



La pianificazione della ricostruzione, i centri storici minori

Prof. Lenci S., Prof. Quagliarini E., Ing. Clementi F.

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Architettura (DICEA)

Università Politecnica delle Marche, Ancona

francesco.clementi@univpm.it



Acquasanta Terme - 18 Febbraio 2017

- La vulnerabilità sismica: una piccola premessa
- La vulnerabilità dei centri storici: metodi a disposizione
- Quali sono i risultati ottenibili dai precedenti metodi
- Tecniche di intervento su strutture esistenti

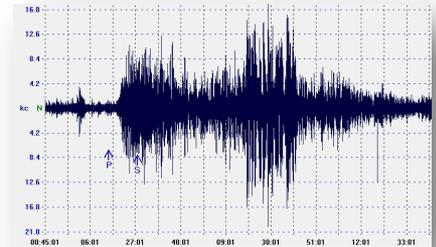
RISCHIO SISMICO

probabilità che si verifichi o che venga superato un certo livello di danno o di perdita in un prefissato intervallo di tempo e in una data area, a causa di un evento sismico

$$R = f(P, V, E)$$

Pericolosità sismica

stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto ad un evento sismico, in una determinata area. Esprimibile tramite l'accelerazione al suolo attesa (PGA)



Vulnerabilità sismica

propensione di un sistema al danno o alla perdita a seguito di un dato evento sismico.

Viene detta primaria se relativa al danno fisico subito dal sistema, secondaria se relativa alla perdita subita dal sistema a seguito del danno fisico



Esposizione

dislocazione, quantità, qualità e valore dei beni e delle attività che possono essere presenti sul territorio ed essere influenzate dall'evento sismico



Cos'è quindi la Vulnerabilità Sismica?

La propensione di una struttura (ma anche di altri manufatti, attività, beni, ecc.) a subire un danno di un determinato livello a fronte di un evento sismico di data intensità

Viene espressa come la probabilità che l'edificio possa subire danni o modificazioni per effetto di un evento sismico di assegnata energia

Misura della perdita o della riduzione di efficienza a svolgere le funzioni che normalmente vengono esplicitate a regime

In sostanza è l'elenco dei “punti deboli” dell'edificio: ogni “debolezza” costituisce una specifica vulnerabilità, che contribuisce alla vulnerabilità globale dell'edificio

L'individuazione dei “punti deboli” è fatta sostanzialmente a partire dall'osservazione dei danni subiti dagli edifici nei passati terremoti

LA VULNERABILITA' SISMICA

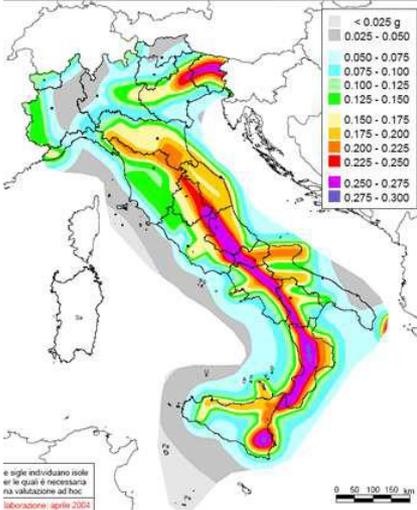
Una piccola premessa



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

risultato: Ordinanza PCM del 26 aprile 2006 n. 4910, Art.10)
espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
riferita a suoli rigidi ($V_{s,0} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



La PERICOLOSITÀ SISMICA del territorio italiano è nota ...ed elevata...

Se l'edificio è RILEVANTE o STRATEGICO la sua ESPOSIZIONE è più alta di un edificio ordinario



**IMPORTANZA DI CONOSCERE E VALUTARE LA VULNERABILITÀ,
UNICO ELEMENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO**

2.4.2 CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

NTC 2008
§ 2.4.2
Classi
d'uso



Edifici ed opere strategiche

EDIFICI

- Organismi governativi
- Uffici territoriali di Governo
- Corpo nazionale dei Vigili del fuoco
- Forze armate
- Forze di polizia
- Corpo forestale dello Stato
- Croce rossa
- Protezione Civile

...



Edifici ed opere strategiche

OPERE INFRASTRUTTURALI

Strade ed autostrade

Ferrovie e stazioni ferroviarie

Porti ed aeroporti

Acquedotti

Gasdotti

Reti distribuzione energia

...



Edifici rilevanti (affollamento – valore culturale – salvaguardia ambientale)

Scuole
Teatri
Chiese
Musei
Biblioteche
Industrie pericolose per l'ambiente
...

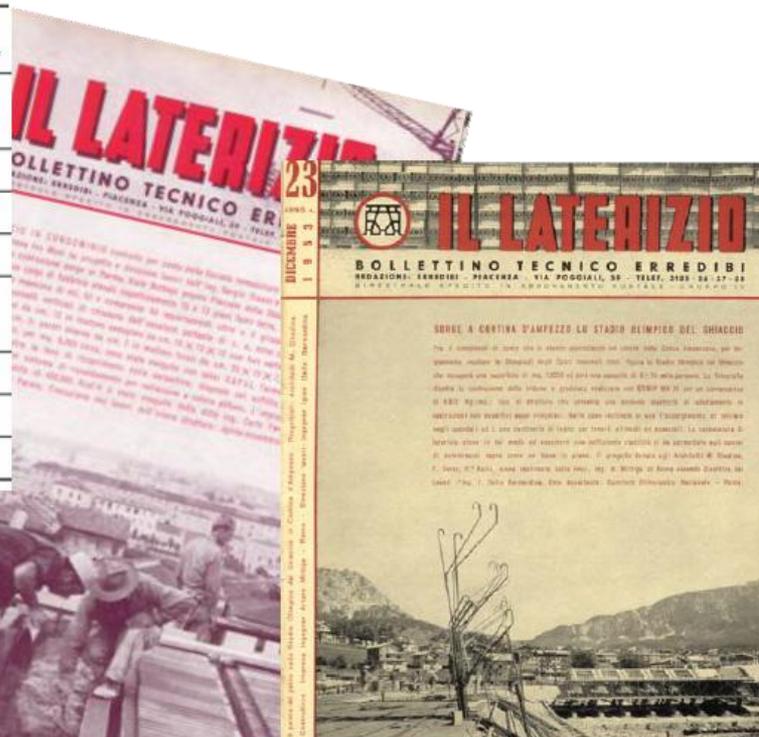


LA VULNERABILITA' SISMICA

Una piccola premessa



Tipologia di degrado	Migliaia di alloggi a rischio	val. % sul totale generale
Degradato per vetustà		
Edilizia storica nelle grandi città	105	2,9
Edilizia storica nel resto del territorio nazionale	430	12,1
Edifici con oltre 40 anni di vita	770	21,5
Totale	1.305	36,5
Degradato per ragioni costruttive		
Boom edilizio di fine anni '60	680	19,0
Edifici abusivi multipiano (1)	1.590	44,5
Totale	2.270	63,5
Totale Generale	3.575	100,0



LA VULNERABILITA' SISMICA

Una piccola premessa



LA TORRE DEI MODENESI - FINALE EMILIA

La **valutazione** è un processo che può essere molto semplice o molto complesso:

1. METODI TIPOLOGICI

Concepiscono l'edificio come membro indifferenziato di una classe tipologica definita in funzione dei materiali, della tecnica costruttiva o di altri fattori (tipi di struttura verticale, orizzontale, scale e copertura).

Troppo approssimati, anche se idonei per indagini estensive e, in qualche misura, preliminari.

2. METODI SEMEIOTICI

Considerano l'oggetto (edificio, centro storico, ecc.) come un organismo la cui vulnerabilità può essere descritta attraverso "sintomi", rappresentati da indicatori di idoneità a sopportare le azioni sismiche o a valutarne gli effetti. Un indice parziale di vulnerabilità viene assegnato ad ogni indicatore con lo scopo di determinare l'indice di vulnerabilità totale dell'oggetto in esame.

Accettabile bilanciamento tra semplicità e accuratezza della risposta (comunque approssimata).

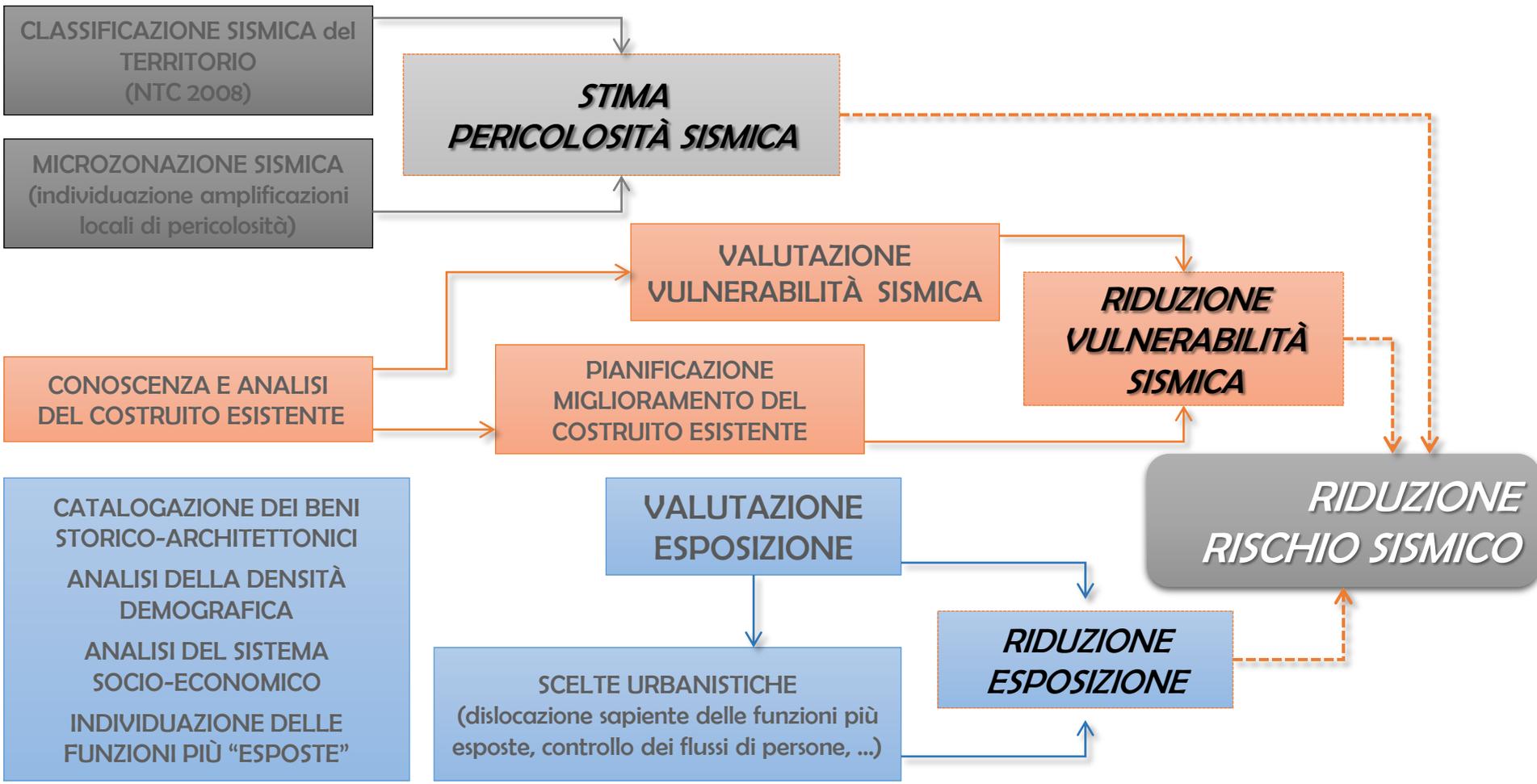
3. METODI MECCANICISTICI (analisi strutturale)

Sostituiscono all'edificio un suo modello meccanico teorico. La vulnerabilità sismica è valutata tramite modellazione dell'edificio, applicazione di forze verticali e orizzontali, determinazione dello stato tensionale e della capacità di resistere alle azioni sismiche.

Troppo complicati, soprattutto alla scala dei centri storici (accettabile solo per singoli edifici o aggregati).

LA VULNERABILITA' SISMICA

Strategia di riduzione del rischio sismico



- La vulnerabilità sismica: una piccola premessa
- **La vulnerabilità dei centri storici: metodi a disposizione**
- Quali sono i risultati ottenibili dai precedenti metodi
- Tecniche di intervento su strutture esistenti

I PRINCIPALI METODI SEMEIOTICI ESISTENTI E LA RELATIVA STRATEGIA DI VALUTAZIONE



METODO SAVE (livello "0")
Scala CENTRO STORICO

METODO della REGIONE MARCHE
Scala AGGREGATO

METODO SCHEDA II
LIVELLO GNDT modificata
Scala EDIFICIO

Valutazione speditiva di vulnerabilità dell'aggregato strutturale e determinazione di MAPPE DI ISOVULNERABILITA' nell'edificato del Centro Storico

Valutazione speditiva di vulnerabilità dell'edificio singolo con elementi aggiunti di valutazione dell'interazione strutturale degli edifici in aggregato

Valutazione speditiva di vulnerabilità ed esposizione del sistema Centro storico e confronto con 34 Centri storici

I PRINCIPALI METODI SEMEIoTICI ESISTENTI E LA RELATIVA STRATEGIA DI VALUTAZIONE



METODO SAVE (livello "0")
Scala CENTRO STORICO

METODO della REGIONE
MARCHE
Scala AGGREGATO

METODO SCHEDA II
LIVELLO GNDT modificata
Scala EDIFICIO

Valutazione speditiva di vulnerabilità dell'aggregato strutturale e determinazione di MAPPE DI ISOVULNERABILITA' nell'edificato del Centro Storico

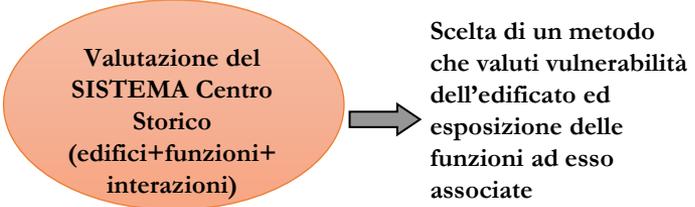
Valutazione speditiva di vulnerabilità dell'edificio singolo con elementi aggiunti di valutazione dell'interazione strutturale degli edifici in aggregato

Valutazione speditiva di vulnerabilità ed esposizione del sistema Centro storico e confronto con 34 Centri storici

Il metodo SAVE-GNDT (di “livello 0”)* - metodo «recente»



Elaborato nel 2001 nell’ambito del progetto S.I.S.M.A.(2000-2006), il metodo valuta il Rischio sismico nelle sue componenti di vulnerabilità ed esposizione.



OGGETTO: non più il singolo edificio, ma il Centro storico come *systema urbano* (oggetti + reti + persone + funzioni + attività + valore).



La metodologia è stata già applicata ad un campione di 34 Centri Storici dell’Italia centro-meridionale.

