



**CEPI ENGINEERING**  
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA



Associazione Italiana ed Internazionale  
per la Sicurezza sui Luoghi di Lavoro

LE NUOVE NTC 2018

# STRUTTURE (esistenti) IN MURATURA SECONDO LE NTC 2018

Roma , 9 Ottobre 2020



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

**Prof. Ing. Michele Betti**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

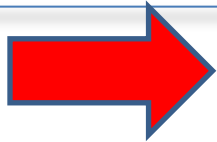
Università degli Studi di Firenze

[michele.betti@unifi.it](mailto:michele.betti@unifi.it)





## PROGRAMMA LAVORI



Ore 9.30 – 10.45

**LE STRUTTURE IN MURATURA SECONDO LE NUOVE NTC 2018 - GLI EDIFICI IN MURATURA**

Ore 10.45 – 11.00

**Pausa**

Ore 11.00 – 12.00

**LA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI TRAMITE LE PROVE DI LABORATORIO**

Ore 12.00 – 13.00

**PROGETTAZIONE INTERVENTI LOCALI E CINEMATISMO DELLE MURATURE**

Ore 12.00 – 13.00

**Lunch**

Ore 14.00 – 14.30

**CASO DI STUDIO DI INTERVENTO LOCALE**

Ore 14.30 – 15.45

**MODELLAZIONE E ANALISI COMPUTERIZZATA**

Ore 15.45 – 16.45

**CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE L'IMPIEGO DI MATERIALI COMPOSITI FRCC e SRG**

Ore 16.45 – 17.00

**Pausa**

Ore 17.00 – 18.00

**LA SICUREZZA IN CANTIERE**

Ore 18.00 – 18.30

**Confronto, Dibattito e Chiusura Lavori**

# CAPITOLO 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

## DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

➤ **DM 2018:** ha mantenuto la stessa impostazione, ampliando i concetti di:

- 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
- DEFINIZIONE DEI TIPI DI INTERVENTI AMMISSIBILI  
(8.4 classificazione degli interventi)

➤ **CIRCOLARE 2019:**

Ha subito modifiche sia di impostazione sia di contenuto, inglobando concetti che erano espressi nelle Appendici della Circolare Ministeriale n°607/2009.

DI SEGUITO INDICE DELLA CIRCOLARE 2019 relativo al **capitolo 8**, con riferimento alle costruzioni esistenti in muratura

# CAPITOLO 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

## DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE

**C8 COSTRUZIONI ESISTENTI** .....

**C8.1 OGGETTO** .....

**C8.2 CRITERI GENERALI** .....

**C8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA** .....

**C8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI** .....

**C8.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE** .....

**C8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO** .....

**C8.4.3 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO** .....

**C8.5 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI** .....

**C8.5.1 ANALISI STORICO-CRITICA** .....

**C8.5.2 RILIEVO** .....

        C8.5.2.1 COSTRUZIONI DI MURATURA .....

        C8.5.2.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O ACCIAIO .....

        C8.5.2.3 COSTRUZIONI DI LEGNO .....

**C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI** .....

        C8.5.3.1 COSTRUZIONI DI MURATURA .....

        C8.5.3.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O ACCIAIO .....

        C8.5.3.3 COSTRUZIONI DI LEGNO .....

**C8.5.4 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA** .....

        C8.5.4.1 COSTRUZIONI DI MURATURA .....

        C8.5.4.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O DI ACCIAIO .....

        C8.5.4.3 COSTRUZIONI DI LEGNO .....

**C8.5.5 AZIONI** .....

        C8.5.5.1 COSTRUZIONI DI MURATURA .....

        C8.5.5.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O ACCIAIO .....

**C8.6 MATERIALI** .....

circa 50 pagine

**C8.7.1 COSTRUZIONI DI MURATURA**

C8.7.1.1 VERIFICA DELLE PARETI MURARIE ALLE AZIONI NON SISMICHE

C8.7.1.2 MECCANISMI LOCALI - METODI DI ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA E CRITERI DI VERIFICA

    C8.7.1.2.1 Analisi dei meccanismi locali di corpo rigido

        C8.7.1.2.1.1 *Analisi con approccio cinematico lineare*

        C8.7.1.2.1.2 *Analisi con approccio cinematico non lineare*

        C8.7.1.2.1.3 *Definizione dell'oscillatore non lineare equivalente*

        C8.7.1.2.1.4 *Azioni spettrali da applicare nella verifica dei meccanismi locali*

        C8.7.1.2.1.5 *Verifica dello Stato Limite di Danno del meccanismo locale*

        C8.7.1.2.1.6 *Verifica degli Stati Limite Ultimi di Salvaguardia della Vita (SLV) e di prevenzione del Collasso (SLC)*

        C8.7.1.2.1.7 *Verifica semplificata dello SLV con fattore di comportamento q (analisi cinematica lineare)*

        C8.7.1.2.1.8 *Verifica in spostamento allo SLV e allo SLC (analisi cinematica non lineare)*

        C8.7.1.2.1.9 *Verifica con analisi dinamica non lineare dello SLV e SLC*

C8.7.1.3 MECCANISMI GLOBALI - METODI DI ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA E CRITERI DI VERIFICA

    C8.7.1.3.1 Edifici singoli

        C8.7.1.3.1.1 *Pareti murarie*

        C8.7.1.3.1.2 *Solai e coperture*

    C8.7.1.3.2 Edifici in aggregato

    C8.7.1.3.3 Edifici semplici

C8.7.1.4 ELEMENTI STRUTTURALI IN LEGNO

**C8.7.4 CRITERI E TIPI DI INTERVENTO**

C8.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

C8.7.4.2 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN CALCESTRUZZO

    C8.7.4.2.1 Incamiciatura in c.a.

    C8.7.4.2.2 Incamiciatura in acciaio

    C8.7.4.2.3 Placcatura e fasciatura in materiali compositi

**C8.7.5 ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO**

**C8.7.6 INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI SOGGETTI AD AZIONI SISMICHE**

C8.7.6.1 INDIVIDUAZIONE DEI COMPONENTI NON STRUTTURALI CHE RICHIEDONO UNA VALUTAZIONE SISMICA

C8.7.6.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE E AZIONI DI VERIFICA

C8.7.6.3 RACCOMANDAZIONI AGGIUNTIVE PER LA LIMITAZIONE DEL RISCHIO DI FUORIUSCITE INCONTROLLATE DI GAS A CAUSA DEL SISMA



# CAPITOLO 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

## DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

### LEGENDA:

NERO: IL TESTO È RIMASTO LO STESSO

ROSSO: AGGIUNTE

BLU: ELIMINATE

VERDE: COMMENTI O PICCOLE MODIFICHE

OSSERVAZIONI

CIRCOLARE:  
IN RIQUADRO

# CAPITOLO 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

## DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

### C8. COSTRUZIONI ESISTENTI

L'importanza che le criticità locali assumono negli edifici esistenti, in termini di danni a persone e cose, ha portato gli estensori delle nuove NTC a considerare con maggiore attenzione gli interventi di rafforzamento locale e di miglioramento e ad aumentare l'importanza attribuita a tali forme d'intervento.

Tale maggiore attenzione si è tradotta in un diverso ordine di presentazione (le varie forme d'intervento sono ora elencate dalla meno alla più impattante, dalla riparazione e rafforzamento locale all'adeguamento) e, soprattutto, **nell'ampia considerazione dedicata alla valutazione e riduzione del rischio sismico** e, in special modo, nella maggiore attenzione prestata agli interventi finalizzati a ridurre la vulnerabilità delle costruzioni esistenti (**nella maggiore attenzione prestata agli interventi finalizzati a rendere antisismici anche gli elementi non strutturali e gli impianti, elementi che spesso contribuiscono in modo sostanziale ad incrementare il rischio sismico**).

Alla conoscenza della costruzione esistente si è dedicata, dunque, particolare attenzione, riducendo l'importanza attribuita alla conoscenza dei materiali impiegati per concentrarsi sui particolari costruttivi e sulle indicazioni progettuali dell'epoca di costruzione, maggiormente responsabili del reale comportamento della costruzione a fronte di azioni sismiche.

# CAPITOLO 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

## DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

### 8.1. OGGETTO

Il presente capitolo stabilisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti

*Si definisce costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto d'intervento, la struttura completamente realizzata.*

# CAPITOLO 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

## DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

### C8.1 OGGETTO

#### ***CHIARIMENTO SULLA DEFINIZIONE DI COSTRUZIONI ESISTENTI:***

(...) Con l'espressione struttura completamente realizzata si deve intendere, in generale, una struttura per la quale, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, **sia stato redatto il certificato di collaudo statico ai sensi delle Norme Tecniche vigenti all'epoca della costruzione**; se all'epoca della costruzione l'obbligo del collaudo statico non sussisteva, **devono essere state almeno interamente realizzate le strutture e i muri portanti e le strutture degli orizzontamenti e delle coperture..**

Per (...) I beni del patrimonio culturale vincolato, il riferimento normativo, (...), è costituito dalla DPCM 9 febbraio 2011 “Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

Tale direttiva (...) è **adottabile come riferimento per le costruzioni che comunque abbiano una valenza storica, artistica o urbanistico-ambientale**, anche se non esplicitamente vincolate, fatto salvo quanto previsto al punto 8.4 delle NTC.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.2. CRITERI GENERALI

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi devono tenere conto dei seguenti aspetti della costruzione:

- essa riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;
- essa può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali si dovrà considerare **che sono conoscibili, con un livello di approfondimento che dipende dalla documentazione disponibile e dalla qualità ed estensione delle indagini che vengono svolte, le seguenti caratteristiche:**

- la geometria e i particolari costruttivi (sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive);
- le proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni (la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse);
- i carichi permanenti (sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive).

