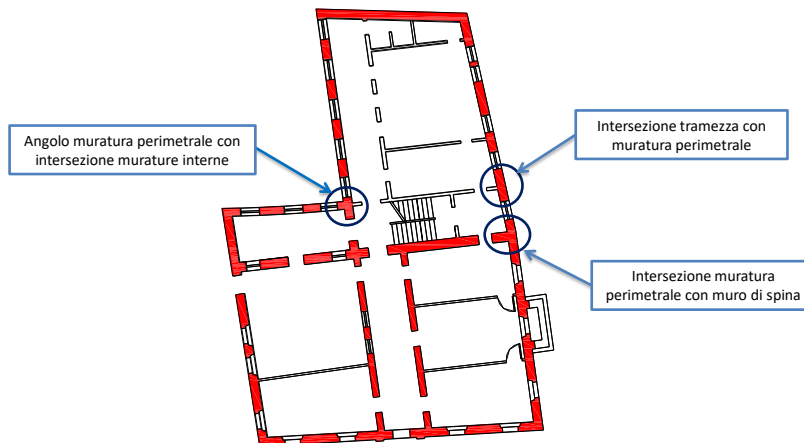
L'analisi del solo intervento locale (ad esempio realizzazione di una nuova apertura) potrebbe infatti generare problematiche non secondarie.

Il principio di mantenere identica resistenza complessiva prima e dopo l'intervento, non sempre è sufficiente a garantire un corretto comportamento globale dell'edificio.

È infatti necessario valutare la trasmissione degli sforzi sia in senso verticale che orizzontale, comprendendo se tale modificazione possa portare a diversi meccanismi di comportamento e collasso.



In fase di progettazione dei dettagli è fondamentale fare "tesoro" di quanto appreso sulle modalità di comportamento degli edifici per non incorrere in errori grossolani che possano pregiudicare la staticità degli edifici.



**edilportale**  
TOUR 2017

## DETTAGLI IMPORTANTI

Le soluzioni energetiche devono tener conto del comportamento strutturale.  
**Sinergia** tra **strutturista** e **consulente energetico**

Intersezione tramezza con muratura perimetrale

Intersezione muratura perimetrale con muro di spina

**MRC** CALLIARI  
ENGINEERING

Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

29

**edilportale**  
TOUR 2017

## DETTAGLI IMPORTANTI

Apertura vani porta in prossimità di intersezioni

Perdita della funzione di controvento (muro di spina)

Parete molto sollecitata e con ridotta resistenza tagliente e flessionale

In conseguenza del danneggiamento perdita dell'ammorsamento alla parete ortogonale

**MRC** CALLIARI  
ENGINEERING

Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

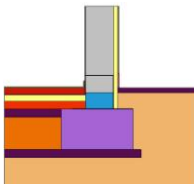
30

**edilportale**  
TOUR 2017

**DETTAGLI IMPORTANTI**

Attacco in fondazione per muratura portante

- Azioni agenti
- Soluzioni
- Criticità
- Stima reale di azioni agenti




Posso farlo?

Sempre?

Blocco in calcestruzzo cellulare autoclavato

Guaina tagliamuro



**MRC CALLIARI** ENGINEERING Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

31

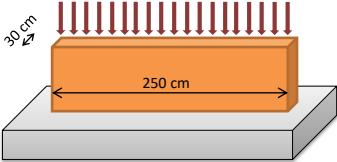
**edilportale**  
TOUR 2017

**DETTAGLI IMPORTANTI**

STIMA APPROSSIMATA DELLE AZIONI ALLA BASE

Muratura in laterizio

Spessore 30 cm  
Blocco  $f_{bk}$  10 MPa  
Malta M5



Resistenze caratteristiche

$f_k = 4,7$  MPa (compress. muratura)  
 $f_{vk0} = 0,2$  MPa (taglio muratura)

Setto da 2,50 m

$N_{max} = 4,7/\gamma_M \times 300 \times 2500 = 1175$  kN  
 $q_{max} = 4,7/3 \times 300 \times 1000 = 470$  kN/m  
 $T_{max} = 0,2/\gamma_M \times 300 \times 2500 = 50$  kN

Calcestruzzo cellulare autoclavato

$\lambda_D = 0,085$  W/mK  $\rightarrow f_{bk} = 1,9$  MPa  $\rightarrow$  per tamponamento  
 $\lambda_D = 0,15$  W/mK  $\rightarrow f_{bk} = 5,0$  MPa  $\rightarrow$  strutturale (*valore min. in zona sismica*)  $\rightarrow f_k = 2,8$  MPa

**MRC CALLIARI** ENGINEERING Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

32



**edilportale**  
TOUR 2017

## DETTAGLI IMPORTANTI



The technical drawings include a cross-section of a wall and floor junction, showing various layers and components. Labels include: 'cassaforma in legno', 'pila di protezione', 'rete e pila', 'colata di conglomerato armato', 'pavimento', 'strada', 'drainaggio - ventilazione', 'MUR', 'VEDI ARCO MURO M21', 'PILASTRO IN C.I.S.', and 'NUMERO'. The construction photos show the physical implementation of these details, including the use of rebar, concrete, and brickwork.

**MRC** CALLIARI ENGINEERING Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it

33

**edilportale**  
TOUR 2017

## INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE



The images show the building's exterior before and after renovation, and interior views of the renovated spaces. The text 'GRAZIE PER L'ATTENZIONE' is overlaid on the images.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

- Miglioramento sismico: da non classificato a zona 3
- Efficientamento energetico
- Qualità indoor: isolamento acustico aule e progetto del colore

**MRC** CALLIARI ENGINEERING Ing. Roberto Calliari  
roberto@mrccalliari.it