Scopo della metodologia: stima della vulnerabilità del sistema urbano e confronto con gli altri Centri storici

* Progetto SAVE (Strumenti Aggiornati per la valutazione della Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani)-Task 4 (anni 2000-2002)-coordinatore A. Cherubini.

In linea con le sezioni della Scheda Centro Storico GNDT, **il metodo individua nel sistema centro storico 6 componenti fondamentali**, per ognuna delle quali considera alcuni “sintomi” di vulnerabilità:

Componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

Parametri di vulnerabilità

- emergenze storico-artistiche
- stato di conservazione
- materiali prevalenti
- modalità di aggregazione
- percentuale di utilizzazione
- interventi
- caratteristiche costruttive
- densità dell'edificato
- ...

In linea con le sezioni della Scheda Centro Storico GNDT, **il metodo individua nel sistema centro storico 6 componenti fondamentali**, per ognuna delle quali considera alcuni “sintomi” di vulnerabilità:

Componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

Parametri di vulnerabilità

- quota
- morfologia
- sviluppo viario
- densità
- rapporto altezza edifici / larghezza sezione stradale
- caratteristica funzionale prevalente
- presenza di ponti
- ...

In linea con le sezioni della Scheda Centro Storico GNDT, **il metodo individua nel sistema centro storico 6 componenti fondamentali**, per ognuna delle quali considera alcuni “sintomi” di vulnerabilità:

Componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

Parametri di vulnerabilità

- n. servizi sanitari
- n. totale servizi pubblici
- n. scuole
- n. servizi standard
- n. servizi “sensibili”
- ...

In linea con le sezioni della Scheda Centro Storico GNDT, **il metodo individua nel sistema centro storico 6 componenti fondamentali**, per ognuna delle quali considera alcuni “sintomi” di vulnerabilità:

Componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

Parametri di vulnerabilità

- unità locali e addetti industria
- unità locali e addetti commercio
- unità locali e addetti servizi
- ...

In linea con le sezioni della Scheda Centro Storico GNDT, **il metodo individua nel sistema centro storico 6 componenti fondamentali**, per ognuna delle quali considera alcuni “sintomi” di vulnerabilità:

Componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

Parametri di vulnerabilità

- caratteristica funzionale
- accesso viario
- percentuale di utilizzazione
- n.di abitanti su area perimetrata
- andamento demografico
- trasformazioni storico-politico-sociali
- ...

In linea con le sezioni della Scheda Centro Storico GNDT, **il metodo individua nel sistema centro storico 6 componenti fondamentali**, per ognuna delle quali considera alcuni “sintomi” di vulnerabilità:

Componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

Parametri di vulnerabilità

- numero e qualità di beni architettonici
- citazione Touring Club Italiano
- feste
- trasformazioni storico-politico-sociali
- ...

Il metodo SAVE-GNDT (di "livello 0")



attribuzione punteggio

Es. tabella vulnerabilità Edificato

Parametri di vulnerabilità

codice da scheda centro storico - indicatori	matrice dei punteggi					centro storico corinaldo	note
	A 1	B 0,75	C 0,50	D 0,25	E 0		
A2.3-emergenze storico artistiche	religiosa	civile	Infrastrutture e servizi	Contenitore di beni artistici		0,75	Fonte: tav.20 PPE(1978) cfr.Tav.A
B1.3-consistenza area perm./centro abitato	> 0,8	≥0,6 ≤0,8	≥0,4 ≤0,6	≥0,2 ≤0,4	<0,2	0	
B2.1-elementi spaziali urbani strade principali/ strade secondarie	Tutte H/L>1	Strade principali H/L>1	Tutte H/L=1	Strade principali H/L=1	Tutte H/L<1	1	Fonte: Rilievo diretto Cartografia cfr.Tav.B
B2.2-stato di conservazione	Cattivo Pessimo >40%	Cattivo Pessimo <40%	Mediocre >50%	Discreto >50%	Buono ≥50%	0,25	Fonte: osservazioni in situ
B2.3-materiali prevalenti	Pietra irregolare	Pietra squadrata	Pietra squadrata tufo	Prevalenza laterizio		0,25	Fonte: osservazioni in situ
B2.4-edifici strategici e speciali	Prevalenza sanitarie	Prevalenza istruzione	Prevalenza religiosa	Prevalenza civile	Tutte le altre	0,25	Fonte: tav.20 PPE(1978) cfr.Tav.A
INDICATORE DI VULNERABILITÀ						8,75	V _{max} di rif. 13,5 Cfr.Allegato 2
INDICATORE DI VULNERABILITÀ NORMALIZZATO %						65	
CLASSE DI VULNERABILITÀ EDIFICATO						B	Alta: 86-100 Media: 71-85 Bassa: 50-70

Classi e punteggi

Ad ogni parametro è associato un punteggio convenzionale secondo i criteri espressi nelle tabelle di vulnerabilità:

somma dei punteggi

Indice di Vulnerabilità dell'edificato

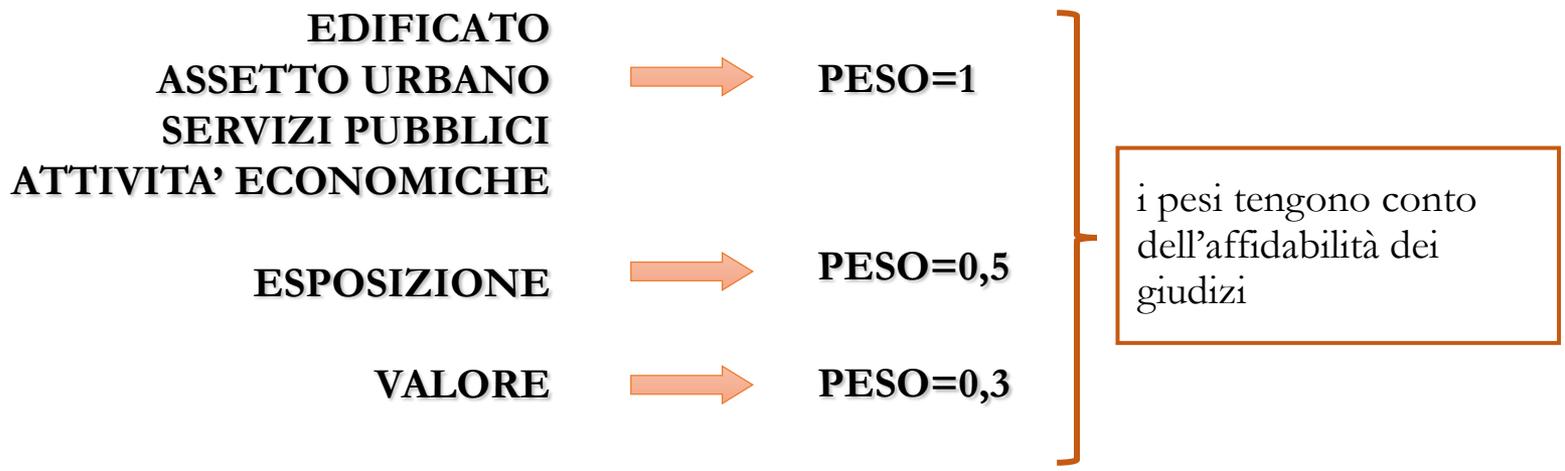
Il metodo SAVE-GNDT (di “livello 0”)



I risultati normalizzati di ogni componente contribuiscono alla determinazione del Rischio sismico (con questa tecnica è indipendente dalla pericolosità)

$$R = \left(\sum_{i=1}^4 Vulnerabilità \right) + 0,5 \cdot Esposizione + 0,3 \cdot Valore$$

↓
i = componente di vulnerabilità
 (edificato + assetto urbano + servizi + attività economiche)



Il valore di Rischio ottenuto permette infine di stabilire un confronto con gli altri Centri Storici valutati con la stessa metodologia.

Il metodo SAVE-GNDT (di “livello 0”)



RISCHIO SISMICO crescente

RISCHIO SISMICO (esclusa pericolosità)	RISCHIO SISMICO NORMALIZZATO	CENTRO STORICO	CLASSE ALTA (n.componenti di rischio)	CLASSE MEDIA (n.componenti di rischio)	CLASSE BASSA (n.componenti di rischio)
371,40	100	Noepi	2	3	1
350,30	94	Francavilla in Sinni	4	1	1
330,30	89	Offida	4	0	2
330,70	89	Senise	2	2	2
288,20	78	Monte Sant' Angelo	3	1	2
285,30	77	Rotonda	3	2	1
270,60	73	Castelli	1	4	1
266,70	72	San Giorgio Lucano	3	0	3
266,00	72	Farindola	2	2	2
267,80	72	Castelvecchio Subequo	1	4	1
263,50	71	Viaggianello	3	1	2
256,20	69	Ovindoli	1	4	1
256,90	69	San Severino Lucano	2	3	1
248,20	67	Castelluccio inf.	0	5	1
241,70	65	San Marco in Lamis	2	2	2
236,60	64	Cagnano-Varano	2	1	3
238,40	64	Castelsaraceno	3	1	2
229,70	62	Episcopia	2	2	2
229,70	62	Lesina	2	0	4
226,00	61	Chiaromonte	1	3	2
224,70	61	Teana	1	2	3
222,90	60	Tione	0	4	2
219,70	59	San Giovanni Rotondo	2	2	2
210,00	57	Cersosimo	0	3	3
203,90	55	Castelluccio sup.	1	3	2
205,50	55	San Costantino	1	2	3
202,70	55	Terranova del Pollino	0	2	4
202,30	54	Caldera	1	1	4
200,30	54	SannicandroGarganico	0	3	3
200,20	54	Fontecchio	1	2	3
198,20	53	Aielli	2	0	4
197,20	53	Bisegna	1	2	3
195,50	53	San Paolo Albanese	1	2	3
194,70	52	Valsinni	1	1	4

Il metodo SAVE-GNDT (di "livello 0")

Vantaggi ed utilizzo:

→ la metodologia permette una valutazione globale di vulnerabilità ed esposizione dei Centri storici in breve tempo.

→ L'esistenza di un data base di 34 Centri storici simili in entità (< 5000 abitanti) permette un confronto utile ad individuare il livello di Rischio sismico a cui ogni Centro storico è esposto.

Svantaggi:

→ Il valore di Rischio sismico che si ottiene prescinde dalla pericolosità del sito. Quindi Centri storici di ugual valore di Rischio sismico possono essere esposti ad un Rischio effettivo molto diverso, dovuto all'influenza della sismicità del sito.

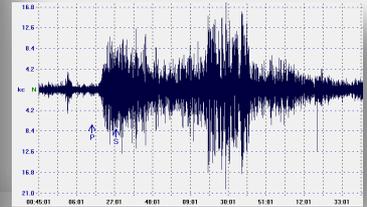
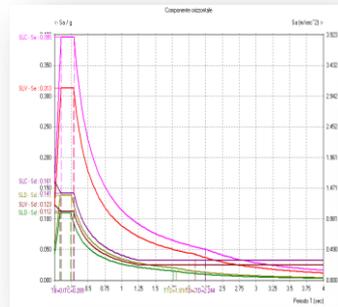
→ L'utilizzo di dati Istat ragguagliati all'area del Centro storico per la valutazione di alcuni parametri di Rischio (ad es. attività economiche, utilizzazione del centro storico) risulta un'approssimazione talvolta notevole.



Scelta di un metodo che valuti vulnerabilità dell'edificato ed esposizione delle funzioni ad esso associate

RISCHIO SISMICO (esclusa pericolosità)	RISCHIO SISMICO NORMALIZZATO	CENTRO STORICO	CLASSE ALTA (n.componenti di rischio)	CLASSE MEDIA (n.componenti di rischio)	CLASSE BASSA (n.componenti di rischio)
371.40	100	Noepi	2	3	1
350.30	94	FrancaVilla in Siruri	4	1	1
330.70	89	Offida	4	0	2
288.20	78	Monte Sant'Angelo	2	2	2
285.30	77	Rotonda	3	1	2
270.60	73	Castelli	3	2	1
266.70	72	San Giorgio Lucano	1	4	1
266.00	72	Farindola	3	0	3
267.80	72	Castelvecchio Subequo	2	2	2
263.50	71	Viaggianello	1	4	1
256.20	69	Orvindoli	3	1	2
256.90	69	San Severino Lucano	1	4	1
248.20	67	Casteluccio inf.	2	3	1
241.70	65	San Marco in Lamis	0	5	1
236.60	64	Cagnano-Varano	2	2	2
238.40	64	Castelsaraceno	2	1	3
			3	1	2

RISCHIO SISMICO crescente ↑



I PRINCIPALI METODI SEMEIoTICI ESISTENTI E LA RELATIVA STRATEGIA DI VALUTAZIONE



METODO SAVE (livello "0")
Scala CENTRO STORICO

METODO della REGIONE
MARCHE
Scala AGGREGATO

METODO SCHEDA II
LIVELLO GNDT modificata
Scala EDIFICIO

Valutazione speditiva di vulnerabilità dell'aggregato strutturale e determinazione di MAPPE DI ISOVULNERABILITA' nell'edificato del Centro Storico

Valutazione speditiva di vulnerabilità dell'edificio singolo con elementi aggiunti di valutazione dell'interazione strutturale degli edifici in aggregato

Valutazione speditiva di vulnerabilità ed esposizione del sistema Centro storico e confronto con 34 Centri storici

Elaborato dalla Regione Marche nel 2007 nell'ambito del progetto S.I.S.M.A.(2000-2006), il metodo valuta la vulnerabilità sismica degli aggregati strutturali

OGGETTO: non più il singolo edificio, ma l'aggregato di edifici, tipologia ricorrente nei centri storici

Valutazione di edifici in AGGREGATO, tipologia più ricorrente



Integrazione della Scheda di II livello GNDT con parametri indicativi dell'interazione strutturale oppure scelta di metodi semeiotici alternativi



OBIETTIVO: tracciamento di mappe di isovulnerabilità nell'edificato del centro storico per stabilire priorità nella pianificazione degli interventi

La metodologia è stata sperimentata su 3 aggregati del centro storico di Offida (AP)

* P.Mazzotti (a cura di), *Prevenzione del Rischio sismico nei Centri storici marchigiani: il caso di studio di Offida (AP)*, Regione Marche, S.I.S.M.A, Camerano, 2008.
INTERREG III B (2000-2006) CADSES 3B035 Linee guida progetto S.I.S.M.A., Città di Castello, 2007.