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.2 CRITERI GENERALI

### **RECEPITO QUANDO PRIMA SCRITTO IN «C.8 EDIFICI ESISTENTI (introduzione)»**

- Edifici esistenti in Italia costituiscono un problema di fondamentale importanza per la loro **numerosità ed elevata vulnerabilità** (...) sia muratura sia c.a.;
- Il notevole assortimento delle tipologie costruttive e l'ampia casistica delle relative criticità rendono particolarmente complesse le problematiche in gioco, con conseguenti **difficoltà nella standardizzazione dei metodi di verifica e di progetto degli interventi**. Per tale motivo nel capitolo 8 delle NTC si è seguito **un approccio prestazionale**, fornendo poche regole di carattere generale e molte importanti indicazioni sulle diverse fasi della conoscenza e dell'analisi della costruzione e della eventuale progettazione degli interventi.
- (...) **IMPORTANZA DELLA CONOSCENZA DELLA COSTRUZIONI ESISTENTE** (...) Le NTC, al fine di tener conto dei diversi possibili gradi di approfondimento, introducono i concetti di **livello di conoscenza** (...) e **di fattore di confidenza** (...) da specificare in apposita relazione da parte del progettista;



# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.2 CRITERI GENERALI

### **RECEPITO QUANDO PRIMA SCRITTO IN «C.8 EDIFICI ESISTENTI (introduzione)»**

- *La valutazione della sicurezza* consiste nell'identificazione delle criticità nei confronti delle azioni considerate, sia non sismiche, come pesi propri, sovraccarichi e azioni climatiche, sia sismiche.
- Per quanto riguarda le *costruzioni esistenti di muratura*, la valutazione della sicurezza deve essere effettuata nei confronti dei *meccanismi di collasso, sia locali, sia globali, (...)*
- E' inoltre opportuno considerare la distinzione tipologica tra edifici a struttura marcatamente riconoscibile *ed unitaria e costruzioni in aggregato (...)*.
- Per quanto riguarda *le costruzioni esistenti di c.a. e di acciaio*, (...) essere attivata la capacità di elementi *con meccanismi resistenti sia "duttili" sia "fragili"*; a tale riguardo, è opportuno che l'analisi sismica globale utilizzi, per quanto possibile, metodi di modellazione e analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza sia la duttilità disponibili, tenendo conto della possibilità di sviluppo di entrambi i tipi di meccanismo e adottando parametri di capacità dei materiali diversificati a seconda del tipo di meccanismo.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.2 CRITERI GENERALI

### *RECEPITO QUANDO PRIMA SCRITTO IN «C.8 EDIFICI ESISTENTI (introduzione)»*

- Particolare *attenzione deve essere dedicata alla individuazione, per quanto possibile, di situazioni critiche locali*, anche di carattere non strutturale, e al loro conseguente effetto sulle verifiche. (Esempi tipici sono i *comignoli*, la presenza o la formazione di *cavedi*, *nicchie*.); attenzione alla demolizione delle tamponature;
- (...) *Riguardo ai dettagli costruttivi*, per gli edifici esistenti le NTC non impongono la conformità a soluzioni tecniche determinate, né richiedono verifiche quantitative, per cui possono risultare qualificanti i confronti con le regole del corretto costruire, validate dall'esperienza.
- *Gli esiti della valutazione della sicurezza comportano conseguenze diversificate in termini di tempi e necessità di intervento, a seconda che le carenze della struttura si manifestino nei confronti delle azioni non sismiche o di quelle sismiche.*

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.2 CRITERI GENERALI

### *PRECISAZIONE SUI TIPI DI INTERVENTO SU EDIFICI ESISTENTI*

- (...) *OBBLIGO del collaudo statico per gli interventi di adeguamento e miglioramento.* Sono poi definiti alcuni fondamentali criteri di intervento quali la ricerca della regolarità, l'attenzione necessaria per le fasi di esecuzione e le priorità da assegnare (...)
- (...) il tecnico incaricato delle verifiche o del progetto deve esplicitare, in un'apposita relazione, *i livelli di sicurezza attuali e quelli raggiunti con l'intervento, nonché le eventuali conseguenti limitazioni nell'uso della costruzione*, tenendo presente anche il livello di sicurezza degli elementi costruttivi *non strettamente strutturali*.

~~La mancanza di precisi riferimenti ai livelli di sicurezza sismica da conseguire in relazione all'utilizzo degli edifici esistenti pone difficili **problemi di responsabilità**: il complesso delle norme vigenti, infatti, consente l'utilizzo anche delle costruzioni esistenti che non raggiungano i livelli di sicurezza richiesti per le costruzioni nuove. Ogni decisione sull'utilizzo di un edificio esistente deve, pertanto, derivare dalle valutazioni di chi ha la responsabilità dell'uso dell'edificio, purché basate sulle elaborazioni del tecnico cui è demandato il compito di esplicitare gli aspetti qualitativi e quantitativi della sicurezza.~~

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza, **argomentata con apposita relazione**, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione **possa continuare** senza interventi;
- l'uso **debba essere modificato** (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario **umentare la sicurezza strutturale**, mediante interventi (**sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante**).

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- 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 passaggio **ad una classe d'uso superiore**;
- **esecuzione** di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
- ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 (*locali, miglior., adeguamento*).
- **opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.**

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati e a quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale, **posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente sul comportamento globale della struttura.**

Nella valutazione della sicurezza, da effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali di miglioramento o adeguamento, il progettista dovrà esplicitare in un'apposita relazione, esprimendoli in termini di rapporto fra capacità e domanda, i livelli di sicurezza precedenti all'intervento e quelli raggiunti con esso.

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la ***verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:***

- nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si sono prodotti nel passato;
- siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
- siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione (..).



# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a **giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato**, sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, **salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al §7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti (nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente).**

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il **rapporto  $\zeta_E$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione**; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi sull'uso e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

$$\zeta_E = \frac{a_{aC}}{a_{gD}}$$

**La restrizione sull'uso** può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'i-esima porzione, è quantificata attraverso il **rapporto  $\zeta_{v,i}$  tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione**.

$$\zeta_{v,i} = \frac{q_{kC}}{q_{kD}}$$

È necessario adottare **provvedimenti restrittivi sull'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento** nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (SI RIPORTANO LE AGGIUNTE)

La valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, per quanto possibile, deve essere effettuata in rapporto a quella richiesta per gli edifici nuovi. A tale scopo, le NTC introducono due nuovi parametri che costituiscono fattori indicativi per un rapido confronto tra l'azione sopportabile da una struttura esistente e quella richiesta per il nuovo:

- $\zeta_E$ , definito come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche. **Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione di  $\zeta_E$  è, salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo  $a_g S$ .**
- $\zeta_{v,i}$ , definito come il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla parte i-esima della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

Nel caso in cui l'inadeguatezza di un'opera si manifesti nei confronti delle azioni non sismiche, quali carichi permanenti e altre azioni (...), è necessario adottare gli opportuni provvedimenti, quali ad esempio limitazione dei carichi consentiti, restrizioni all'uso e/o esecuzione di interventi volti ad aumentare la sicurezza, che consentano l'uso della costruzione con i livelli di sicurezza richiesti dalle NTC. Gli interventi da effettuare per eliminare le vulnerabilità più importanti possono anche essere parziali e/o temporanei, in attesa di essere completati nel corso di successivi interventi più ampi, atti a migliorare/adequare complessivamente la costruzione e/o parti di essa.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (SI RIPORTANO LE AGGIUNTE)

### MODALITÀ OPERATIVE CONSIGLIATE PER LE VERIFICHE.

- Il valore assoluto dei parametri  $\zeta$ , riferito globalmente a un intero fabbricato, da solo NON descrive in modo esaustivo la reale situazione di rischio e l'entità degli interventi da realizzare per migliorare la sicurezza. Differente è, infatti, la situazione di edifici nei quali la criticità è prodotta da una diffusa carenza delle strutture (concezione errata, materiali scadenti, degrado diffuso ecc.), da quella di edifici nei quali la criticità (e quindi il valore del parametro  $\zeta$ ) è prodotta da pochi elementi insufficienti o pericolosi (come ad esempio un'unica trave o anche un elemento non strutturale, un cornicione o un comignolo).

È pertanto fondamentale che, nell'apposita relazione che il progettista deve redigere a seguito delle verifiche di sicurezza, vengano esplicitati non solo i valori dei parametri  $\zeta$ , **ma anche i fattori che li determinano e gli aspetti che possono essere ragionevolmente definiti solo in modo qualitativo.**

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (SI RIPORTANO LE AGGIUNTE)

### MODALITÀ OPERATIVE CONSIGLIATE PER LE VERIFICHE.

L'esito negativo delle verifiche di sicurezza può comportare conseguenze differenziate in termini di tipologia di intervento e tempi di attuazione.

- Nel caso in cui l'**inadeguatezza** di un'opera si manifesti nei confronti delle **azioni non sismiche**, quali carichi permanenti e altre azioni di servizio combinate per gli SLU secondo i criteri esposti nel § 2.5.3 delle NTC (eventualmente ridotte in accordo con quanto specificato al § 8.5.5 delle NTC), è necessario adottare gli **opportuni provvedimenti**, quali ad esempio limitazione dei carichi consentiti, restrizioni all'uso e/o esecuzione di interventi volti ad aumentare la sicurezza, che consentano l'uso della costruzione con i livelli di sicurezza richiesti dalle NTC. Gli interventi da effettuare per eliminare le vulnerabilità più importanti possono anche essere parziali e/o temporanei, in attesa di essere completati nel corso di successivi interventi più ampi, atti a migliorare/adequare complessivamente la costruzione e/o parti di essa.
- (...) nel caso in cui l'**inadeguatezza** di un'opera si manifesti nei confronti delle **azioni sismiche**, le condizioni d'uso, la necessità e la conseguente programmazione dell'intervento sono stabiliti sulla base di una pluralità di fattori, quali: la gravità dell'inadeguatezza e le conseguenze che questa comporterebbe anche in termini di pubblica incolumità, le disponibilità economiche, etc.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- **interventi di riparazione o locali:** interventi che interessino **singoli elementi (elementi isolati) strutturali** e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti (**comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti**);
- **interventi di miglioramento:** interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3 (**pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme**);
- **interventi di adeguamento:** interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3 (**atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme**).

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

Per gli interventi di miglioramento e di adeguamento l'esclusione di provvedimenti in fondazione dovrà essere in tutti i casi motivata esplicitamente dal progettista, attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione in base ai criteri indicati nel §8.3.

Qualora l'intervento preveda l'inserimento di nuovi elementi che richiedano apposite fondazioni, queste ultime dovranno essere verificate con i criteri generali di cui ai precedenti Capitoli 6 e 7, così come richiesto per le nuove costruzioni.



# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Le **NTC** confermano le tre categorie di intervento previste dalle precedenti norme: *riparazione o intervento locale, miglioramento, adeguamento*.

È opportuno che gli interventi in progetto siano primariamente finalizzati all'individuazione e all'eliminazione o riduzione di carenze e criticità locali che possano incidere sulla capacità strutturale, per poi prevedere l'eventuale rafforzamento della costruzione nel suo complesso. Interventi mirati all'eliminazione di specifiche criticità locali, pur con opere di modesto impatto economico e senza alterare sistemi d'equilibrio venutisi a creare nel tempo, possono infatti produrre aumenti sensibili della sicurezza.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura.

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

La relazione di cui al § 8.3 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione.

Nel caso di interventi di rafforzamento locale, volti a migliorare le caratteristiche meccaniche di elementi strutturali o a **limitare la possibilità di meccanismi di collasso locale**, è necessario valutare l'incremento del livello di sicurezza locale.

### C8.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Ricadono in questa categoria gli interventi che non alterano significativamente il comportamento globale della costruzione; l'obiettivo sulla base del quale è valutata l'ammissibilità dell'intervento è un aumento della sicurezza di almeno una porzione della costruzione, ovvero, nel caso di danni subiti, quello del mantenimento o dell'incremento dell'originaria efficacia strutturale della porzione danneggiata.

In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione di elementi strutturali o di parti di essi non adeguati alla funzione che devono svolgere (ad esempio travi, architravi, coperture, impalcati o porzioni di impalcato, pilastri, pannelli murari). In particolare gli interventi di rinforzo devono privilegiare lo sviluppo **di meccanismi duttili** o comunque migliorare la duttilità locale, così da favorire lo sviluppo della duttilità di insieme della struttura.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Il ripristino o rinforzo dei collegamenti esistenti tra i singoli componenti o tra parti di essi o la realizzazione di nuovi collegamenti (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di ...) ricadono in questa categoria. ~~L'ammissibilità dell'intervento è legata alla condizione che le ridistribuzioni delle forze orizzontali e verticali non generino sostanziali modifiche del comportamento strutturale delle altre parti della costruzione e non determinino aumenti significativi dei carichi verticali.~~

Infine, la modifica di una porzione limitata della struttura (ad esempio l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifica significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.

*La relazione illustrativa dei lavori deve riportare i risultati delle indagini conoscitive svolte, le carenze strutturali riscontrate, la descrizione dei lavori e i risultati attesi, affermando e, se necessario, dimostrando che l'intervento non ha modificato in senso negativo il comportamento degli altri elementi della costruzione e di tutta la costruzione nel suo insieme.*

*(...) nel caso di rafforzamento locale finalizzato al miglioramento del funzionamento di elementi strutturali o alla limitazione di meccanismi di collasso, è richiesta la valutazione della variazione del livello locale di sicurezza.*

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.4.2. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1.

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

- Per la combinazione sismica delle azioni, ***il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità.***
- A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, ***per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\zeta_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere **INCREMENTATO** di un valore comunque non minore di 0,1.***
- Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di *sistemi di isolamento*, per la verifica del sistema di isolamento, ***si deve avere almeno  $\zeta_E=1,0$ .***

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.4.2 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

L'intervento di miglioramento è finalizzato a conseguire un aumento della sicurezza della costruzione.

In questa categoria ricadono tutti gli interventi che, pur non rientrando nella categoria dell'adeguamento, possono determinare modifiche, anche significative, del comportamento strutturale locale o globale o operando variazioni di rigidità, resistenza o capacità deformativa di singoli elementi o di porzioni della struttura, o introducendo nuovi elementi strutturali. Ciò può avvenire, ad esempio, impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione, eliminando i meccanismi di collasso locali o trasformandoli da fragili in duttili.

- L'intervento di miglioramento può essere effettuato *nei confronti anche soltanto di alcune categorie di azioni quali*, indicativamente ma non esaustivamente, *le azioni del vento, le azioni sismiche, le azioni gravitazionali, fermi restando gli obblighi indicati al §C.8.3.*
- Come specificato nel §8.3 delle **NTC**, per questa categoria di interventi *la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a determinare l'entità massima delle azioni*, considerate nelle combinazioni di progetto previste, *cui la struttura può resistere con il grado di sicurezza richiesto.* Essa riguarderà necessariamente, oltre ai possibili meccanismi locali, *la struttura nel suo insieme.*



# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## 8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse **e tali da alterarne significativamente la risposta;**
- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, **valutati secondo la combinazione caratteristica per carichi gravitazionali di cui alla Eq. 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali.** Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; **nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.**
- e) **apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.**

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.4.3 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

Negli interventi di adeguamento delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche è richiesto, generalmente, il raggiungimento del valore unitario del parametro  $\zeta_E$ ; nel caso di semplici variazioni di classe e/o destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi verticali in fondazione superiori al 10% (caso c) del § 8.4.3 delle NTC è ammesso un valore minimo di  $\zeta_E$  pari a 0,8. È assimilabile a tale situazione anche l'adeguamento sismico deciso dal proprietario a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza di cui al § 8.3 delle NTC, ma non ricadente nei casi a), b) o d).

In merito all'ultimo capoverso del § 8.4.3 delle NTC, esso stabilisce che non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni b), c), d) od e) di cui allo stesso §8.4.3, solo nel caso di "variazione dell'altezza dell'edificio" causata dalla realizzazione di cordoli sommitali oppure causata da variazioni della copertura, che non comportino incrementi di superficie abitabile significativi dal punto di vista strutturale. Infatti, la ratio di tale disposizione è di permettere nelle situazioni citate, ferme restando le norme urbanistiche ed i regolamenti edilizi locali, la realizzazione di interventi di possibile beneficio strutturale, senza dover necessariamente adeguare l'intera costruzione

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

**NELLE SEZIONI DALLA 8.5 ALLA 8.7.5**

**NON SONO PRESENTI MODIFICHE SOSTANZIALI NEL DM 2018**

**LE MODIFICHE PRINCIPALI SONO *NELLA CIRCOLARE ESPLICATIVA***

***che ingloba concetti espressi nella Circolare n.617/2009 Cap.8 e relative Appendici***

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## IMPOSTAZIONE CIRCOLARE N.617/2009 CAPITOLO 8 + APPENDICI

Circolare  
617/09

**C8.5.2** RILIEVO

**C8.5.3** CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

**C8.5.4** LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

**C8.7** VALUTAZIONE E PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

### **C8A1.A COSTRUZIONI IN MURATURA**

- geometria
- dettagli costruttivi  
verifiche in situ (limitate, estese-esaustive)
- proprietà dei materiali  
indagini (limitate, estese ed esaustive)
- livelli di conoscenza e fattore di confidenza

### **C8A1.B COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO**

- generalità
- dati richiesti
- livelli di conoscenza e fattore di confidenza
- geometria, dettagli costruttivi e proprietà dei materiali
- indicazioni supplementari per edifici in c.a./acciaio

Appendice

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## IMPOSTAZIONE CIRCOLARE N.617/2009 CAPITOLO 8 + APPENDICI

### Appendice

#### **COSTRUZIONI IN MURATURA**

- C8A.2 Tipologie e relativi parametri meccanici delle murature
- C8A.3 Aggregati Edilizi
- C8A.4. Analisi dei meccanismi locali di collasso in edifici esistenti in muratura
- C8A.5. Criteri per gli interventi di consolidamento di edifici in muratura

#### **COSTRUZIONI IN C.A. E ACCIAIO**

- C8A.6. Valutazione delle rotazioni di collasso di elementi di strutture in c.a. e acciaio
- C8A.7. Modelli di capacità per il rinforzo di elementi in c.a.

#### **C8A.8. Indicazioni aggiuntive relative ai ponti esistenti**

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## IMPOSTAZIONE CIRCOLARE 2019

C8.5 DEF. MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

C8.5.1 ANALISI STORICO-CRITICA

C8.5.2 RILIEVO

C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

C8.5.4 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

C8.5.5 AZIONI

C8.7 PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

**SONO DIFFERENZIATI PER TIPOLOGIA DI COSTRUZIONI, ovvero:**

- **COSTRUZIONI IN MURATURA**
- **COSTRUZIONI IN C.A. E ACCIAIO**
- **COSTRUZIONI IN LEGNO**

C8.6 MATERIALI

C8.8 INDICAZIONI AGGIUNTIVE RELATIVE AI PONTI ESISTENTI

**NON CI SONO APPENDICI**

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.5 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

- la definizione di modelli di riferimento che descrivano il comportamento dell'edificio costituisce certamente una delle fasi più complesse dell'intera procedura di analisi. Infatti, considerando la grande varietà di costruzioni esistenti, non è possibile indicare procedure di modellazione univoche ~~e, pertanto, si demanda al progettista la scelta di quelle più opportune per la particolare costruzione in esame.~~ Tali problematiche diventano, poi, particolarmente rilevanti per le costruzioni in muratura, anche a causa delle numerose *incertezze relative agli stati di sollecitazione in atto, ai tipi di materiale impiegati e al loro comportamento meccanico, al grado di connessione tra gli elementi strutturali e alla loro morfologia interna, oltre che agli eventuali interventi di riparazione o consolidamento già attuati in passato.*

- **L'adeguata conoscenza del manufatto è presupposto fondamentale e fase imprescindibile per la comprensione di singole criticità e del comportamento strutturale; l'attendibilità dei risultati, dunque, è strettamente legata al livello di conoscenza.**

È opportuno sottolineare che le fasi della conoscenza e dell'analisi non sono sequenziali, ma strettamente connesse.



# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.5 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

- Il piano delle indagini, ad esempio, può essere efficacemente indirizzato, in relazione sia alla tipologia delle prove, sia alla loro localizzazione, da un'analisi basata su dati preliminari relativi alle caratteristiche geometriche, costruttive e dei materiali. In tal modo è possibile identificare le zone critiche nei riguardi degli stati limite ultimi, investigando eventualmente la sensibilità della risposta alle incertezze sui principali parametri, e quindi razionalizzare il piano delle indagini sperimentali, anche in **considerazione della loro onerosità ed invasività**.

(Concetto ripreso dalle CNR-DT 212/2013 «Istruzioni per la Valutazione Affidabilistica della Sicurezza Sismica di Edifici Esistenti»)

- In relazione al livello di conoscenza, le **NTC** definiscono opportuni fattori di confidenza, da intendersi come indici del livello di approfondimento raggiunto dalle indagini; è attraverso di essi che si possono ridurre i valori attribuiti ai parametri meccanici dei materiali. In determinate circostanze, i valori dei fattori di confidenza possono essere differenziati per i diversi materiali o per specifici elementi strutturali, nel modo illustrato nel seguito.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.5.1 ANALISI STORICO-CRITICA

La conoscenza della storia di un fabbricato è elemento indispensabile, sia per la valutazione della sicurezza attuale, sia per la definizione degli interventi e la previsione della loro efficacia.

L'analisi storica deve essere finalizzata a comprendere le vicende costruttive, i **dissesti**, i **fenomeni di degrado**, i cimenti subiti dall'edificio e, particolarmente frequenti nelle costruzioni in muratura, **le trasformazioni operate dall'uomo** che possono aver prodotto cambiamenti nell'assetto statico originario. In tal senso l'indagine storica diventa indagine critica e fonte, per eccellenza, di documentazione e conoscenza finalizzate all'interpretazione del comportamento strutturale dell'edificio.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.5.1 ANALISI STORICO-CRITICA

La conoscenza storico-critica di un manufatto riguarda:

- l'epoca di costruzione;
- le tecniche, le regole costruttive e, se esistenti, le norme tecniche dell'epoca di costruzione;
- la forma originaria e le successive modifiche;
- i traumi subiti e le alterazioni delle condizioni al contorno;
- le deformazioni, i dissesti e i quadri fessurativi, con indicazioni ove possibile della loro evoluzione nel tempo;
- gli interventi di consolidamento pregressi;
- gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio di cui l'edificio è parte.

Risulta, in generale, utile anche la conoscenza delle patologie o delle carenze costruttive evidenziate da edifici simili per tipologia ed epoca di costruzione.

In definitiva, questa fase deve permettere di interpretare la condizione attuale dell'edificio come risultato di una serie di vicende statiche e di trasformazioni che si sono sovrapposte nel tempo.

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.5.2.1 COSTRUZIONI IN MURATURA (~~ERA IN APPENDICE DELLA CIRCOLARE 617/09~~)

Nelle costruzioni di muratura, in vista della grande varietà di materiali e tecniche costruttive impiegate, riveste un ruolo di primaria importanza la conoscenza della composizione degli elementi costruttivi e delle caratteristiche dei collegamenti, a partire dalla tipologia e disposizione dei materiali e dalla presenza di discontinuità; in questo ambito, *la verifica dell'efficacia degli incatenamenti*, siano essi lignei o metallici, merita una particolare attenzione.