Scheda aggregato



AGGREGATO n (mappali n1, n2, n3)

	PESO	TOTALE PESATO
1 DIFFERENZE GEOMETRICHE ALTIMETRICHE		
area [m ²]		
altezza [m]		
Volume [m ³]		
V eccedenze	-	-
V tot eccedente [m ³]	-	-
V totale [m ³]	-	-
Vecc/Vtot	-	-
	1,00	-
2 DIFFERENZE GEOMETRICHE PLANIMETRICHE		
area [m ²]		
altezza [m]		
Volume [m ³]		
V mancanze	-	-
V tot mancante [m ³]	-	-
V totale [m ³]	-	-
Vmanc/Vtot	-	-
	1,00	-
3 MAX DIFF. TRA n.medio PIANI E n.UNITA' STRUTTURALI		
N unità 1	-	1 <= x <= 2
N unità 2	-	2 <= x <= 3
N unità 3	-	3 <= x <= 4
N medio aggregato	-	4 <= x
max dif	-	-
	0,60	-
4 DIFFERENZE MATERIALI E TIPOLOGIE COSTRUTTIVE		
n.edifici differenti	-	-
n.edifici totali	-	-
n.dif/n.tot	-	-
	0,60	-
5 DIFFERENZE ETA' DI COSTRUZIONE O ULTIMO INTERVENTO		
n.edifici differenti	-	-
n.edifici totali	-	-
n.dif/n.tot	-	-
	0,60	-
6 DIFFERENZE ALLINEAMENTO BUCATURE, ECCEDENZE BUCATURE O ORIZZONTAMENTI SFALSATI		
n.edifici differenti	-	-
n.edifici totali	-	-
n.dif/n.tot	-	-
	0,60	-
7 EDIFICI A COMPORTAMENTI NON SCATOLARI		
n.edifici	-	-
n.edifici totali	-	-
n.dif/n.tot	-	-
	0,40	-
8 FORMA COMPLESSIVA AGGREGATO (assi di simmetria)		
doppia	-	-
semplice	-	-
nessuna	-	-
	0,40	-
9 DEBITO MANUTENTIVO		
n.edifici differenti	-	-
n.edifici totali	-	-
n.dif/n.tot	-	-
	0,60	-
10 GEOMORFOLOGIA SEDIME AGGREGATO		
semint	-	-
no semint	-	-
giacitura non orizzontale	-	1
	0,40	-
totale VULNERABILITA' AGGREGATO		-
VULNERABILITA' MASSIMA		4,60
PERCENTUALE DI VULNERABILITA' %		-

Il metodo individua 10 parametri di vulnerabilità, volti a rilevare non le caratteristiche dei singoli edifici ma le differenze, e quindi le interferenze, TRA gli edifici di uno stesso aggregato:

- 1. DIFFERENZE GEOMETRICHE DEL PANNELLO ESTERNO**
- 2. DIFFERENZE GEOMETRICHE IN PIANTA**
- 3. MASSIMA DIFFERENZA TRA n. PIANI MEDIO E n. PIANI DELLE SINGOLE UNITA' STRUTTURALI**
- 4. DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE**
- 5. EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO**
- 6. PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI**
- 7. PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAMENTO SCATOLARE**
- 8. FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO** (assi di simmetria)
- 9. STATO DI CONSERVAZIONE**
- 10. GEOMORFOLOGIA E SEDIME AGGREGATO**

INDICE DI VULNERABILITÀ

↓

$$\frac{\sum V_i \cdot p_i}{V_{Max}}$$

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

Il parametro valuta le differenze di volumi in alzato, in eccesso o in difetto, rispetto a un volume idealmente regolare.

1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO

2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA

3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI

4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO

6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI

7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE

8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)

9 STATO DI CONSERVAZIONE

10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

VOLUME IN ECCESSO

VOLUME IN DIFETTO



- ✓ EDIFICI DI ALTEZZA NON UNIFORME
- ✓ PRESENZA DI TORRI, TORRETTE, ALTANE
- ✓ SOPRAELEVAZIONI NON INTEGRATE



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO
PER DIFFERENZA NELLE MASSE
MOVIMENTATE

peso alto = 1,0
massimo Convenzionale 0,2

Scheda
aggregato

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

1

DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO

2

DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA

3

MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI

4

DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

5

EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO

6

PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI

7

PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE

8

FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)

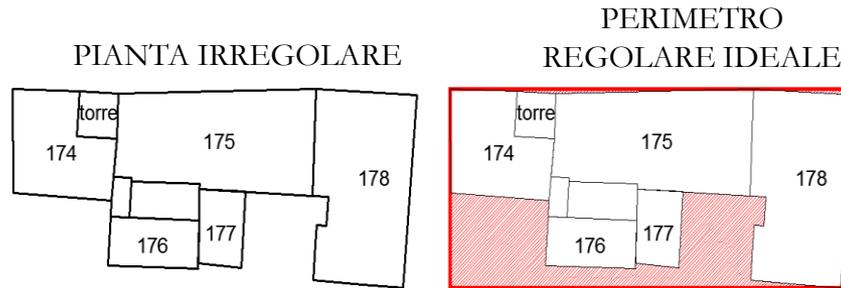
9

STATO DI CONSERVAZIONE

10

GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro valuta le differenze di volumi in pianta, in eccesso o in difetto, rispetto a un volume idealmente regolare.



SPORGENZE E RIENTRANZE



PRESENZA DI CORPI ANNESSI NON INTEGRATI

= PUNTI DEBOLI SOGGETTI A FORMAZIONE DI MECCANISMI LOCALI



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO

peso alto = 1,0

massimo Convenzionale 0,2

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO

2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA

3 MASSIMA DIFFERENZA TRA
NUMERO DEI PIANI MEDIO E
QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ
STRUTTURALI

4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E
NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI
ULTIMO INTERVENTO

6 PRESENZA DI BUCATURE NON
ALLINEATE O ECCESSIVE,
ORIZZONTAMENTI SFALSATI

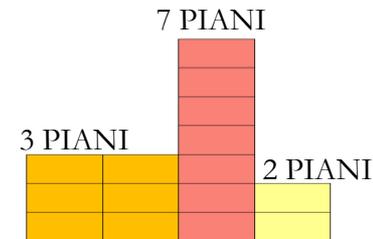
7 PRESENZA DI EDIFICI A
COMPORTAM. NON SCATOLARE

8 FORMA COMPLESSIVA
DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)

9 STATO DI CONSERVAZIONE

10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME
DELL'AGGREGATO

Il parametro valuta la massima differenza tra numero di piani medio e quello delle singole unità strutturali .



<i>totale pesato x</i>	<i>valore attribuito al parametro 2</i>
$x \leq 1$	0
$1 < x \leq 2$	0.25
$2 < x \leq 3$	0.5
$3 < x \leq 4$	0.75
$x > 4$	1



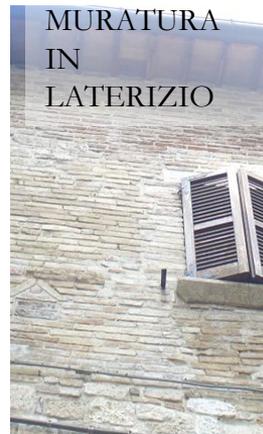
VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO

peso medio = 0,6

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO
- 2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA
- 3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI
- 4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
- 5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO
- 6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI
- 7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE
- 8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)
- 9 STATO DI CONSERVAZIONE
- 10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro rapporta il numero delle unità strutturali che si differenziano per tipologia costruttiva al numero di unità che compongono l'aggregato.



MURATURA IN LATERIZIO



MURATURA A SACCO CON PARAMENTI DI TRAVERTINO



MURATURA IN BLOCCHI DI TRAVERTINO QUADRATI

DISCONTINUITÀ STRUTTURALI



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO
peso medio = 0,6

Scheda
aggregato

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO

DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA

MASSIMA DIFFERENZA TRA
NUMERO DEI PIANI MEDIO E
QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ
STRUTTURALI

DIFFERENZE NEI MATERIALI E
NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

EPOCA DI COSTRUZIONE O DI
ULTIMO INTERVENTO

PRESENZA DI BUCATURE NON
ALLINEATE O ECCESSIVE,
ORIZZONTAMENTI SFALSATI

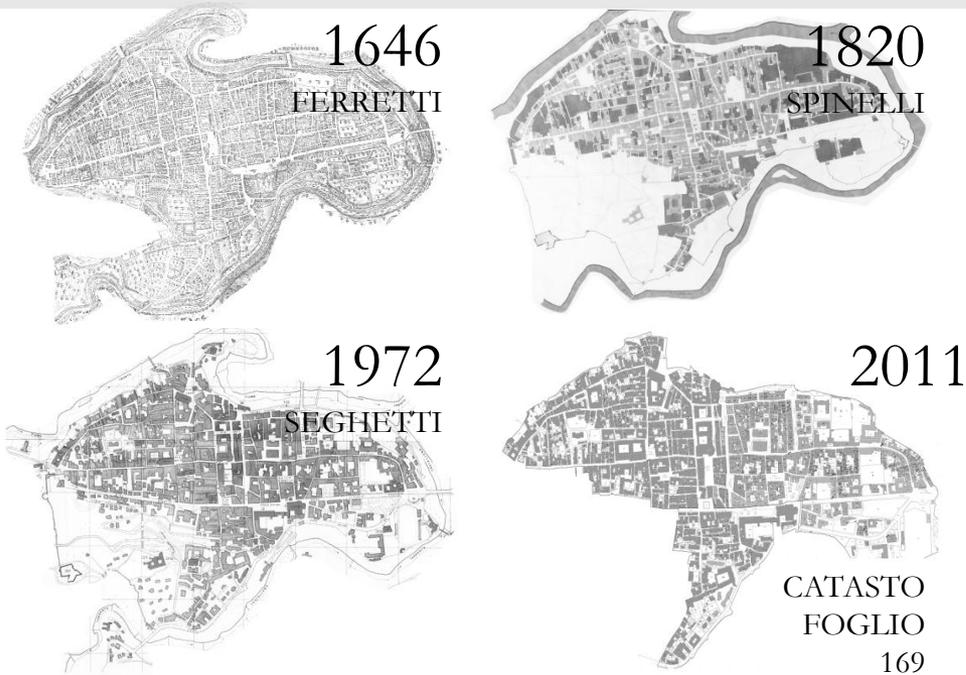
PRESENZA DI EDIFICI A
COMPORTAM. NON SCATOLARE

FORMA COMPLESSIVA
DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)

STATO DI CONSERVAZIONE

GEOMORFOLOGIA E SEDIME
DELL'AGGREGATO

Il parametro rapporta il numero delle unità strutturali posticce o ampliate al numero di unità che compongono l'aggregato.



CENTRO STORICO MEDIEVALE
POCHI EDIFICI EDIFICATI DOPO IL 1646
AMPLIAMENTI E SOPRAELEVAZIONI

STRUTTURE
ORIGINARIE
INADEGUATE

VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO

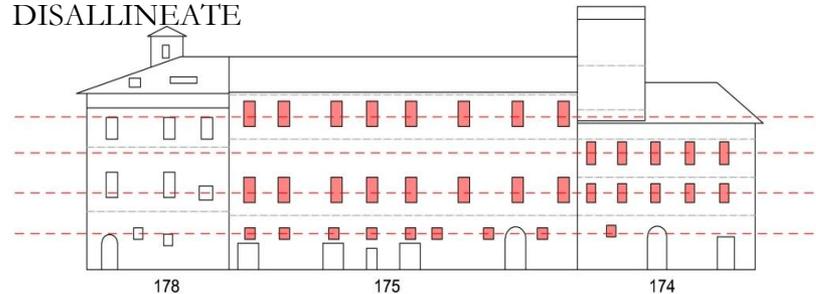
peso medio = 0,6

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO
- 2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA
- 3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI
- 4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
- 5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO
- 6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI
- 7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE
- 8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)
- 9 STATO DI CONSERVAZIONE
- 10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro valuta il numero delle unità strutturali che si differenziano rispetto al numero totale delle unità strutturali che compongono l'aggregato.

BUCATURE
DISALLINEATE



- ✓ PIANI SFALSATI → MARTELLAMENTO
 - ✓ BUCATURE DISALLINEATE → MINORE EFFICIENZA DEI MASCHI MURARI
- = PREDISPOSIZIONE A MECCANISMI LOCALI



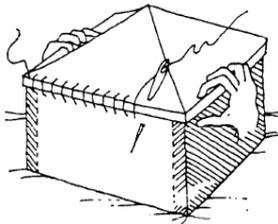
VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO
peso basso = 0,4

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO
- 2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA
- 3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI
- 4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
- 5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO
- 6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI
- 7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE
- 8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)
- 9 STATO DI CONSERVAZIONE
- 10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro rapporta il numero di edifici non scatolari al numero totale delle unità strutturali che compongono l'aggregato

EDIFICIO SCATOLARE:



1. BUON AMMORSAMENTO TRA PARETI
2. CATENE
3. CORDOLI IN C. A. IN COPERTURA
4. SOLAI RIGIDI NEL PIANO E BEN ANCORATI ALLE MURATURE = MIGLIORE RESISTENZA GLOBALE

EDIFICIO **NON** SCATOLARE:



Pareti male ammorsate.
Copertura mal collegata.



Solaio in legno **NON** RIGIDO.



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO
peso basso = 0,4

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO
- 2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA
- 3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI
- 4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
- 5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO
- 6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI
- 7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE
- 8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)
- 9 STATO DI CONSERVAZIONE
- 10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro si basa sull'individuazione del numero di assi di simmetria:

- simmetria doppia → valore 0,0
- simmetria semplice → valore 0,5
- assenza di simmetria → valore 1,00



VULNERABILITÀ
CRESCENTE

MASSE ECCENTRICHE



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO

peso basso = 0,4

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO
- 2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA
- 3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI
- 4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
- 5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO
- 6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI
- 7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE
- 8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)
- 9 STATO DI CONSERVAZIONE
- 10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro rapporta il numero di unità in situazione di debito manutentivo alle unità strutturali che compongono l'aggregato.

MANIFESTAZIONI DI DANNO:

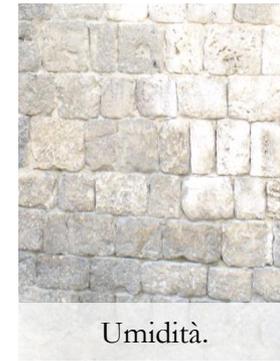
- lesioni da precedente evento sismico;
- lesioni da schiacciamento della muratura;
- danni causati da cedimento fondale;
- meccanismi di rotazione fuori piano;
- dissesti di copertura;
- lesioni per fenomeni di instabilità;



Lesione da sisma.

MANIFESTAZIONI DI DEGRADO:

- degrado di elementi litici o laterizi;
- perdita di legante tra i giunti;
- presenza permanente di umidità;
- fenomeni di efflorescenza;
- presenza di vegetazione nella muratura.



Umidità.