~~A titolo esemplificativo, il rilievo comprende anche:~~

- ~~a) *morfologia delle murature*, valutazione della tipologia e della disposizione dei materiali sulle superfici e all'interno dello spessore, con particolare attenzione alla presenza del nucleo;~~
- ~~b) *i vuoti, le discontinuità, i cavedi*, le tracce di passati interventi e di vecchie aperture tamponate;~~
- ~~c) *la continuità delle pareti in direzione verticale e i collegamenti tra di esse*;~~
- ~~d) *le architravature delle aperture*, con i relativi particolari di appoggio;~~
- ~~e) *gli elementi spingenti (archi, volte, coperture)* e la presenza di presidi atti ad assorbirne le spinte;~~
- ~~f) *le orditure dei solai* e i particolari di appoggio delle travi;~~
- ~~g) *gli elementi a elevata vulnerabilità* (pareti divisorie sottili o non ammortate, controsoffitti,..)~~

# DECRETO MINISTERIALE / CIRCOLARE: PRINCIPI GENERALI E CONFRONTO

## C8.5.2.1 COSTRUZIONI IN MURATURA (*ERA IN APPENDICE DELLA CIRCOLARE 617/09*)

Nel rilievo si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

- **Indagini limitate:** basate su indagini di tipo visivo che, al rilievo geometrico delle superfici esterne degli elementi costruttivi, uniscono saggi che consentano di esaminare, almeno localmente, le caratteristiche della muratura sotto intonaco e nello spessore, caratterizzando così la sezione muraria, il grado di ammorsamento tra pareti ortogonali e le zone di appoggio dei solai, i dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte.
- **Indagini estese:** i rilievi e le indagini in-situ indicati al punto precedente, sono accompagnati da saggi più estesi e diffusi così da ottenere tipizzazioni delle caratteristiche dei materiali e costruttive e una aderenza delle indicazioni fedele alla reale varietà della costruzione.
- **Indagini esaustive:** oltre a quanto indicato al punto precedente, le indagini sono estese in modo sistematico con il ricorso a saggi che consentano al tecnico di formarsi un'opinione chiara sulla morfologia e qualità delle murature, sul rispetto della regola dell'arte nella disposizione dei materiali, sia in superficie che nello spessore murario, sull'efficacia dell'ammorsamento tra le pareti e dei dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte, oltre che sulle caratteristiche degli appoggi degli elementi orizzontali.

# LE COSTRUZIONI ESISTENTI SECONDO LE NUOVE NTC - GLI EDIFICI IN MURATURA

## C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

- **PARAMETRI MECCANICI DI RIFERIMENTO PER MURATURE ESISTENTI**  
(paragrafi 8.5.3 e C.8.5.3.1)
  - **Indagini in situ – LC/FC**
  - **Parametri meccanici - Attività ReLUIIS in ambito nazionale**
  - ***(Abaco murature della Regione Toscana)***

## C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Il § 8.5.3 delle NTC tratta della conoscenza delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dei materiali con i quali è realizzato un fabbricato. Per le prove di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001.

### C8.5.3.1 EDIFICI IN MURATURA

La muratura in una costruzione esistente è il risultato dell'assemblaggio di materiali diversi, in cui la tecnica costruttiva, le modalità di posa in opera, le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti e il loro stato di conservazione, determinano il comportamento meccanico dell'insieme.

La caratterizzazione meccanica della muratura deve quindi essere intesa in senso ampio, non solo come identificazione sperimentale dei valori numerici dei parametri di resistenza e deformabilità, ma anche come:

- giudizio sulla qualità meccanica e
- sullo stato di conservazione.

Muratura materiale eterogeneo

Importanza:

1. caratterizzazione tipologico/meccanica della muratura
2. stato di conservazione



## C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

### C8.5.3.1 EDIFICI IN MURATURA

L'esame della qualità muraria e il rilievo sperimentale delle caratteristiche meccaniche si riferiscono, in primo luogo, **alle caratteristiche di paramenti e loro collegamenti trasversali, alla tipologia, forma e dimensioni degli elementi costituenti, alla tessitura muraria, alla presenza e consistenza del nucleo interno, alla qualità e consistenza delle malte. La caratterizzazione sperimentale fisico-meccanica delle malte e degli inerti (naturali o artificiali) ha anch'essa notevole importanza.**

La misura diretta delle caratteristiche meccaniche della muratura avviene mediante l'esecuzione **di prove in-situ su porzioni di muratura**, o di prove in laboratorio su elementi indisturbati prelevati in-situ, ove questo sia possibile; le prove possono essere di compressione e di taglio, scelte in relazione alla tipologia muraria e al criterio di resistenza adottato per l'analisi; le modalità di prova e la relativa interpretazione dei risultati devono seguire procedure di riconosciuta validità. Ulteriori informazioni si possono desumere da metodi di prova **non distruttivi**, utili anche ad estendere all'intero edificio i risultati ottenuti a livello locale con prove distruttive (...).

Cosa attenzione

Sperimentazione sui componenti (→ LC2)

prove sperimentali e procedure

Quali? Normative

- ASTM
- UNI

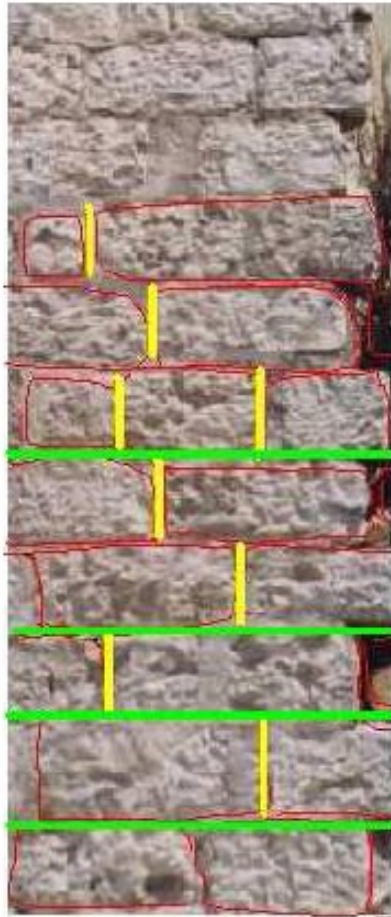
Raccomandazioni

- RILEM
- ReLUIS



Indice di  
Qualità Muraria  
***IQM***

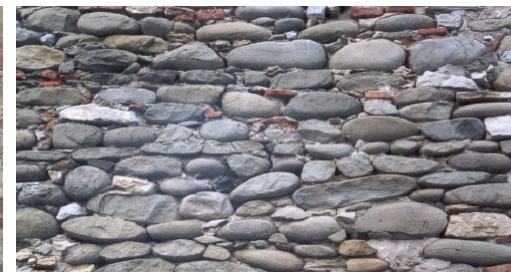
(Borri e De Maria, 2009)



Una muratura realizzata “a regola d’arte” ha:

- filari orizzontali e i giunti verticali sfalsati
- forma e dimensioni degli inerti regolari
- presenta almeno un elemento ortogonale al piano della muratura con passo orizzontale di almeno un elemento ogni 3 inerti
- la malta è di buona qualità (o in buono stato)

In tal modo si realizza un sistema monolitico tramite assemblaggio degli inerti



## C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

### C8.5.3.1 EDIFICI IN MURATURA

In relazione al numero delle indagini e alle modalità con cui condurle, la grande varietà tipologica e la frequente presenza di stratificazioni temporalmente successive, come avviene, in particolare, negli edifici storici, **rende priva di significato la prescrizione di una precisa quantità e tipologia di indagini**, anche in vista del fatto che, talvolta, **l'individuazione delle situazioni di vulnerabilità risulta più significativa della stessa caratterizzazione dei materiali.**

Prove sperimentali

Maggiore è il numero delle prove sperimentali, minore è l'influenza della scelta della classe tipologica

Non c'è prescrizione sul n° delle prove da eseguire

## C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

### C8.5.3.1 EDIFICI IN MURATURA

**Il piano delle indagini**, tale da consentire anche la valutazione della significatività dei valori dei parametri meccanici globali dedotti dalla sperimentazione, costituisce quindi parte integrante dell'analisi della sicurezza e del progetto degli interventi.

**Nel caso di edifici appartenenti al patrimonio storico-artistico e nel recupero dei centri storici**, occorre considerare l'impatto delle indagini in termini di conservazione del bene.

Data la difficoltà di effettuare prove in sito in numero statisticamente significativo, la **Tabella C8.5.I (ex Tabella C8A.2.1)** offre, per il comportamento a **tempi brevi** delle tipologie murarie più ricorrenti, **indicazioni non vincolanti sui possibili valori dei parametri meccanici**, identificati attraverso il rilievo degli aspetti costruttivi (§C8.5.2.1)

**Progettazione** del piano delle indagini: mirato all'individuazione delle proprietà delle zone murarie che maggiormente contribuiscono alla sicurezza sismica (analisi di sensibilità preliminare)

Categorie precostituite  
Tab. C8.5.I

# Tabella C8A.2.1 Circ. Min. n° 617/2009

## 11 categorie

TIPOLOGIA DI MURATURA	CATEGORIA	$f_m$	$\tau_0$	E	G
		(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	I	100	2	690	230
		180	3.2	1050	350
muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno	II	200	3.5	1020	340
		300	5.1	1440	480
muratura in pietre a spacco con buona tessitura	III	260	5.6	1500	500
		380	7.4	1980	660
muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	IV	140	2.8	900	300
		240	4.2	1260	420
muratura in blocchi lapidei squadrate	V	600	9	2400	780
		800	12	3200	940
muratura in mattoni pieni e malta di calce	VI	240	6	1200	400
		400	9.2	1800	600
muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (doppio UNI foratura < 40%)	VII	500	24	3500	875
		800	32	5600	1400
muratura in blocchi laterizi semipieni (percentuale foratura < 45%)	VIII	400	30	3600	1080
		600	40	5400	1620
muratura in blocchi laterizi semipieni con giunti verticali a secco (percentuale foratura < 45%)	IX	300	10	2700	810
		400	13	3600	1080
muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (percentuale foratura tra 45% e 65%)	X	150	9.5	1200	300
		200	12.5	1600	400
muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (percentuale foratura < 45%)	XI	300	18	2400	600
		440	24	3520	880

Murature  
«storiche»

Murature  
«moderne»

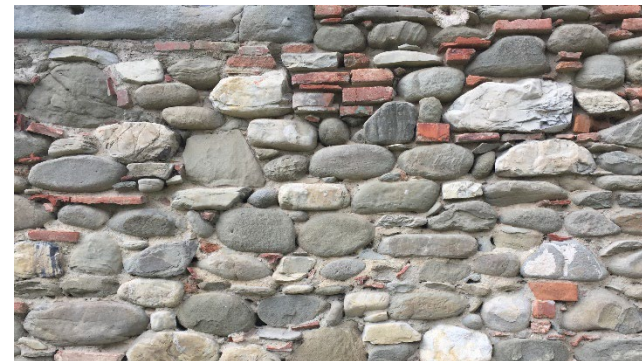


# Tabella C8A.2.1 Circ. Min. n° 617/2009

## Murature storiche in pietrame



TIPOLOGIA DI MURATURA	$f_m$	$\tau_0$	E	G
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2	690	230
	180	3.2	1050	350
muratura a conci sbazzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3.5	1020	340
	300	5.1	1440	480
muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5.6	1500	500
	380	7.4	1980	660
muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2.8	900	300
	240	4.2	1260	420
muratura in blocchi lapidei squadrati	600	9	2400	780
	800	12	3200	940
muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6	1200	400
	400	9.2	1800	600



Crescente regolarità della forma degli elementi che costituiscono la muratura

Migliore organizzazione del paramento

    orizzontalità dei filari

    sfalsamento dei giunti di malta

Migliore organizzazione della sezione muraria



Tabella C8A.2.1 Circ. Min. n° 617/2009  
*Murature storiche in blocchi regolari  
 (tufo, blocchi squadrati, mattoni pieni)*

TIPOLOGIA DI MURATURA	$f_m$	$\tau_0$	E	G
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2	690	230
	180	3.2	1050	350
muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3.5	1020	340
	300	5.1	1440	480
muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5.6	1500	500
	380	7.4	1980	660
muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2.8	900	300
	240	4.2	1260	420
muratura in blocchi lapidei squadrati	600	9	2400	780
	800	12	3200	940
muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6	1200	400
	400	9.2	1800	600





### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

Tipologia di muratura	f (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{V0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
I Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
II Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
III Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
IV Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16 (**)
V Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
VI Muratura a blocchi lapidei squadri	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
VII Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
VIII Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

- di blocchi artificiali di tecnologia moderna, i parametri da utilizzare per le verifiche possono essere derivati dalle indicazioni per la progettazione di nuove costruzioni in muratura (§11.10).

### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (**comportamento a tempi brevi**), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura.

$f$  = resistenza media a compressione,

$\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),

$$V_t = l \cdot t \frac{1.5\tau_{0d}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}} = l \cdot t \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

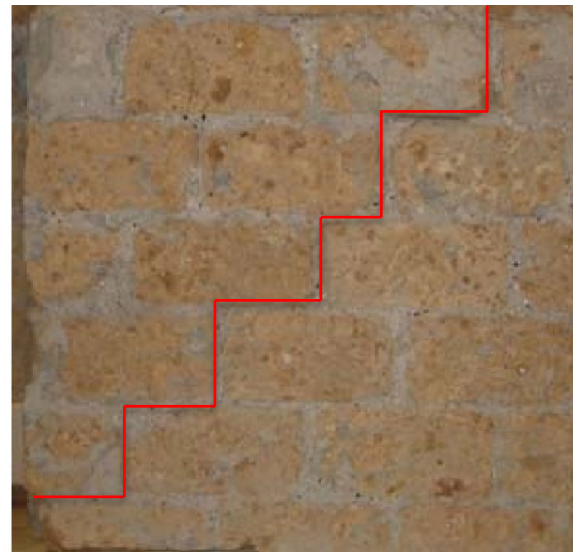
$f_{v0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),

$$V_t = \frac{l t}{b} (\tilde{f}_{v0d} + \tilde{\mu}\sigma_0) = \frac{l t}{b} \left( \frac{f_{v0d}}{1 + \mu\phi} + \frac{\mu}{1 + \mu\phi} \sigma_0 \right) \leq V_{t,lim}$$

$E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,

$G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,

$w$  = peso specifico medio.



## C8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

### C8.5.3.1 EDIFICI IN MURATURA

- malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione  $f_m$  compresa tra 0,7 a 1,5 N/mm<sup>2</sup>),
- assenza di ricorsi (listature),
- paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata.
- Ai soli fini della verifica sismica, **nel caso in cui la malta abbia caratteristiche particolarmente scadenti** (resistenza media a compressione  $f_m$  inferiore a 0,7 N/mm<sup>2</sup>) ai valori della tabella si applica un coefficiente riduttivo pari a **0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici**.
- **I parametri indicati in tabella sono principalmente finalizzati alle verifiche nei riguardi delle azioni sismiche.**
- La resistenza a compressione è utilizzata anche per le verifiche nei riguardi delle azioni non sismiche, a patto di considerare anche l'eventuale possibilità di fenomeni di instabilità locale, associati ad un insufficiente collegamento tra i paramenti.
- Comportamento a breve termine, a lungo termine può modificarsi

Caratteristiche delle murature

### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

#### 2. CIRC.617/09 - §C8A.1.A.3

*...Qualora esista una chiara, comprovata corrispondenza tipologica per materiali, pezzatura dei conci, dettagli costruttivi, in sostituzione delle prove sulla costruzione oggetto di studio possono essere utilizzate prove eseguite su altre costruzioni presenti nella stessa zona. Le Regioni potranno, tenendo conto delle specificità costruttive del proprio territorio, definire zone omogenee a cui riferirsi a tal fine.*

**Le Regioni potranno, tenendo conto delle specificità costruttive del proprio territorio, definire zone omogenee a cui riferirsi a tal fine.**

*Si deve comunque sottolineare che, data la notevole varietà di tecniche costruttive e materiali impiegati, un inquadramento della muratura in tipologie precostituite deve essere considerato con estrema cautela.*



ABACO DELLE MURATURE

### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

Le caratteristiche meccaniche della muratura, in uno stato di fatto **migliore** di quello indicato nella Tabella C8.5.I, possono ottenersi applicando (indicativamente e salvo più dettagliate valutazioni) i coefficienti migliorativi di **Tabella C8.5.II (ex Tabella C8A.2.1)**.

I coefficienti migliorativi sono funzione dei seguenti fattori:

- **malta di buone caratteristiche**: il coefficiente indicato in Tabella C8.5.II, diversificato per le varie tipologie, si può applicare sia ai parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau_0$  e  $f_{v0}$ ), sia ai moduli elastici ( $E$  e  $G$ );
- **presenza di ricorsi (o listature)**: il coefficiente indicato in tabella si può applicare ai soli parametri di resistenza ( $f_m$  e  $\tau_0$ ); tale coefficiente ha significato solo per alcune tipologie murarie, in cui si riscontra tale tecnica costruttiva;
- **presenza sistematica di elementi di collegamento trasversale tra i paramenti**: il coefficiente indicato in tabella si può applicare ai soli parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau_0$  e  $f_{v0}$ ).

**I suddetti coefficienti migliorativi possono essere applicati in combinazione tra loro, in forma moltiplicativa, considerando la concomitanza al più di due effetti.**

### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

\* Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).



### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a 2 N/mm<sup>2</sup>. In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a  $f_m^{0,35}$  ( $f_m$  in N/mm<sup>2</sup>).

(\*\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.



### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

- La valutazione della sicurezza di edifici esistenti consiste nelle operazioni necessarie da eseguire per stabilire se un edificio esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione sismica di progetto delle norme vigenti.
- Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei coefficienti di sicurezza parziali vengono definiti tre livelli di conoscenza: LC1, LC2 ed LC3
- Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:
  - Geometria;
  - Dettagli costruttivi (rilievo visivo organizzazione strutturale);
  - **Materiali** (indagini visive, prove sperimentali, ecc..)

Limitate



Estese



Esaustive



### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

(...) tre livelli di prova.

**Prove limitate:** Si tratta di indagini non dettagliate e non estese, basate principalmente su esami visivi delle superfici, che prevedono **limitati controlli degli elementi costituenti la muratura.**

Sono previste **rimozioni locali dell'intonaco** per identificare i materiali di cui è costituito l'edificio; in particolare, avvalendosi anche dell'analisi storico-critica, è possibile suddividere **le pareti murarie in aree considerabili come omogenee.**

E' richiesta la valutazione dello stato di conservazione dei materiali e il rilievo dei quadri fessurativi e deformativi.

**Scopo** delle indagini è **consentire l'identificazione delle tipologie di muratura** alla quale fare riferimento ai fini della determinazione delle proprietà meccaniche; questo prevede il rilievo della tessitura muraria dei paramenti ed una stima della sezione muraria.

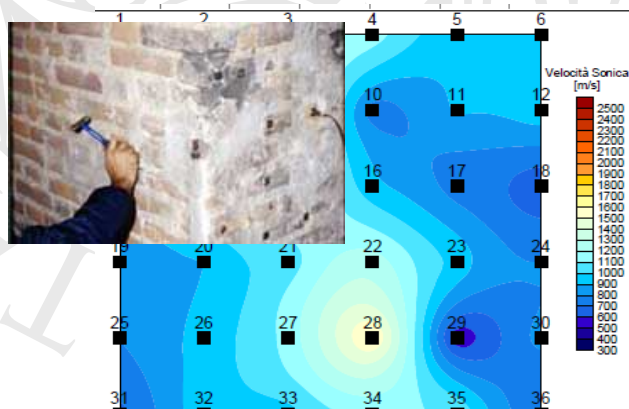
Non sono  
obbligatorie prove,  
né sulla muratura né  
sui componenti

### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

**Prove estese:** Si tratta di indagini visive, diffuse e sistematiche, accompagnate da approfondimenti locali. **Si prevedono saggi estesi, sia in superficie sia nello spessore murario (anche con endoscopia),** mirati alla conoscenza dei materiali e della morfologia interna della muratura, all'individuazione delle zone omogenee per materiali e tessitura muraria, dei dispositivi di collegamento trasversale, oltre che dei fenomeni di degrado.

**È inoltre prevista l'esecuzione di analisi delle malte e, se significative, degli elementi costituenti,** accompagnate da tecniche diagnostiche non distruttive (penetrometriche, sclerometriche, soniche, termografiche, radar, ecc.) ed **EVENTUALMENTE** integrate da tecniche moderatamente distruttive (ad esempio martinetti piatti), **finalizzate a classificare in modo più accurato la tipologia muraria e la sua qualità.**

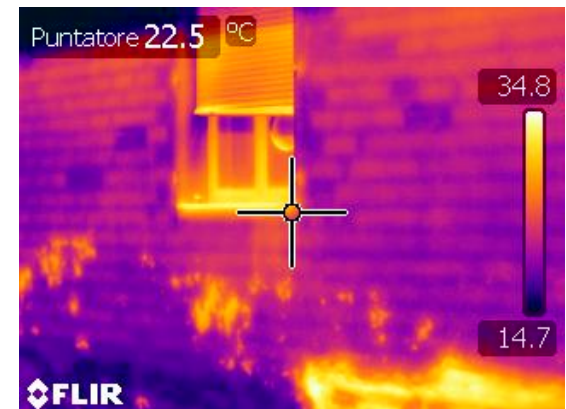
Prove soniche



Carotaggio



Termocamera



### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

#### ***Prove esaustive:***

Le prove devono essere eseguite **su tutte le tipologie murarie** o comunque su quelle relative agli elementi che, **dall'analisi di sensibilità basata sui dati preliminari (§ C8.5)**, sono risultati significativi per la valutazione della sicurezza.

(Progetto preliminare\_ progettazione del piano delle indagini)

I valori per le verifiche saranno ottenuti, a partire dai valori medi presenti nella Tabella C8.5.I, utilizzando misure sperimentali dirette sull'edificio, tenendo conto dell'attendibilità del metodo di prova.

*In sostituzione, possono essere considerati i risultati di prove eseguite su altre costruzioni della stessa zona, in presenza di chiara e comprovata corrispondenza tipologica per materiali e morfologia.*



ABACO DELLE MURATURE

### C8.5.3.1 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI - MURATURA

A seguito delle indagini, è necessario valutare, per ogni prova, il grado di rappresentatività sia della classe tipologica attribuita al materiale, sia dei valori medi delle caratteristiche meccaniche dell'edificio da utilizzare nelle modellazioni.