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO
peso alto= 0,6

10 PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- 1 DIFFERENZE GEOM. IN ALZATO
- 2 DIFFERENZE GEOM. IN PIANTA
- 3 MASSIMA DIFFERENZA TRA NUMERO DEI PIANI MEDIO E QUELLO DELLE SINGOLE UNITÀ STRUTTURALI
- 4 DIFFERENZE NEI MATERIALI E NELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
- 5 EPOCA DI COSTRUZIONE O DI ULTIMO INTERVENTO
- 6 PRESENZA DI BUCATURE NON ALLINEATE O ECCESSIVE, ORIZZONTAMENTI SFALSATI
- 7 PRESENZA DI EDIFICI A COMPORTAM. NON SCATOLARE
- 8 FORMA COMPLESSIVA DELL'AGGREGATO (SIMMETRIA)
- 9 STATO DI CONSERVAZIONE
- 10 GEOMORFOLOGIA E SEDIME DELL'AGGREGATO

Il parametro tiene conto della presenza di dislivelli significativi delle quote di fondazione :

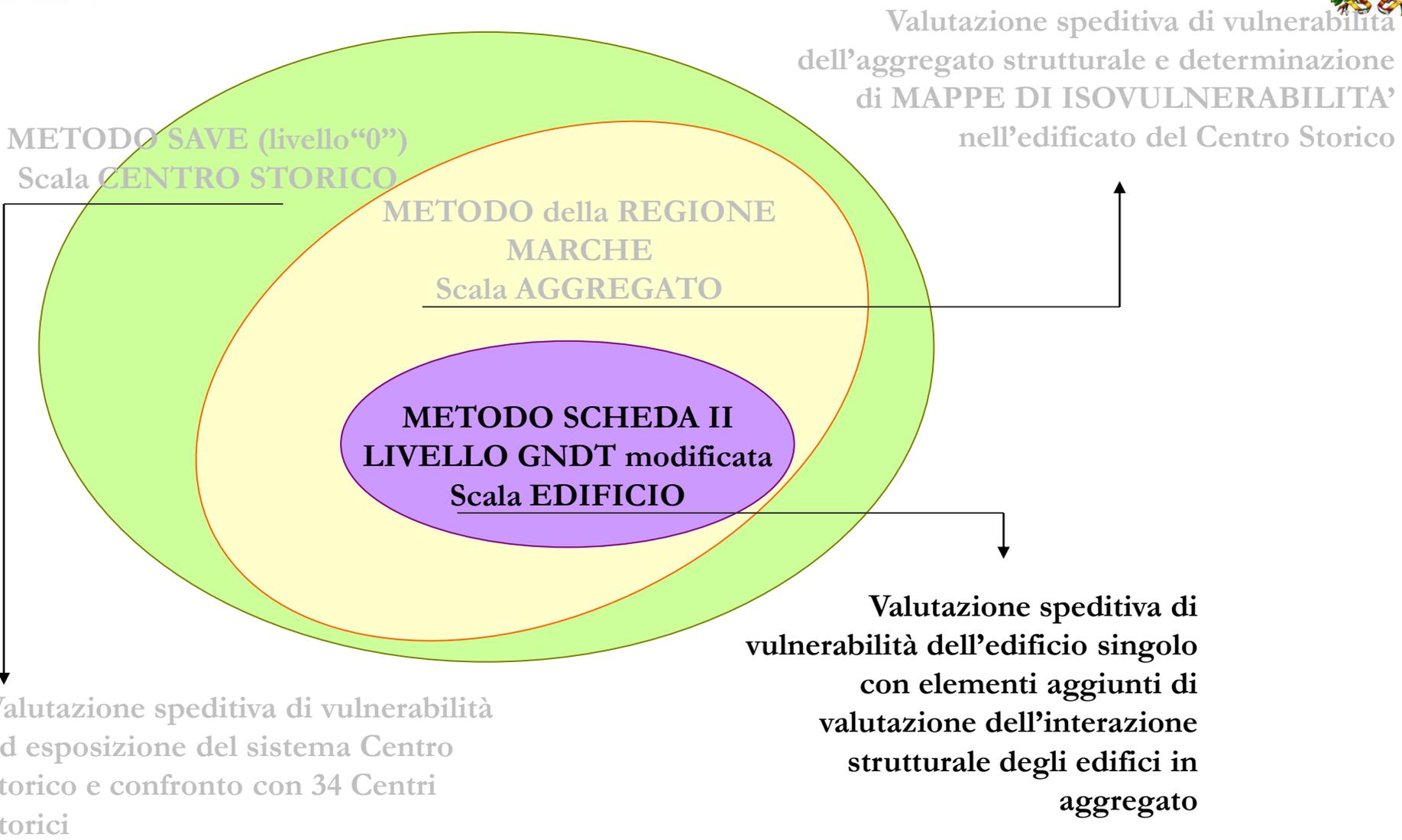
- presenza di piani interrati o seminterrati
- differenza di quota delle fondazioni nell'aggregato.



VULNERABILITÀ PER L'AGGREGATO

peso basso = 0,4

I PRINCIPALI METODI SEMEIoTICI ESISTENTI E LA RELATIVA STRATEGIA DI VALUTAZIONE



Scheda di II livello _ per la valutazione della vulnerabilità degli edifici in muratura



Codice ISTAT Provincia ¹ _____		Codice ISTAT Comune ² _____		Scheda N° ⁷ _____				
PARAMETRI	Classi	Qual. Inf.	ELEMENTI DI VALUTAZIONE					
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	11 22 _____	Norme nuove costruzioni (Clas. A)	33	1			
			Norme riparazioni (Clas. A)	34	2			
			Cordoli e catene tutti i livelli (Clas. B)	35	3			
			Buoni ammass. fra muri (Clas. C)	36	4			
			Senza cordoli cattivi ammass. (Clas. D)	37	5			
2	QUALITÀ DEL S.R.	12 23 _____	(vedi manuale) 34 _____					
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	13 24 _____	Numero di piani N	35	_____			
			Area totale coperta A _t (mq)	37	_____			
			Area A _x (mq)	41	_____			
			Area A _y (mq)	44	_____			
			τ _v (t/mq)	47	_____			
			Alt. media interpiano h (m)	50	_____			
			Peso specifico pareti p _m (t/mc)	52	_____			
Carico permanente solai p _s (t/mq)	54	_____						
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	14 25 _____	Pendenza percentuale del terreno	58	_____			
			Roccia Fondazioni: Si	1	No	2		
			Terr. sciolto non sping. Fond. Si	3	No	4		
			Terr. sciolto spingente Fond. Si	5	No	6		
			Differen. max di quota Δh (m)	59	_____			
5	ORIZZONTAMENTI	15 26 _____	Piani sfalsati	Si	1	No	2	
			Orizzontamenti rigidi e ben collegati	63	1			
			Orizzontam. deformabili e ben collegati	2				
			Orizzontam. rigidi e mal collegati	3				
			Orizzontam. deformabili e mal collegati	4				
% Orizzontam. rigidi e ben collegati	64	_____						
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	16 27 _____	Rapporto percentuale β ₁ = a/l	65	_____			
			Rapporto percentuale β ₂ = b/l	70	_____			
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	17 28 _____	% aumento (+) o diminuzione(-) di massa	74	_____			
			Rapporto percentuale T/H	77	_____			
			Percentuale superficie porticata	79	_____			
			Piano terra porticato	Si	1	No	2	
8	D _{max} MURATURE	18 29 _____	Rapporto massimo l/s	82	_____			
9	COPERTURA	19 30 _____	Copert. non sp. ⁸⁴ poco sp.	1	sp.	2		
			Cordoli in copertura	Si	85	1	No	2
			Catene in copertura	Si	86	1	No	2
			Carico perman. coper. p _c (t/mq)	87	_____			
			Lungh. appoggio coper. l _a (m)	90	_____			
			Perimetro copertura l (m)	93	_____			
10	ELEM. NON STRUTT.	20 31 _____	(Vedi manuale)					
11	STATO DI FATTO	1 32 _____	(Vedi manuale)					

Si compone di 11 sezioni di informazioni, che individuano 11 parametri di vulnerabilità:

1. Tipo ed organizzazione del sistema resistente
2. Qualità del sistema resistente
3. Resistenza convenzionale
4. Posizione edificio e fondazione
5. Orizzontamenti
6. Configurazione planimetrica
7. Configurazione in elevazione
8. Distanza massima murature
9. Coperture
10. Elementi non strutturali
11. Stato di fatto

SCHEMI - RICHIAMI	
Parametro 3. Resistenza convenzionale	
Tipologia strutture verticali	τ _v (t/mq)
Minimo tra A _x ed A _y	A (mq)
Massimo tra A _x ed A _y	A (mq)
Coeff. α ₀ = A _x /A _y	Coeff. γ = B/A
$q = (A_x + A_y) h p_m / A_t + p_s$ $C = \frac{a_x \tau_x}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 q \tau_x (1 + \gamma)}}$ $\alpha = C/0.4$	
Parametro 6. Configurazione planimetrica	
Parametro 7. Configurazione in elevazione	
Parametro 9. Copertura	

- La vulnerabilità sismica: una piccola premessa
- La vulnerabilità dei centri storici: metodi a disposizione
- **Quali sono i risultati ottenibili dai precedenti metodi**
- Tecniche di intervento su strutture esistenti

Valutazione delle componenti del sistema urbano

- EDIFICATO
- ASSETTO URBANO
- SERVIZI PUBBLICI
- ATTIVITA' ECONOMICHE
- ESPOSIZIONE
- VALORE

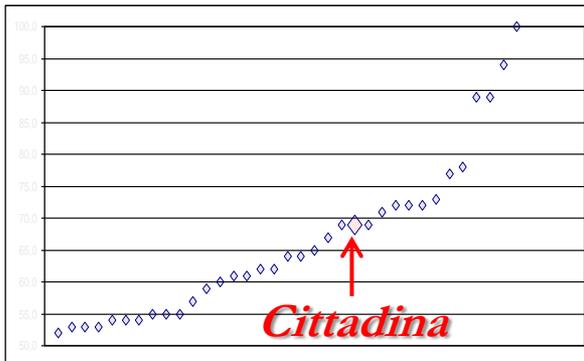


I risultati di ogni componente contribuiscono alla determinazione del **Rischio sismico**

Sintesi dei risultati per la cittadina

$$R = \left(\sum_{i=1}^4 V \right) + 0,5 \cdot E + 0,3 \cdot Va = 69\%$$

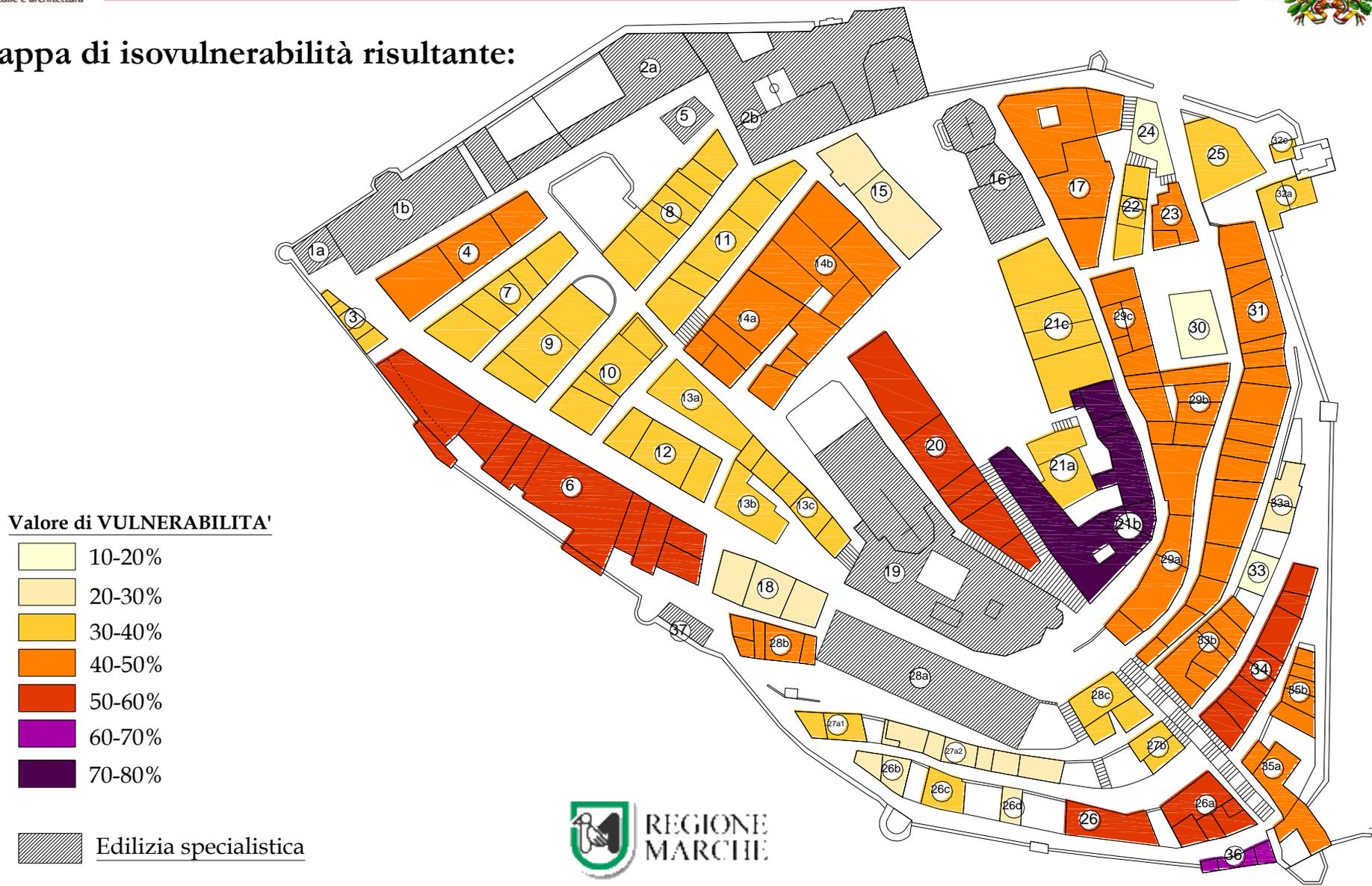
Nel campione dei 34 Centri già analizzati la cittadina si colloca in un **LIVELLO MEDIO-BASSO** di rischio sismico



RISCHIO SISMICO crescente

RISCHIO SISMICO (esclusa pericolosità)	RISCHIO SISMICO NORMALIZZATO	CENTRO STORICO	CLASSE ALTA (n.componenti di rischio)	CLASSE MEDIA (n.componenti di rischio)	CLASSE BASSA (n.componenti di rischio)
371,40	100	Noepi	2	3	1
350,30	94	Francavilla in Sinni	4	1	1
330,70	89	Senise	2	2	2
330,30	89	Offida	4	0	2
288,20	78	Monte Sant'Angelo	3	1	2
285,30	77	Rotonda	3	2	1
270,60	73	Castelli	1	4	1
267,80	72	Castelvecchio Subequo	1	4	1
266,70	72	San Giorgio Lucano	3	0	3
266,00	72	Farindola	2	2	2
263,50	71	Viaggianello	3	1	2
256,91	69	CORINALDO	3	0	3
256,90	69	San Severino Lucano	2	3	1
256,20	69	Ovindoli	1	4	1
248,20	67	Castelluccio inf.	0	5	1
241,70	65	San Marco in Lamis	2	2	2
238,40	64	Castelsaraceno	3	1	2
236,60	64	Cagnano-Varano	2	1	3
229,70	62	Episcopia	2	2	2
229,70	62	Lesina	2	0	4
226,00	61	Chiaromonte	1	3	2
224,70	61	Teana	1	2	3
222,90	60	Tione	0	4	2
219,70	59	San Giovanni Rotondo	2	2	2
210,00	57	Cersosimo	0	3	3
205,50	55	San Costantino	1	2	3
203,90	55	Castelluccio sup.	1	3	2
202,70	55	Terranova del Pollino	0	2	4
202,30	54	Caldera	1	1	4
200,30	54	SannicandroGarganico	0	3	3
200,20	54	Fontecchio	1	2	3
198,20	53	Aielli	2	0	4
197,20	53	Bisegna	1	2	3
195,50	53	San Paolo Albanese	1	2	3
194,70	52	Valsinni	1	1	4