*A questo scopo possono essere utili metodi che, avvalendosi della lettura visiva dei paramenti e della sezione, consentano di ottenere delle stime di tali caratteristiche attraverso indicatori di qualità muraria, purché elaborati con procedure di comprovata attendibilità.*

Nelle costruzioni con struttura muraria occorre considerare anche la presenza di elementi realizzati con altri materiali (strutture lignee, solai in c.a., tiranti d'acciaio ecc.), da indagarsi con le metodologie indicate negli specifici capitoli.

Nei casi, previsti dalle NTC, in cui sia necessario eseguire indagini sulle fondazioni, queste saranno volte a determinarne morfologia, profondità e materiali costituenti, a prescindere dai gradi di approfondimento sopra riportati.



Indice di  
Qualità Muraria  
***IQM***

(Borri e De Maria, 2009)



## C8.5.4 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

I fattori di confidenza sono utilizzati per la riduzione dei valori dei parametri meccanici dei materiali e devono essere intesi come indicatori del livello di approfondimento raggiunto.

Limitatamente al caso di verifiche in condizioni non sismiche di singoli componenti (ad esempio solai sui quali siano state condotte indagini particolarmente accurate) oppure di verifiche sismiche nei riguardi dei meccanismi locali, è possibile adottare livelli di conoscenza differenziati rispetto a quelli impiegati nelle verifiche sismiche globali.

Di seguito, con riferimento alle specifiche contenute al §8.5 delle NTC, è riportata una guida alla stima dei Fattori di Confidenza (FC), definiti con riferimento a tre Livelli di Conoscenza (LC) crescenti, secondo quanto segue.

- **LC1: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo:**
  - *l'analisi storico-critica in modo sommario, (commisurata al livello considerato)*
  - *il rilievo geometrico completo e indagini limitate sui dettagli costruttivi (...)*
  - *prove limitate sulle caratteristiche meccaniche dei materiali;*
  - **il corrispondente fattore di confidenza è FC=1.35**



#### C8.5.4 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

- **LC2:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo:
  - l'analisi storico-critica in modo esteso (commisurata al livello considerato)
  - il rilievo geometrico completo e indagini estese sui dettagli costruttivi,
  - prove estese sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, (...),
  - **il corrispondente fattore di confidenza è FC=1.20.**
- **LC3:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati:
  - l'analisi storico-critica completa (commisurata al livello considerato),
  - il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, indagini esaustive sui dettagli costruttivi,
  - prove esaustive sulle caratteristiche meccaniche dei materiali,
  - **il corrispondente fattore di confidenza è FC=1.00.**

#### C8.5.4.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

##### Tabelle C8.5.I e C8.5.II VALORI DA CONSIDERARE NELLE ANALISI

- LC1: - Resistenze: **i valori minimi** degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.  
- Moduli elastici: **i valori medi** degli intervalli riportati nella tabella suddetta.
- LC2: - Resistenze: **i valori medi** degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I  
- Moduli elastici: **i valori medi** degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

#### C8.5.4.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

##### Tabelle C8.5.I e C8.5.II VALORI DA CONSIDERARE NELLE ANALISI

LC1: - Resistenze: i **valori minimi** degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.

- Moduli elastici: i **valori medi** degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC2: - Resistenze: i **valori medi** degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I

- Moduli elastici: i **valori medi** degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

*LC3: - I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro  $X$ , una stima dei parametri  $\mu'$  e  $\sigma'$  della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:*

$$\mu' = \frac{1}{2} (X_{\min} + X_{\max})$$

$$\sigma' = \frac{1}{2} (X_{\max} - X_{\min})$$

Eseguito un numero  $n$  di prove dirette, l'**aggiornamento** del valore medio può essere, ad esempio, effettuato come segue:



$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$

#### C8.5.4.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$

dove  $\bar{X}$  è la media delle  $n$  prove dirette e  $\kappa$  è un coefficiente fornito in funzione della tipologia di prova e del risultato che viene stimato.

In altre parole, nel determinare la stima aggiornata del valore medio del parametro meccanico, il coefficiente  $\kappa$  rappresenta il peso relativo della distribuzione a-priori rispetto alle prove sperimentali.

Dalla formula emerge che, **al crescere del numero di prove, il peso attribuito alla misura sperimentale aumenta**, in quanto anche in presenza di una significativa dispersione del parametro nell'edificio la stima del suo valore medio risulta più attendibile. Nella scelta del coefficiente  $\kappa$  è opportuno considerare che l'incertezza legata al metodo di misura sperimentale non si riduce aumentando il numero di prove.

Inoltre, **l'attendibilità dei diversi metodi di prova cambia in relazione alle diverse tipologie murarie**. In assenza di valutazioni specifiche da parte del progettista, la Tabella C.8.5.III suggerisce valori del coefficiente  $\kappa$  per i più diffusi metodi di indagine diretta in sito.

### C8.5.4.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Metodo di prova	Parametro	$\kappa$
Prova di compressione diretta (su una porzione di parete muraria)	E	1,5
	f	1
Martinetto piatto doppio	E	1,5
	f (*)	2 (*)
Prova di compressione e taglio (su un pannello isolato nella parete muraria) – prova tipo Sheppard	G	1,5
	$\tau_0 - f_{v0}$	1
Prova di compressione diagonale	G	1,5
	$\tau_0$	1
Prova di taglio diretto sul giunto	$f_{v0}$	2
Prove in laboratorio sui costituenti (**)	$f_t, f_m, f_g$	2

#### Osservazione per prove con martinetto piatto

(\*) La prova con il martinetto piatto doppio consente di ottenere una misura del modulo elastico E della muratura, molto più raramente di misurarne direttamente la resistenza a compressione. Il coefficiente in tabella è quello suggerito quando nella prova viene misurata direttamente la resistenza a compressione. Ricordando che esiste una correlazione empirica approssimata di proporzionalità tra modulo E e resistenza media a compressione della muratura (desumibile dagli intervalli di variazione dei due parametri nella tabella C.8.5.I) il modulo E ottenuto dalla prova con martinetto piatto può fornire una stima indiretta di f utilizzabile nell'equazione [C8.5.4.3] purché si adotti un valore di  $\kappa$  almeno pari a 3.

### C8.5.4.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Metodo di prova	Parametro	$\kappa$
Prova di compressione diretta (su una porzione di parete muraria)	E	1,5
	f	1
Martinetto piatto doppio	E	1,5
	f (*)	2 (*)
Prova di compressione e taglio (su un pannello isolato nella parete muraria) – prova tipo Sheppard	G	1,5
	$\tau_0 - f_{v0}$	1
Prova di compressione diagonale	G	1,5
	$\tau_0$	1
Prova di taglio diretto sul giunto	$f_{v0}$	2
Prove in laboratorio sui costituenti (**)	$f_t, f_m, f_g$	2

Particolare cautela dovrà essere utilizzata nel caso di **prove in laboratorio su campioni di muratura estratti in situ**, a causa delle difficoltà nell'estrarre, movimentare e trasportare i provini senza arrecare loro danni.

*Qualora la media delle n prove dirette  $\bar{X}$  sia significativamente diversa dal valore  $\mu'$  adottato per la distribuzione a priori, e quindi la differenza tra  $\mu'$  e  $\mu''$  risulti rilevante, l'accettabilità del risultato ottenuto applicando l'equazione C8.5.4.3 deve essere adeguatamente motivata.*

Attenzione prove in laboratorio

Attenzione al valore medio delle prove



## C8.5.4.1 LC3 ESEMPIO

### Esempio $\tau_0$ – AREZZO PIETrame DISORDINATO

Tipologia di muratura
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )
min-max
0,018-0,032

$$\mu' = \frac{1}{2} (X_{\min} + X_{\max}) \quad 0.025 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma' = \frac{1}{2} (X_{\max} - X_{\min}) \quad 0.007 \text{ N/cm}^2$$

### Prove Abaco delle Murature

N° test	$\tau_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]
18	0.024
19	0.023
28	0.042
50	0.023
<b>media</b>	<b>0.028</b>

K = 1 prova di Compressione Diagonale per  $\tau_0$

N = 4

X = 0.028 N/mm<sup>2</sup>

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$



**= 0.0274 N/mm<sup>2</sup>**

## C8.5.4.1 LC3 ESEMPIO

### Esempio $\tau_0$ – MASSA PIETREME DISORDINATO

Tipologia di muratura
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )
min-max
0,018-0,032

$$\mu' = \frac{1}{2} (X_{\min} + X_{\max}) \quad 0.025 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma' = \frac{1}{2} (X_{\max} - X_{\min}) \quad 0.007 \text{ N/cm}^2$$

### Prove Abaco delle Murature

N° test	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	0.054
2	0.075
30	0.023
<b>media</b>	<b>0.051</b>

K = 1 prova di Compressione Diagonale per  $\tau_0$

N = 3

X = 0.051 N/cm<sup>2</sup>

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$

attenzione

Qualora la media delle n prove dirette  $\bar{X}$  sia significativamente diversa dal valore  $\mu'$  l'accettabilità del risultato ottenuto applicando l'equazione C8.5.4.3 deve essere adeguatamente motivata.



**= 0.0445 N/cm<sup>2</sup>**

## ➤ ABACO DELLE MURATURE DELLA REGIONE TOSCANA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

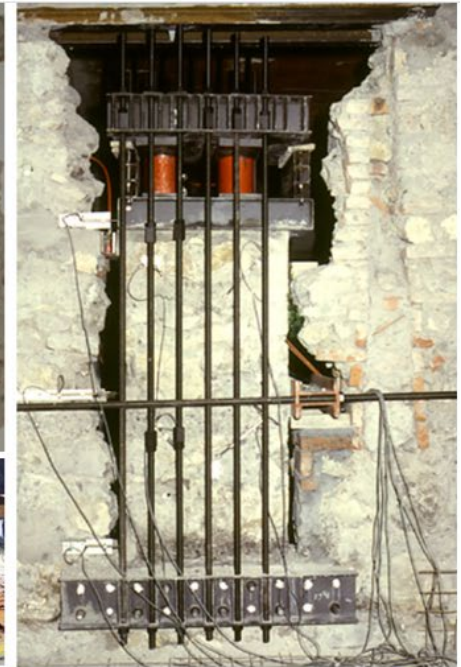


Regione Toscana

Metodo

Ricerca

Contatti



 METODO

 RICERCA

 CONTATTI



# 1

*Declinare le categorie nazionali a livello regionale*

*Difficoltà di inquadrare* nell'ambito delle categorie di muratura PRECOSTITUITE, descritte in normativa a livello qualitativo, le murature in pietrame riscontrate negli edifici "reali" che possono essere caratterizzate da materiali eterogenei e da molteplici tecniche costruttive.