Mappa di isovulnerabilità risultante:



Questo metodo (scheda II livello GNDT) è stato applicato solo sugli edifici di due aggregati

GNDT



- 0-10%
- 10-20%
- 20-30%
- 30-40%
- 40-50%
- 50-60%

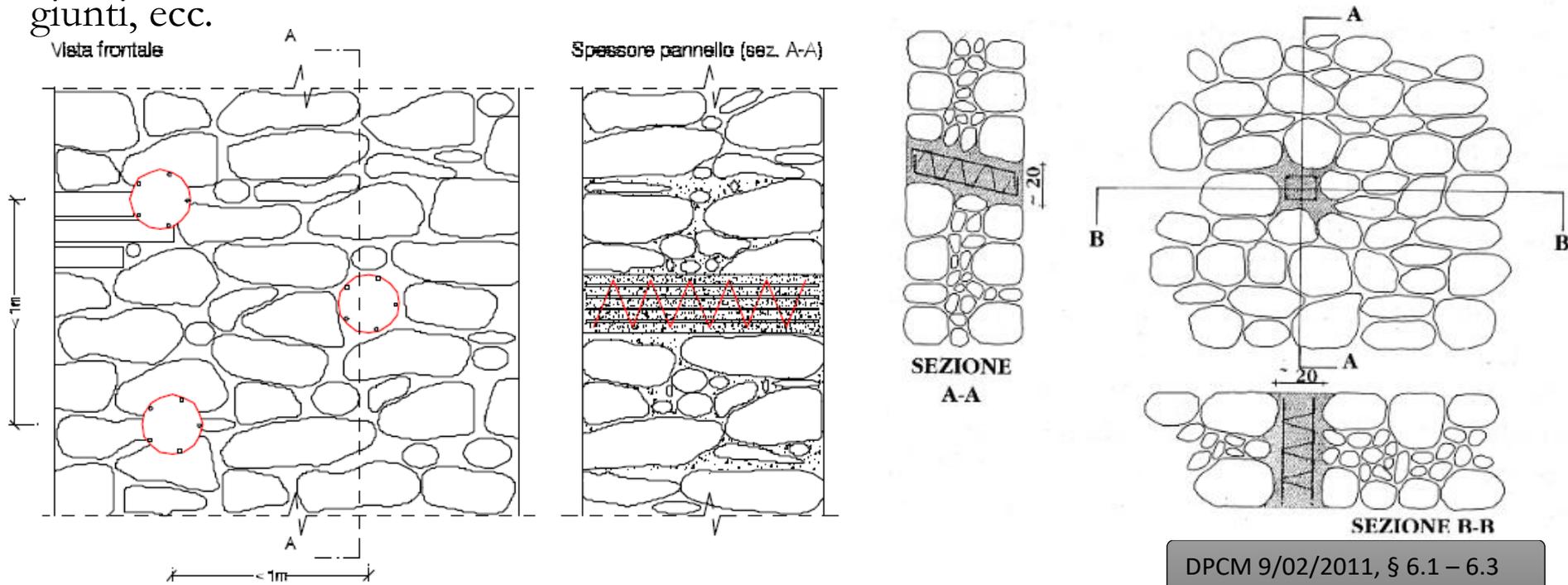
- La vulnerabilità sismica: una piccola premessa
- La vulnerabilità dei centri storici: metodi a disposizione
- Quali sono i risultati ottenibili dai precedenti metodi
- Tecniche di intervento su strutture esistenti

- **Interventi volti ad accrescere**
 - la monoliticità degli elementi murari
 - la resistenza degli elementi murari
- **Interventi volti a ridurre le carenza dei collegamenti**
- **Interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte e al loro consolidamento**
- **Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai e al loro consolidamento**
- **Interventi in copertura**
- **Interventi su pilastri e colonne**

INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI

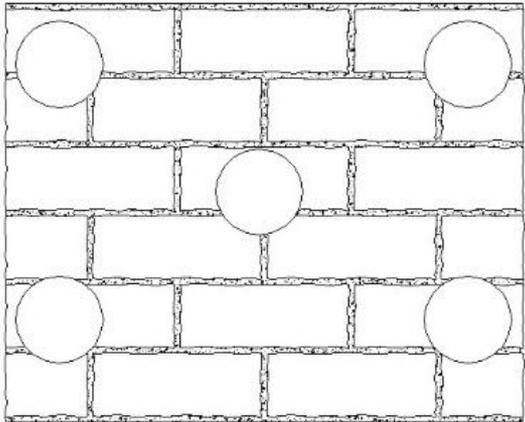


L'inserimento di **diatoni artificiali**, può realizzare un efficace collegamento tra i paramenti murari, evitando il distacco di uno di essi o l'innescò di fenomeni di instabilità per compressione; inoltre, tale intervento conferisce alla parete un comportamento monolitico per azioni ortogonali al proprio piano. Se i paramenti sono degradati è bene bonificare questi tramite tecniche quali: iniezioni di malta, ristilatura giunti, ecc.

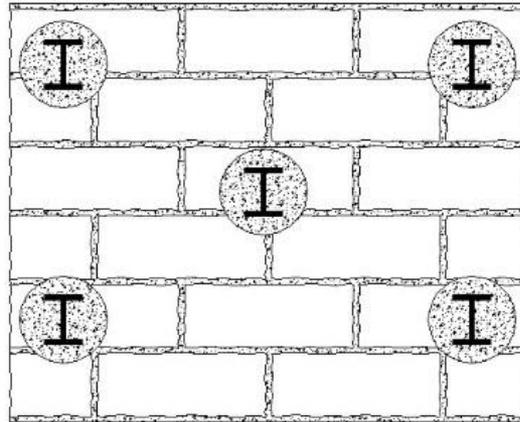


DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI



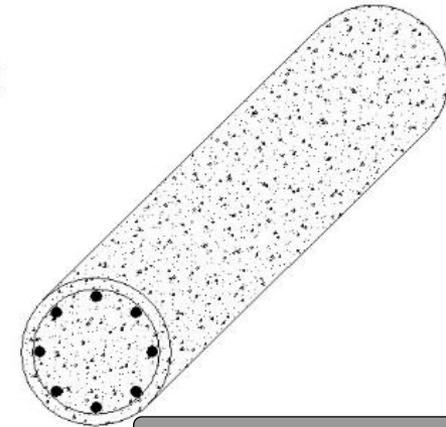
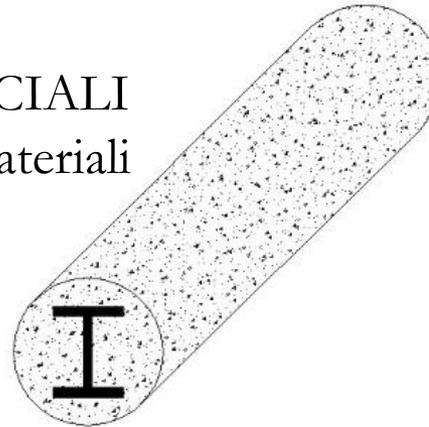
a)



b)

- a) Realizzazione dei fori;
- b) Posa in opera delle armature metalliche ed esecuzione del getto.

TIPOLOGIE DI DIATONI ARTIFICIALI
(si possono utilizzare anche materiali compositi come armatura interna)



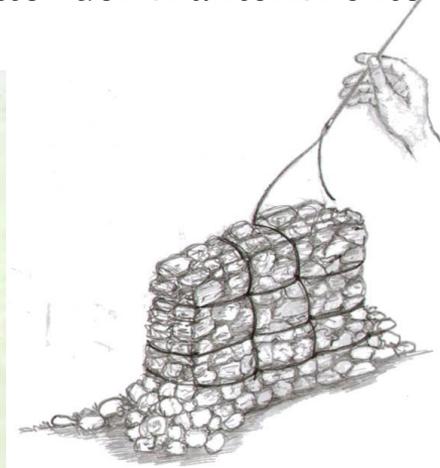
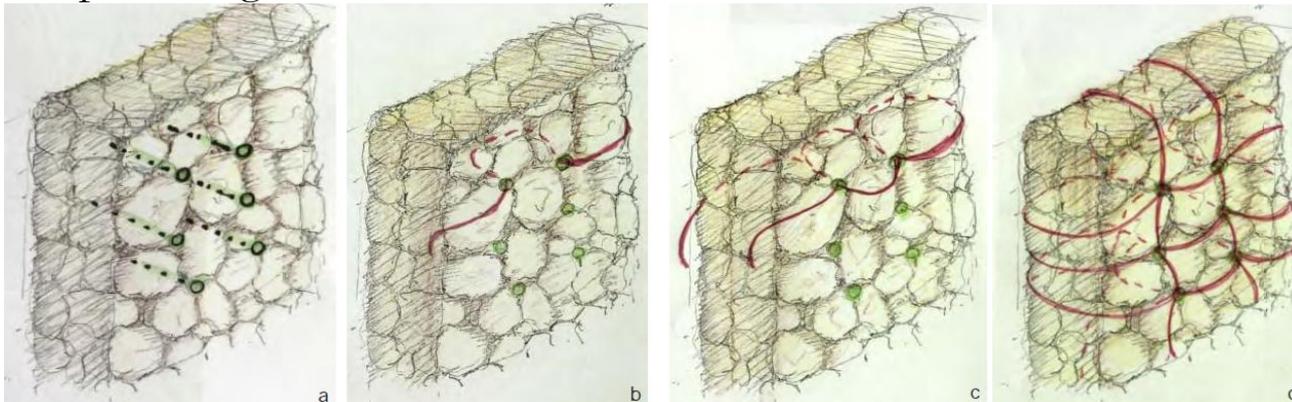
DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI

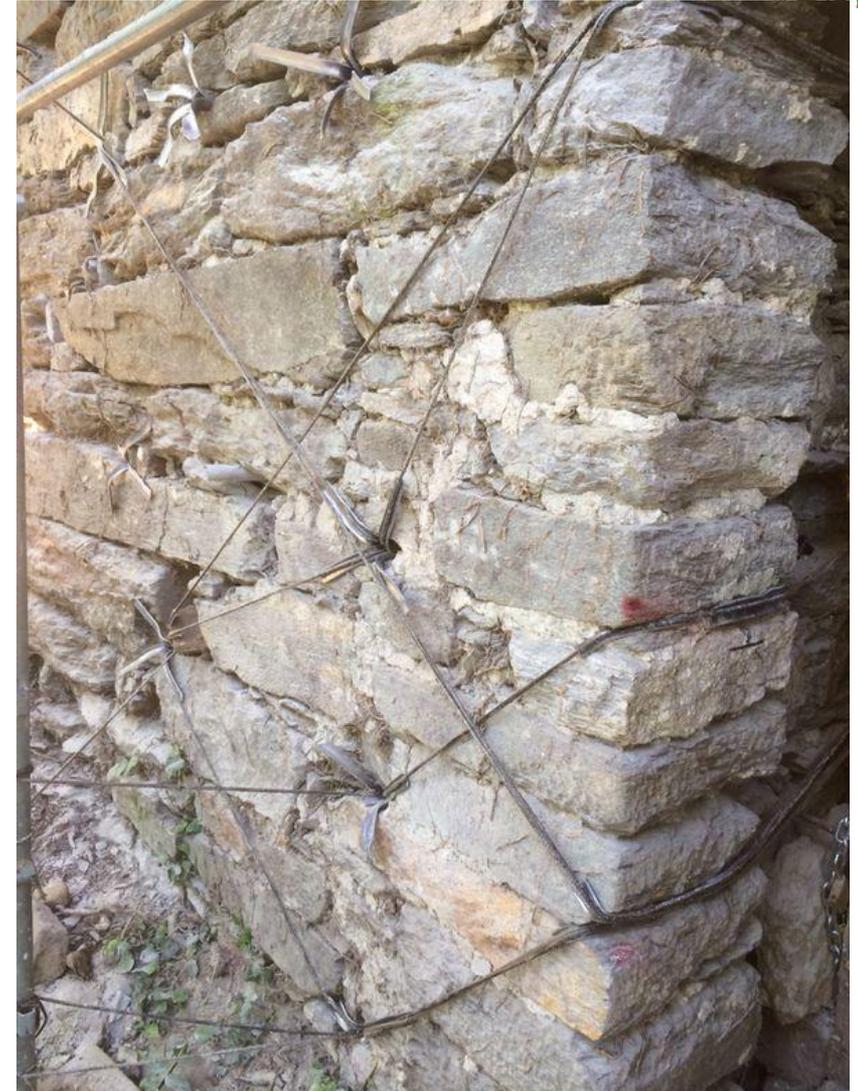


Una tecnica innovativa per dare monoliticità alla muratura è l'utilizzo del **sistema Ticorapsimo®**.

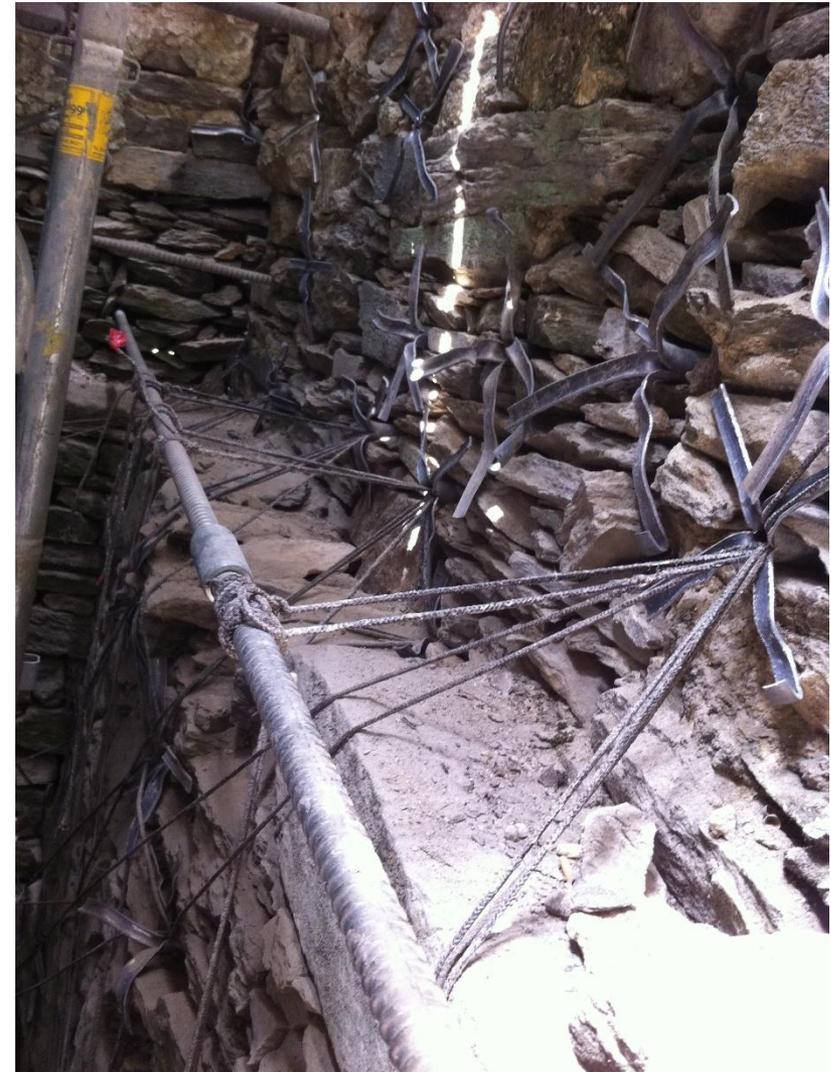
1. Fori passanti di diametro contenuto vengono praticati sul paramento da consolidare. La dislocazione viene sapientemente stabilita dopo un attento esame della tessitura muraria e in modo che la “maglia” risultante sia in grado di abbracciare i conci di maggiori dimensioni.
2. Il rinforzo, continuo e flessibile, viene fatto passare sulle due facce e nello spessore del pannello murario come se andasse a “cucirlo”. L'applicazione viene eseguita con una minima pre-tensione: quella esercitata a mano dall'operatore.
3. L'operazione viene ripetuta anche in altre direzioni, sfruttando sempre gli stessi fori, con il risultato di aver confinato la muratura con una maglia di elementi continui connessi tra loro. Se necessario il rinforzo può essere occultato alla vista nel rispetto del mantenimento dell'aspetto originario.



INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI



INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI

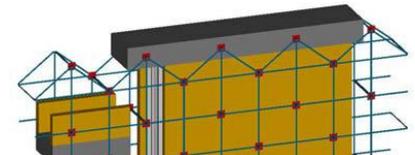
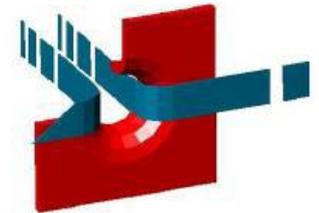
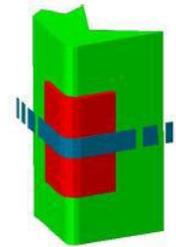
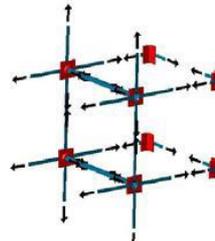


INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI



Un'altra tecnica innovativa per dare monoliticità alla muratura è l'utilizzo del **sistema CAM®** (Dolce e al. 2001): consiste in un "impacchettamento" della muratura con nastri in acciaio inox disposti nelle direzioni orizzontale e verticale, passanti attraverso lo spessore murario, e richiusi su se stessi attraverso reggette previa applicazione di una pretensione. Le fasi applicative sono:

- preparazione degli elementi da rinforzare, attraverso rimozione dell'intonaco e risarcitura di eventuali lesioni;
- esecuzione dei fori;
- sistemazione dei presidi metallici di allettamento e ripartizione nei fori e nelle zone di angolo;
- posizionamento dei nastri, pretensione e chiusura/sigillatura.



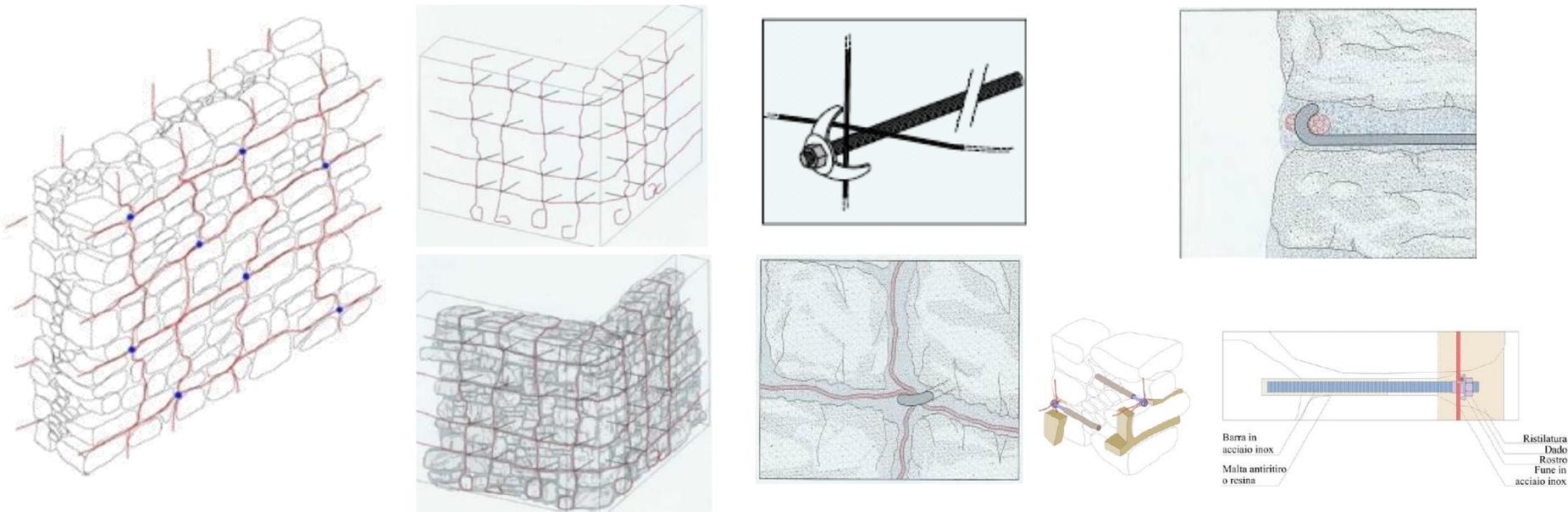
FONTE: documenti reperibili sul sito dei produttori del sistema: www.edilcamsistemi.com



INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI



Un'altra tecnica innovativa per dare monoliticità alla muratura è l'utilizzo del sistema **RETICOLATUS®** consiste nell'inserimento nei giunti di malta, preventivamente scarniti, di una “maglia” di trefoli in acciaio inox, fissata al paramento mediante barre fittoni metallici inseriti nella muratura in corrispondenza dei “nodi” della “maglia”

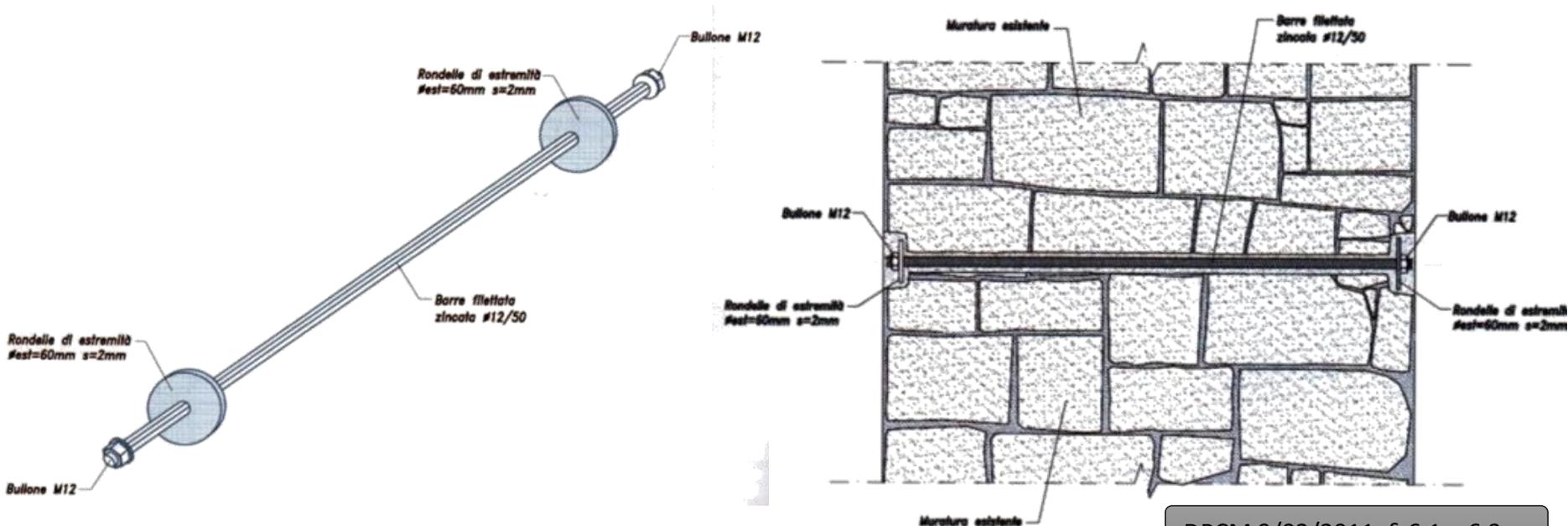


FONTE: Borri et al. “Sperimentazioni su murature faccia a vista rinforzate con reticolo di trefoli metallici inseriti nei giunti e intonaco con rete in GFRP”, Structural 182, 2013, De Lettera Editore.

INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA MONOLITICITA' DEGLI ELEMENTI MURARI

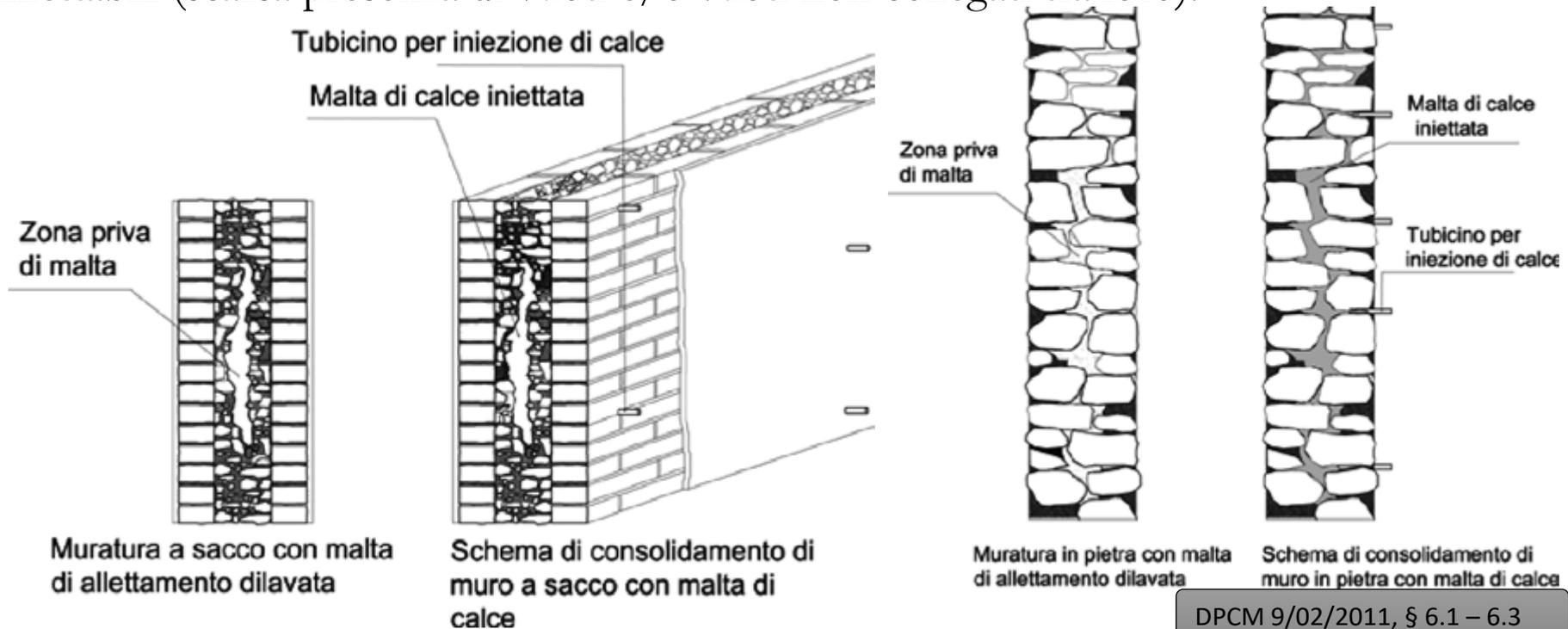


Nel caso in cui la porzione muraria che necessita di rinforzo sia limitata, una valida alternativa è rappresentata dai **tirantini antiespulsivi**, costituiti da sottili barre trasversali imbullonate con rondelle sui paramenti; la leggera presollecitazione che può essere attribuita rende quest'intervento idoneo nei casi in cui siano già evidenti rigonfiamenti per distacco dei paramenti. Tale tecnica può essere applicata nel caso di murature a tessitura regolare o in pietra squadrata, in mattoni o blocchi.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

L'adozione di **iniezioni di miscele leganti** mira al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare. A tale tecnica non può essere affidato il compito di realizzare efficaci ammorsature tra le pareti murarie. Tale intervento risulta inefficace se impiegato su tipologie murarie che per loro natura siano scarsamente iniettabili (scarsa presenza di vuoti e/o vuoti non collegati tra loro).



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
 Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI

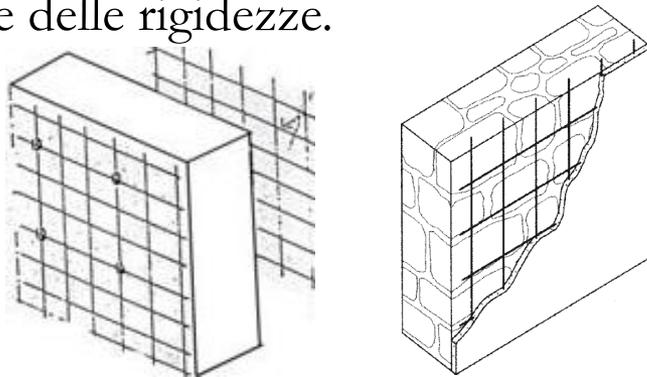


DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

Il placcaggio delle murature con **intonaco armato** è un intervento invasivo e non coerente con i principi della conservazione.

Efficace solo se realizzato su entrambi i paramenti e se sono poste in opera barre trasversali di collegamento. Può essere preso in considerazione solo su **porzioni limitate**, pesantemente gravati da carichi verticali, danneggiate gravemente e incoerenti.