# 2

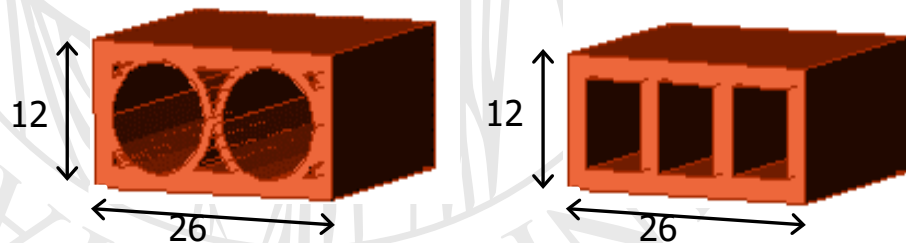
*In contesti regionali o in zone territoriali omogenee*, è possibile identificare murature che non rientrano in nessuna delle categorie elencate a livello nazionale per cui non sono note le caratteristiche meccaniche.

## *MURATURE PARTICOLARI*

LEGATE

Tecniche tradizionali

Materiali locali



Sperimentazione ad hoc



## COLLABORAZIONE SCIENTIFICA TRA IL DICEA ED IL SETTORE SISMICA RT



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



1. **Raccolta** di prove sperimentali disponibili eseguite in Regione Toscana in situ
2. **Catalogazione e descrizione qualitativa** delle murature tramite compilazione di Scheda Di Qualità Muraria
3. **Interpretazione dei risultati delle prove sperimentali**  
(metodologia di prova standardizzata: strumentazione, misurazioni ed elaborazione dei risultati) → ReLUIIS 2009 e successive modificazioni (2016).

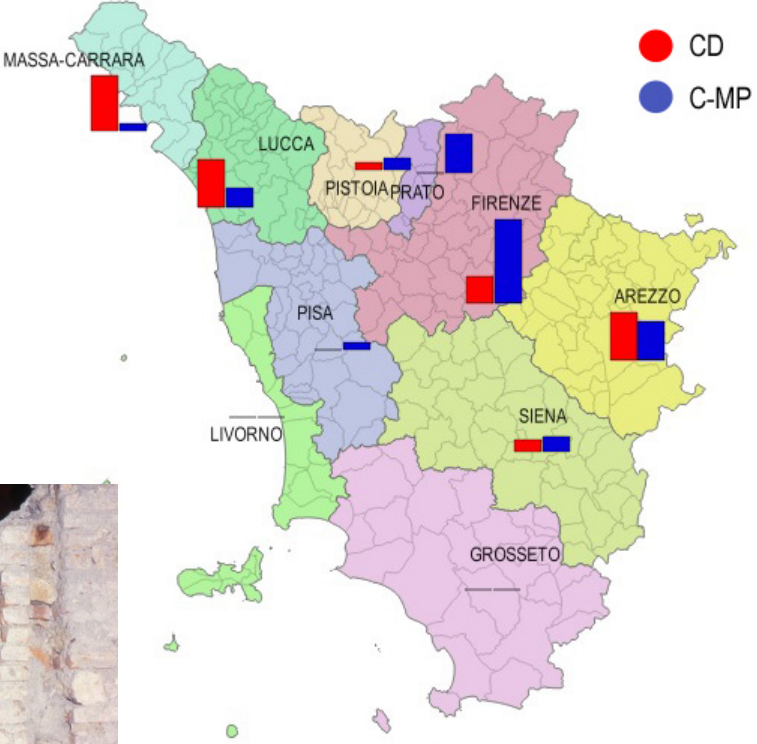
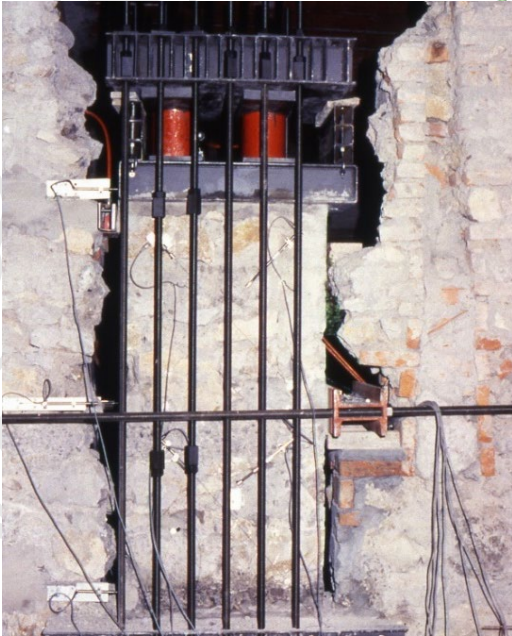


DESCRIZIONE QUALITATIVA DELLE MURATURE E  
RISULTATI OTTENUTI CONFRONTABILI TRA LORO



# DATABASE DI RIFERIMENTO

- N° 50 COMPRESSIONE DIAGONALE
  - N° 55 MARTINETTI PIATTI DOPPI
  - N° 5 PROVE DI COMPRESSIONE SEMPLICE
- (15 MPD sono in fase di lavorazione)



# Abaco delle Murature

Caratterizzazione qualitativa delle murature

Descrizione Murature

Componenti



IQM



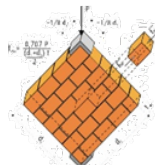
Foto



Prove sperimentali

Sulla muratura

Compressioni diagonali (CD)



Carote (CAR)



Martinetti Piatti (MP)



Compressioni semplici (C)



Sul singolo elemento

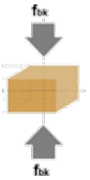
Analisi malta ( $A_M$ )



DRMS



Compressione e blocco ( $C_B$ )








# Abaco delle Murature

**Caratterizzazione qualitativa delle murature**

**Descrizione Murature**

- Componenti** 
- IQM** 
- Foto** 

## Prove sperimentali

### Sulla muratura


Compressioni diagonali (CD) 

Carote (CAR) 

Martinetti Piatti (MP) 

Compressioni semplici (C) 

### Sul singolo elemento

Analisi malta ( $A_M$ ) 

DRMS 

Compressione e blocco ( $C_B$ ) 



# SCHEMA DI QUALITÀ MURARIA

## Caratterizzazione qualitativa: SCHEMA DI QUALITÀ MURARIA

- Caratterizzazione completa della muratura e dei componenti nel paramento e nella sezione
- Strumento per facilitare la catalogazione della tipologia di muratura entro quelle previste dalla Circ.617/2009
- Binda, Borri, Cardani, Doglioni - ReLUIS 2005-2008 → UNIFI 2017
- Stima delle caratteristiche meccaniche attraverso l'IQM (Borri et al., 2015)

### PARTE PRIMA:

INFORMAZIONI GENERALI  
PANNELLO E TIPO DI  
MURATURA

- collocazione
- tipologia di muratura
- N° piani
- età di costruzione
- tipo di edificio
- tipo di prova...

### PARTE SECONDA:

RILIEVO DELLA TESSITURA  
MURARIA

PARAMENTO MURARIO

- restituzione grafica
- caratterizzazione elementi
- caratterizzazione malta

SEZIONE MURARIA

- restituzione grafica
- caratterizzazione elementi
- caratterizzazione malta

### PARTE TERZA:

VALUTAZIONE  
INDICE QUALITÀ MURARIA

STIMA CARATTERISTICHE  
MECCANICHE  
(tramite valutazione IQM)  
Tab. C8A.2.1 e C8A.2.2

$f_m$  [N/cm<sup>2</sup>]  
 $\tau_o$  [N/cm<sup>2</sup>]  
 $E_m$  [N/mm<sup>2</sup>]

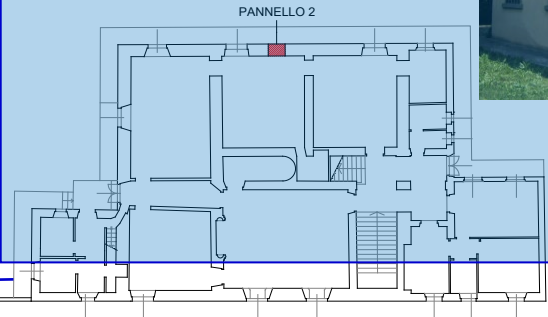
# SCHEDA DI QUALITÀ MURARIA

## PARTE PRIMA

- informazioni generali pannello e tipo di muratura:
- Collocazione
  - Data di prova
  - Lab. di prova
  - Categoria di muratura N
  - Cat. Di muratura R
  - Età della costruzione
  - Tipo di prova

pianta e prospetto della costruzione

PARTE PRIMA	
COLLOCAZIONE ED IDENTIFICAZIONE DELLA MURATURA	
1.1 NUMERO SCHEDA QUALITÀ MURARIA 074	1.13 COORDINATE N 4816922.29 E 732962.64 m
1.2 DENOMINAZIONE PANNELLO PANNELLO 2 (S5/P1)-074	1.14 PIANTA E/O PROSPETTO INDICAZIONE DELLA POSIZIONE DEL PANNELLO
1.3 REGIONE TOSCANA	PROV. AR
	Comune AREZZO
1.4 DATA RILIEVO (COINCIDENTE CON LA DATA DELLA PROVA) 30/07/2014	
1.5 LABORATORIO DI PROVA Prove strutture e materiali DICEA (UNIFI)	
1.6 CATEGORIA DI MURATURA ABACO Regione Toscana TAB. C8A.2.1 + TAB. C8A.2.2 Circ. Min.617/2009	
F	I 1 3
1.7 N° PIANI EDIFICIO (fuori terra) 4 fuori terra	
1.8 PIANO a CUI SI TROVA IL PANNELLO 2 fuori terra	
1.9 ETÀ DELLA COSTRUZIONE DA 1540 A 1560	
1.10 TIPO DI EDIFICIO Ed. ordinario pubblico   S41 Museo – Biblioteca	
1.11 PROVA IN SITO O LABORATORIO PROVA IN SITU	
1.12 TIPO DI PROVA MP-d DRMS A <sub>M</sub>	
OSSERVAZIONI *L'edificio ha subito modifiche nei secoli. Si presume che il pannello si trovi nella porzione originale.	



### CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA



PARTE SECONDA  
Paramento - tessitura

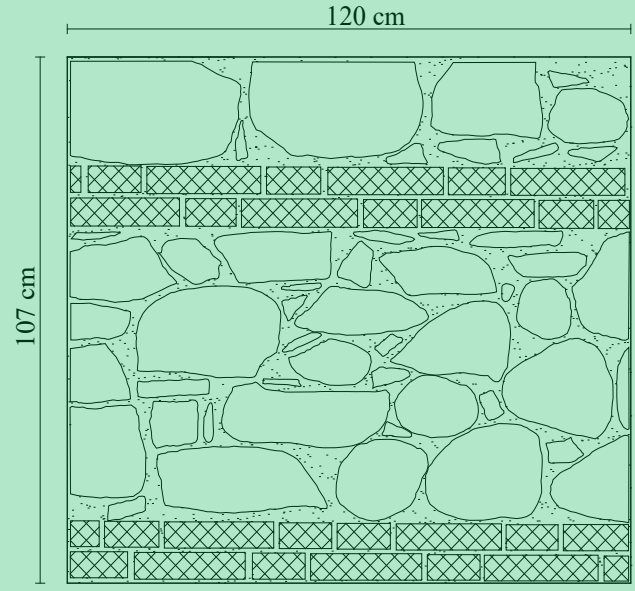
PARTE SECONDA  
RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA

2. TESSITURA DEL PARAMENTO

FOTOGRAFIA DEL PARAMENTO



RESTITUZIONE GRAFICA DEL PARAMENTO



LEGENDA

	PIETRE		MATTONI		MALTA		VUOTI		INTONACO		VEGETAZIONE
--	--------	--	---------	--	-------	--	-------	--	----------	--	-------------


immagine del  
paramento e  
ricostruzione grafica



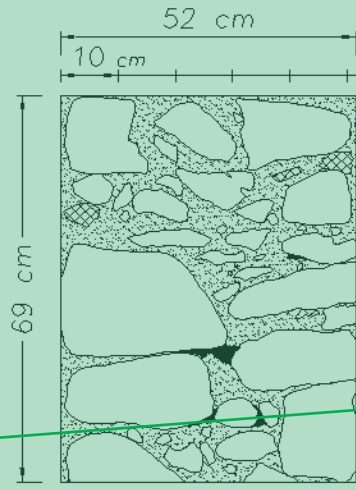
**PARTE SECONDA**  
**RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA**

**4. SEZIONE MURARIA**

FOTOGRAFIA DELLA SEZIONE MURARIA



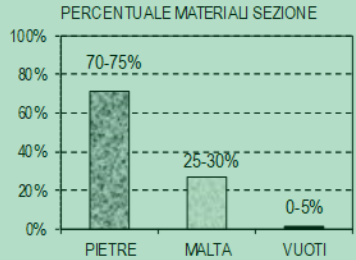
RESTITUZIONE GRAFICA DELLA SEZIONE  
Schema grafico



Osservazione:  
la schematizzazione del pannello è stata fatta in un altro punto rispetto alla foto a sinistra.