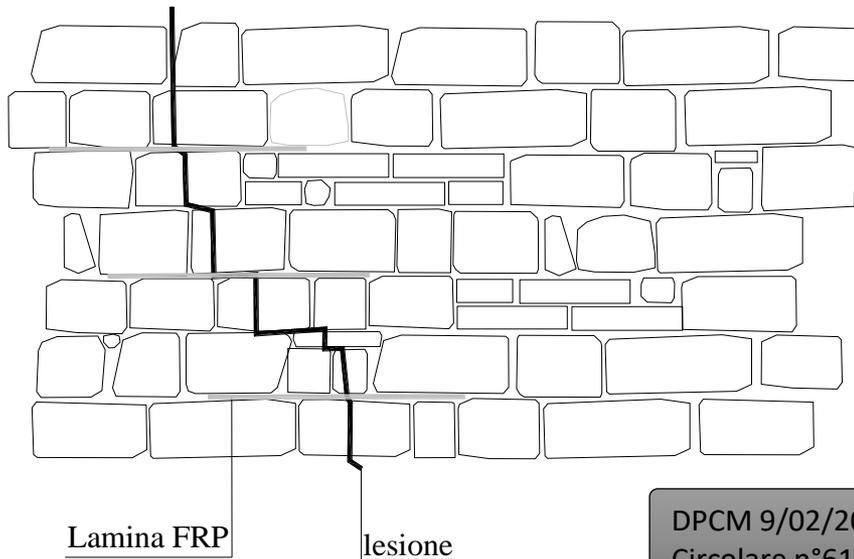
Dal punto di vista sismico, è opportuno considerare che l'elevata rigidezza a taglio dei pannelli murari così rinforzati altera profondamente il comportamento originario della costruzione; in genere ciò comporta negativi effetti sulla regolarità in pianta della costruzione, ma in rari casi può consentire di limitare le eccentricità tra i baricentri delle masse e delle rigidzze.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

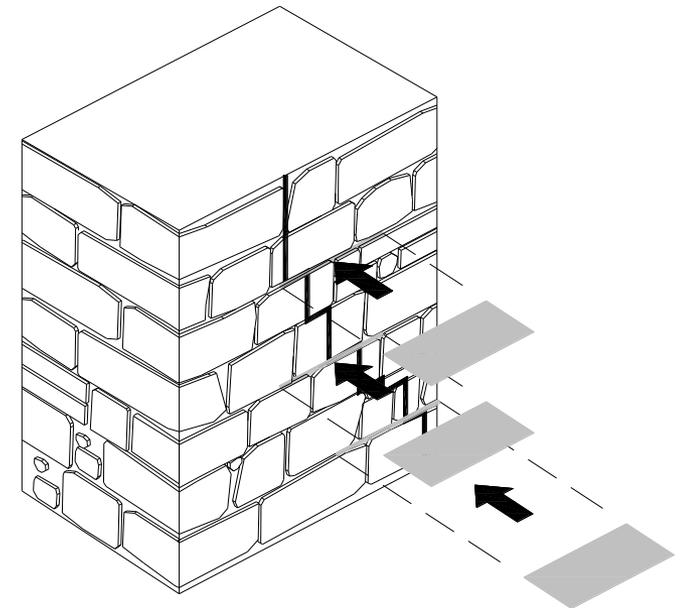
L'intervento di **ristilatura dei giunti**, se effettuato in profondità su entrambi i lati, può migliorare le caratteristiche meccaniche della muratura, in particolare nel caso di muratura di spessore non elevato. Particolare cura dovrà essere rivolta alla scelta della malta da utilizzare. L'eventuale inserimento nei giunti ristilati di piccole barre o piattine, metalliche o in altri materiali resistenti a trazione, può ulteriormente migliorare l'efficacia dell'intervento.

PROSPETTO



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

ASSONOMETRIA



INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI



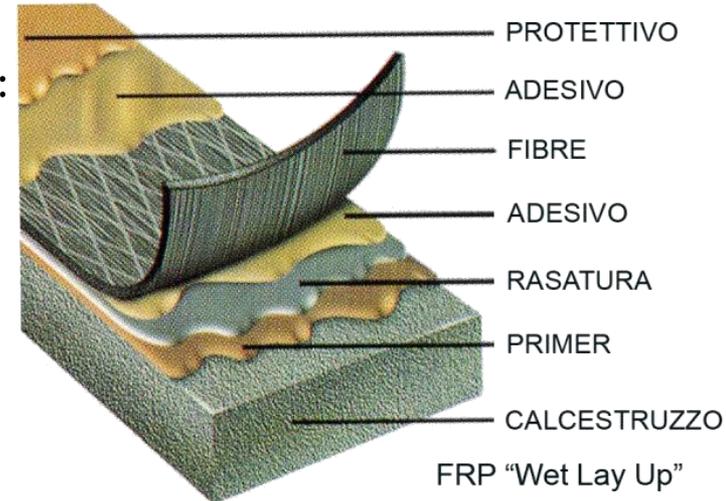
INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI



Il placcaggio delle murature con **tessuti o lamine** in altro materiale resistente a trazione può essere di norma utilizzato nel caso di murature sufficientemente regolari, in mattoni e blocchi. Tale intervento, più efficace se realizzato su entrambi i paramenti, da solo non garantisce un collegamento trasversale e quindi la sua efficacia deve essere accuratamente valutata per il singolo caso in oggetto.

Si possono così incrementare nel **piano del pannello**:

1. la resistenza a pressoflessione,
2. la resistenza a taglio.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI



INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI



INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI



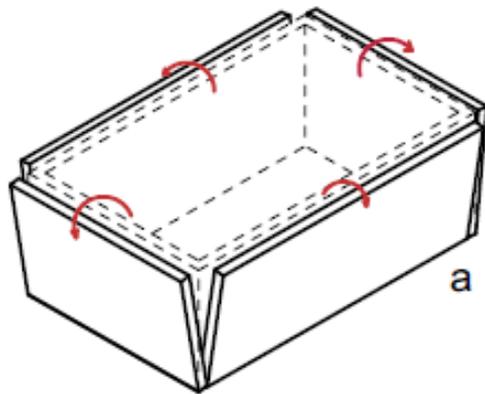
INTERVENTI VOLTI AD ACCRESCERE LA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI MURARI



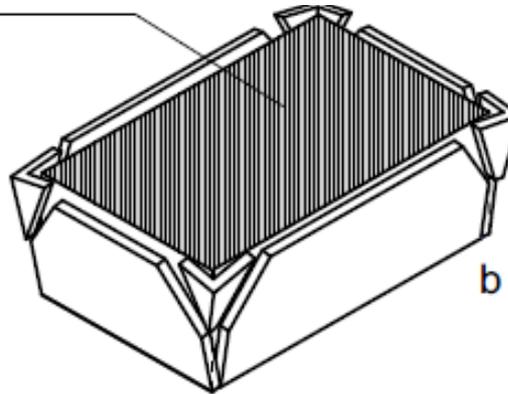
- Interventi volti ad accrescere
 - la monoliticità degli elementi murari
 - la resistenza degli elementi murari
- Interventi volti a ridurre le carenza dei collegamenti
- Interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte e al loro consolidamento
- Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai e al loro consolidamento
- Interventi in copertura
- Interventi su pilastri e colonne

Comportamento di una fabbrica muraria:

1. Assenza di orizzontamenti rigidi e collegamenti tra le pareti (a),
2. Presenza di solai rigidi non collegati alle pareti (b),
3. Presenza di solai rigidi ben collegati alle pareti (c).

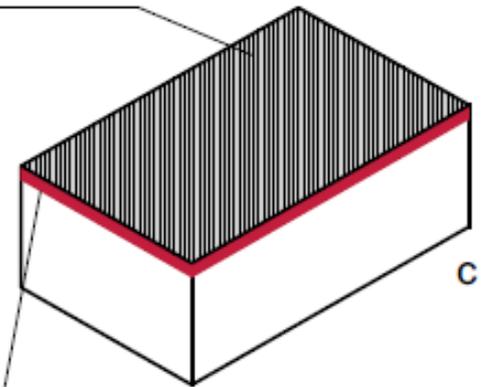


Impalcato
rigido



b

Impalcato rigido ben
ammorsato



c

Comportamento
scatolare

Per ottenere un buon **comportamento scatolare** nella **struttura in muratura**, si possono prevedere interventi con differenti tecniche:

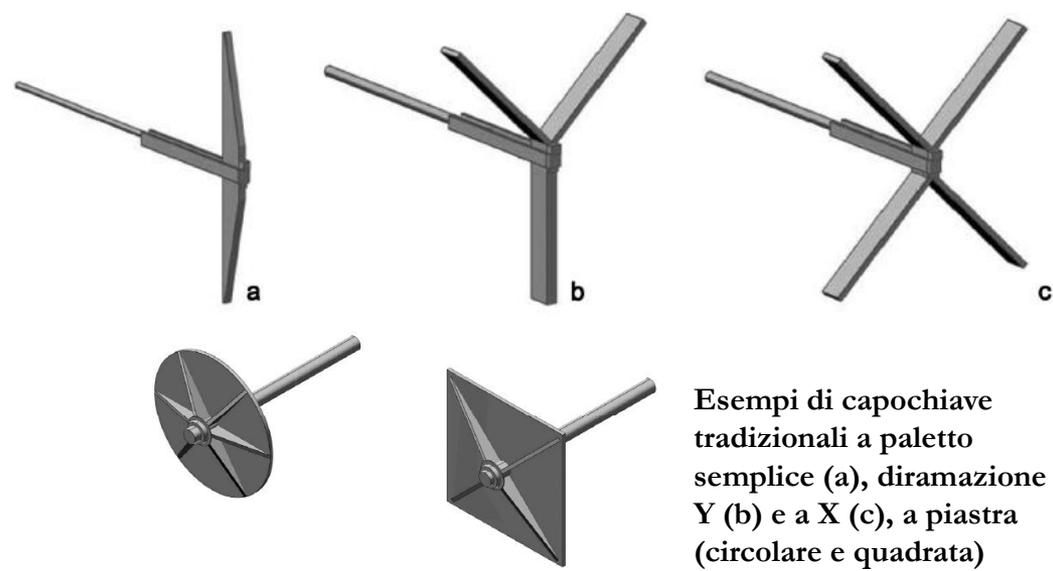
1. Catene metalliche, cerchiature e ammorsamenti,
2. Cordolo-tirante in acciaio.
3. Cordoli in sommità:
 - a. in muratura armata,
 - b. a traliccio in acciaio,
 - c. in legno,
 - d. in cemento armato.
4. Cordolo di piano ad 'L',
5. Cerchiature esterne in materiale composito,
6. Miglioramento delle connessioni perimetrali,
7. Miglioramento delle connessioni interne.

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI

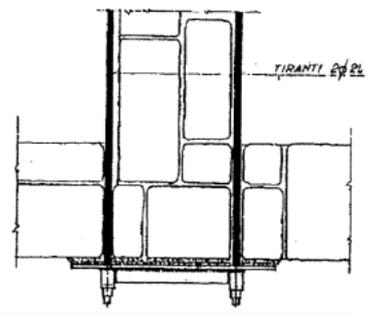
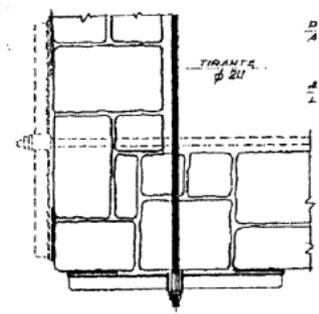
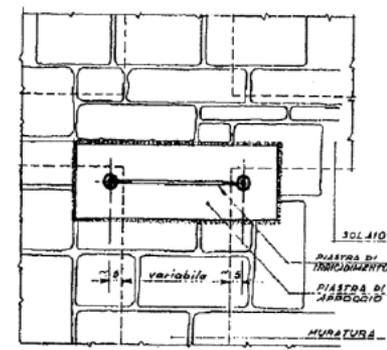
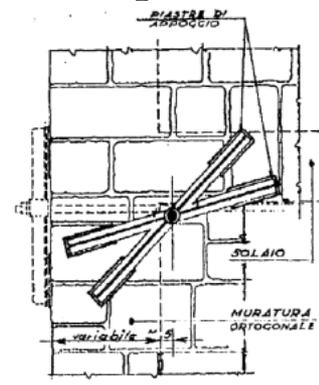


Inserimento di tiranti metallici o di altri materiali, disposti nelle due direzioni principali del fabbricato, a livello dei solai e in corrispondenza delle pareti portanti, ancorati alle murature mediante capochiave (a paletto o a piastra).

- Favoriscono il comportamento d'insieme del fabbricato.
- Migliorano il comportamento nel piano di pareti forate.



Esempi di capochiave tradizionali a paletto semplice (a), diramazione a Y (b) e a X (c), a piastra (circolare e quadrata)

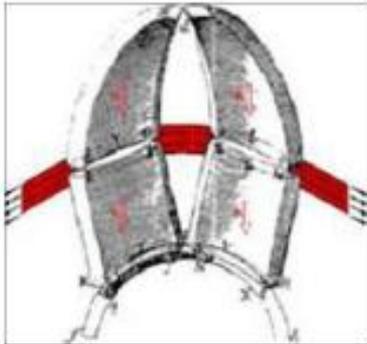


DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

Cerchiature esterne con elementi metallici o materiali compositi, possono garantire un efficace collegamento tra murature ortogonali nel caso di edifici di dimensioni ridotte, dove i tratti rettilinei della cerchiatura non sono troppo estesi, o quando vengono realizzati ancoraggi in corrispondenza dei martelli murari.



Evitare l'insorgere di concentrazioni di tensioni in corrispondenza degli spigoli delle murature.



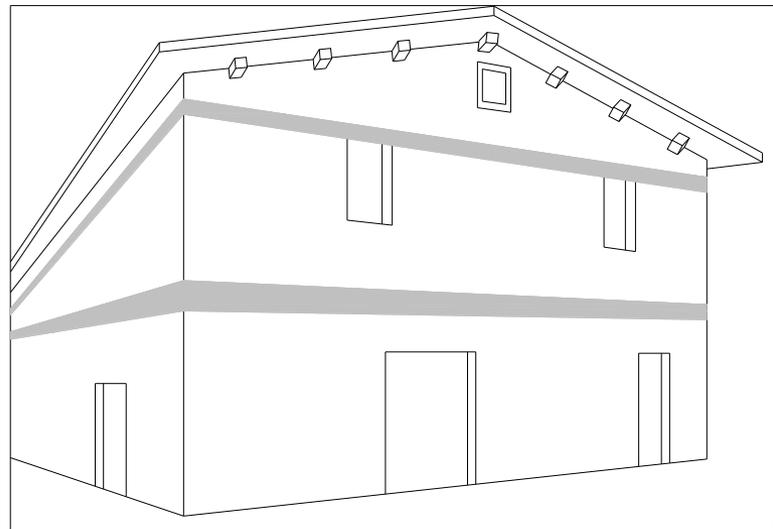
DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



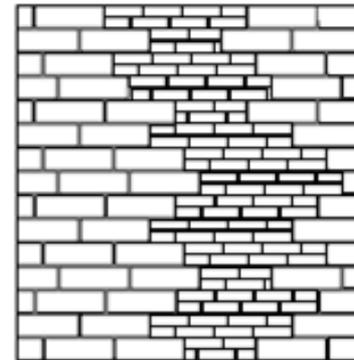
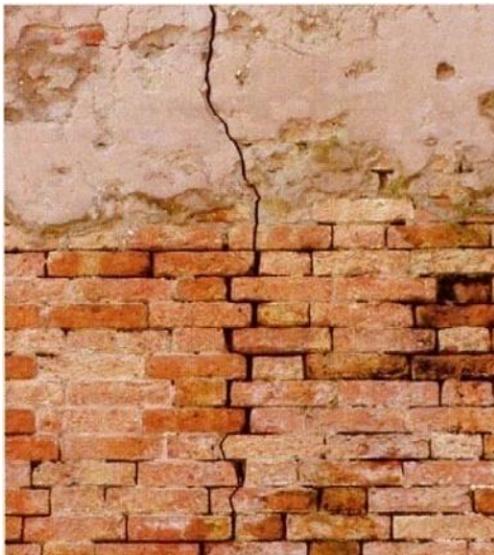
Cerchiature esterne con elementi metallici o materiali compositi, possono garantire un efficace collegamento tra murature ortogonali nel caso di edifici di dimensioni ridotte, dove i tratti rettilinei della cerchiatura non sono troppo estesi, o quando vengono realizzati ancoraggi in corrispondenza dei martelli murari.