EVENTUALE GRAFICO  
presenza di % di pietre malta e vuoti

PERCENTUALE MATERIALI SEZIONE



Material	Actual %	Target Range %
PIETRE	71%	70-75%
MALTA	27%	25-30%
VUOTI	1%	0-5%

immagine della sezione e ricostruzione grafica

grafico con indicazione percentuale di pietre, malta e vuoti



## Abaco delle Murature

Caratterizzazione qualitativa delle murature

Descrizione Murature

Componenti



IQM



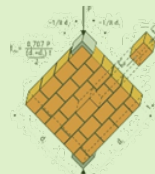
Foto



Prove sperimentali

Sulla muratura

Compressioni diagonali (CD)



Carote (CAR)



Martinetti Piatti (MP)



Compressioni semplici (C)



Sul singolo elemento

Analisi malta ( $A_M$ )



DRMS



Compressione e blocco ( $C_B$ )



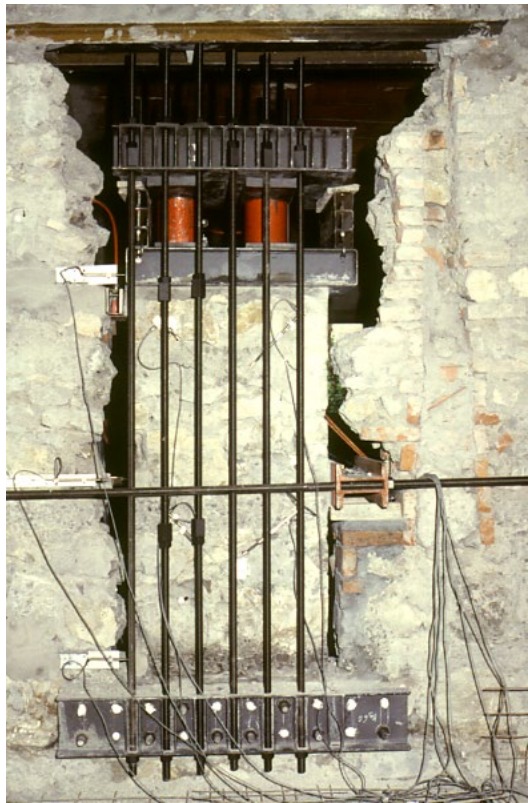
# PROVE SPERIMENTALI



Compressioni diagonali (CD)



Compressioni SEMPLICE (C)





PROVE SPERIMENTALI

MARTINETTO  
PIATTO



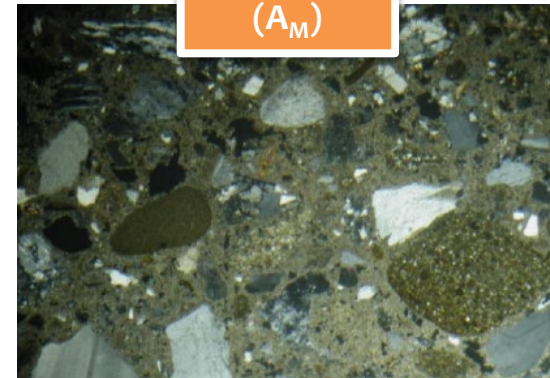
Compressione blocco ( $C_B$ )

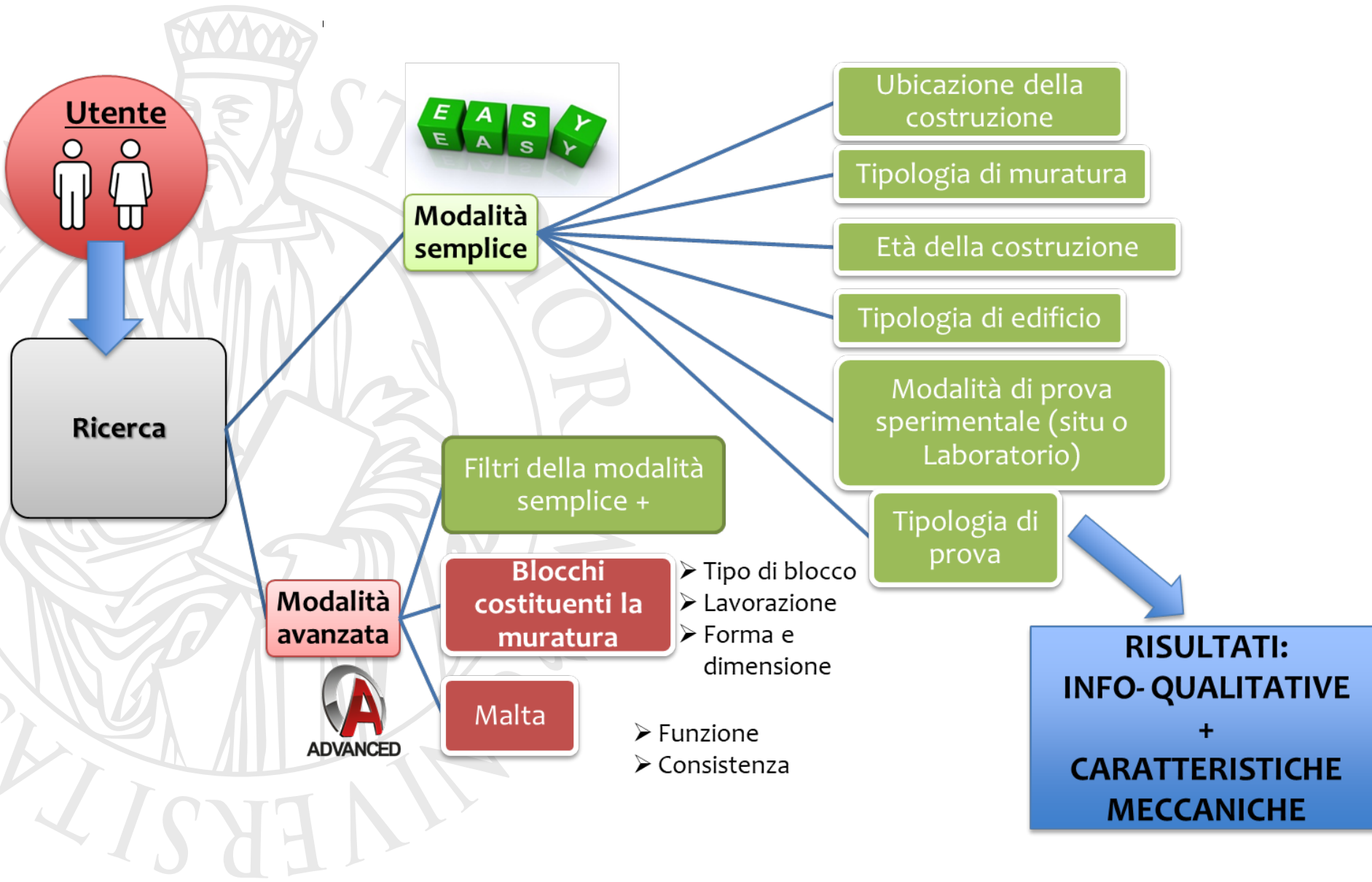


DRMS



Analisi malta ( $A_M$ )







Contributi scientifici

Non sicuro | www.bollettinoingegneri.it/contributi-scientifici

App Statics of Historic Ma Assicurazione, forma: Abilitazione Scient

# bollettino ingegneri

mensile di Ingegneria e architettura  
testo scientifico - notiziario - prezzario  
dei materiali e delle opere - edilguida

CHI SIAMO ▾ ABBONAMENTI CONTRIB

Home / CONTRIBUTI SCIENTIFICI



## CONTRI

Sezione dedicata alle

COPERTINA	N°	ANNO	T
	3/4	2018	

**Bollettino Ingegneri** (11-12/2018)

# bollettino ingegneri

bimestrale di ingegneria e architettura

**Numero 11-12 2018**      aggiornamenti Settembre - Dicembre



Home Metodo Ricerca Chi siamo | Contatti Login Registrati

METODO    Q. RICERCA    CONTATTI

**testo scientifico, notiziario, edilguida**  
**prezzario dei materiali e delle opere**

**NUMERO MONOGRAFICO**  
**L'Abaco delle murature della Regione Toscana**

**Presentazione**  
*Paolo SPINELLI*

**Premessa**  
*Franco GALLORI, Andrea VIGNOLI*

**Il metodo IMQ per la valutazione della qualità muraria**  
*Antonio BORRI, Alessandro DE MARIA*

**L'Abaco delle Murature.**  
**Database di riferimento e struttura del sito**  
*Sonia BOSCHI, Andrea VIGNOLI*

**Linee guida per l'utilizzo dei risultati dell'Abaco delle murature**  
*Sonia BOSCHI, Franco GALLORI, Nicola SIGNORINI, Andrea VIGNOLI*

**Caratterizzazione delle murature di edifici storici in Toscana: informazioni qualitative e risultati sperimentali**  
*Sonia BOSCHI, Michele BETTI, Luciano GALANO*

11-12 2018  
ISSN 2035 - 2417  
Punto Edizioni s.p.a. - Sped. Abb. Post.  
D.L. 353/2003 (conv. L. 27/02/2004 n° 46)  
art. 1, D.M. FIRENZE  
Per il mancato ricevimento rivolgersi a Firenze CMP  
per restituzione al mittente previo pagamento dei costi

<<L'ABACO DELLE MURATURE DELLA REGIONE TOSCANA>>



**CEPI ENGINEERING**  
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA



Associazione Italiana ed Internazionale  
per la Sicurezza sui Luoghi di Lavoro

LE NUOVE NTC 2018

# STRUTTURE (esistenti) IN MURATURA SECONDO LE NTC 2018

Roma , 9 Ottobre 2020



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

**Prof. Ing. Michele Betti**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Università degli Studi di Firenze

[michele.betti@unifi.it](mailto:michele.betti@unifi.it)