➔ Evitare l'insorgere di concentrazioni di tensioni in corrispondenza degli spigoli delle murature.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

Ammorsamenti, tra parti adiacenti o tra murature che si intersecano, si possono realizzare con la tecnica *scuci e cuci* (con elementi lapidei o in laterizio), qualora i collegamenti tra gli elementi murari siano deteriorati (per la presenza di lesioni) o particolarmente scadenti. Si tratta comunque di un intervento per sua natura demolitivo e sostitutivo della materia antica, da valutare quindi con cautela, caso per caso.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

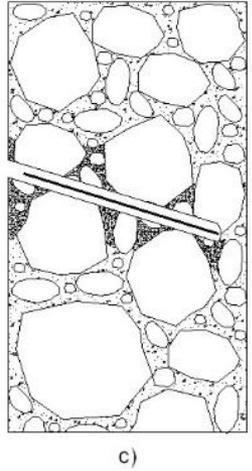
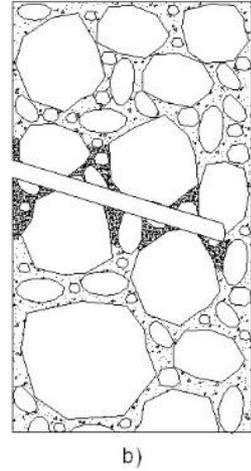
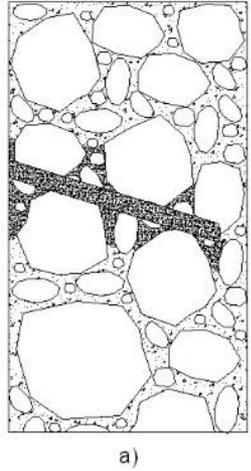
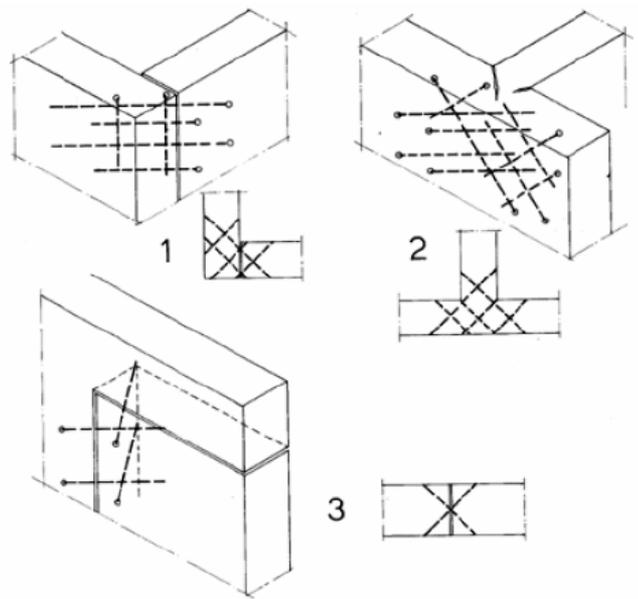
INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



L'uso di **perforazioni armate** deve essere limitato ai casi in cui non siano percorribili altre soluzioni, per la notevole invasività di tali elementi e la dubbia efficacia, specie in presenza di muratura a più paramenti scollegati; in ogni caso dovrà essere garantita la durabilità degli elementi inseriti (acciaio inox, materiali compositi o altro) e la compatibilità delle malte iniettate.



Interventi di collegamento locale efficaci per il comportamento d'insieme della costruzione solo in presenza di murature di buone caratteristiche.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI

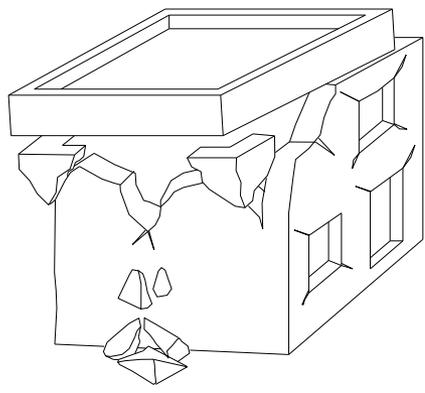
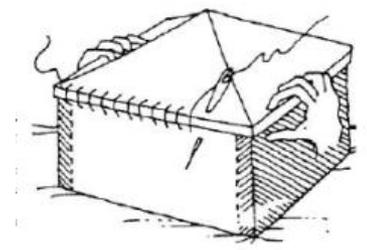


Cordoli in sommità alla muratura possono costituire una soluzione efficace per collegare le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione, e per migliorare l'interazione con la copertura.

DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

Questi possono essere realizzati nei seguenti modi:

- in muratura armata,
- in acciaio,
- in legno,
- in cemento armato (c.a.).

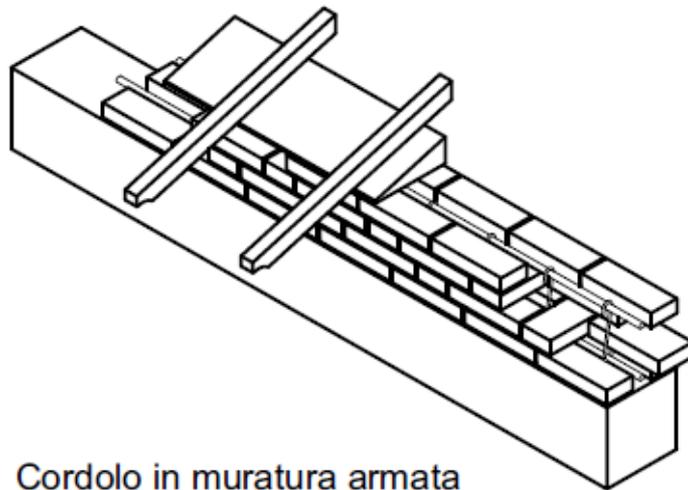


solo se di altezza limitata, per evitare eccessivi appesantimenti e irrigidimenti, che **si sono dimostrati dannosi** in quanto producono elevate sollecitazioni tangenziali tra cordolo e muratura, con conseguenti scorrimenti e disgregazione di quest'ultima

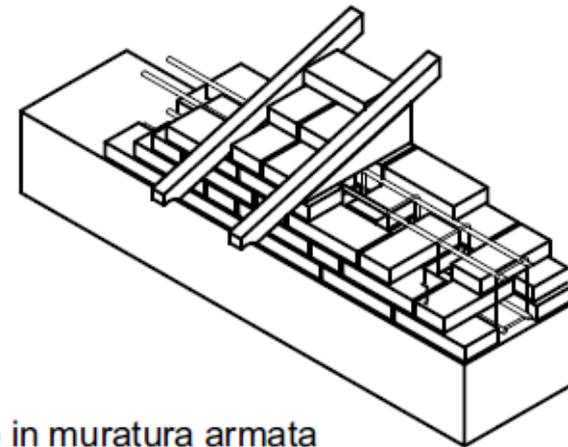
Cordoli in muratura armata prevedono in sommità il rifacimento dell'ultima porzione di parete.

Si adatta a varie tipologie di muratura in laterizio e pietra.

Si distingue da quello in c.a. nel principio costruttivo e quindi nel funzionamento statico: contiene le armature e viene realizzato a strati → l'assemblaggio dei laterizi varia in relazione allo spessore della muratura.

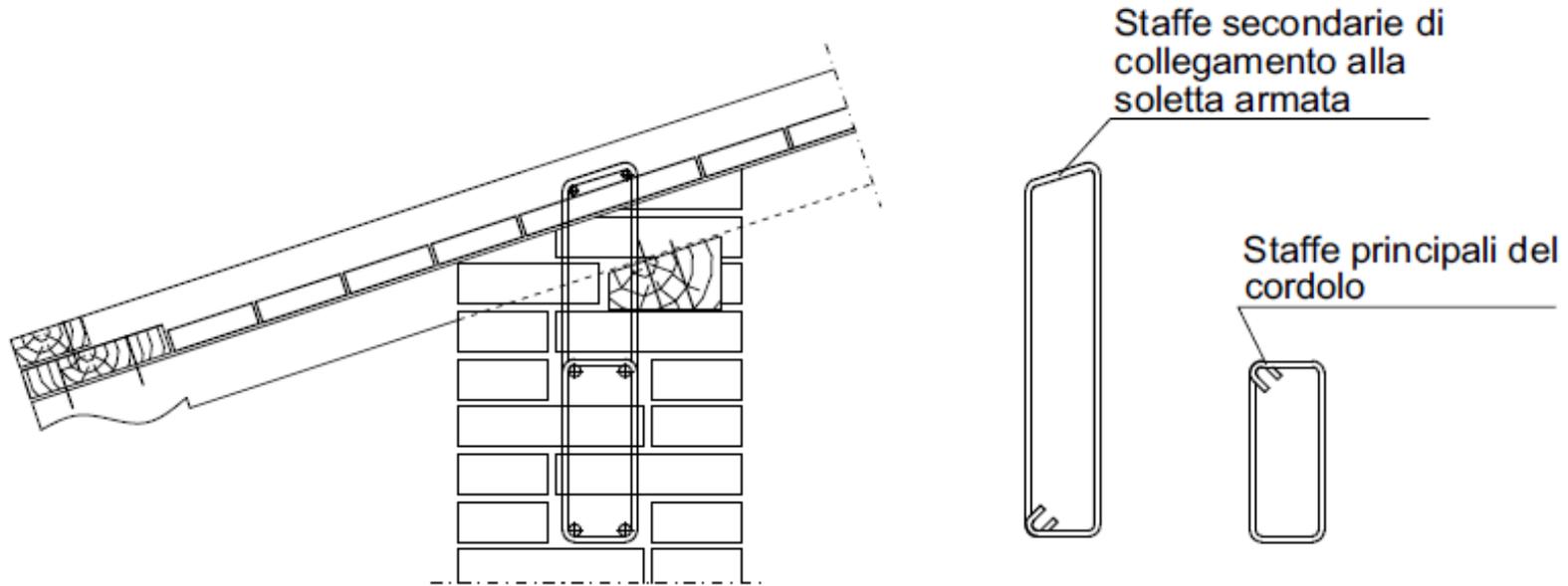


Cordolo in muratura armata su muratura a due teste



Cordolo in muratura armata su muratura a tre teste

Se la copertura prevede una soletta armata è bene alternare due tipi di staffe di diversa altezza per avere un buon ammorsamento con la stessa.



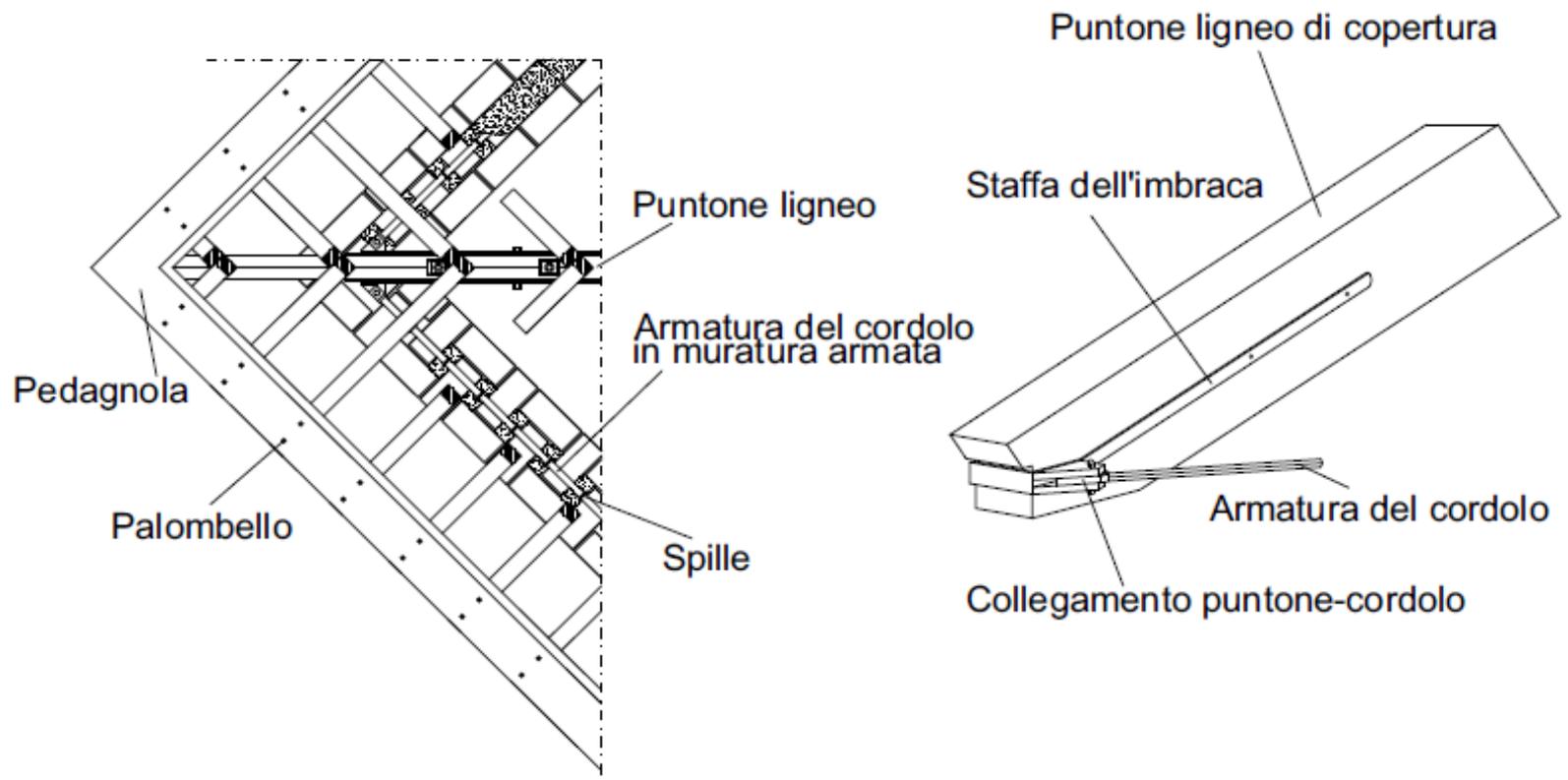
I tiranti sommitali non garantiscono in alcun modo la ripartizione dei carichi verticali → il singolo tirante tende a riportare l'intero sforzo sull'ancoraggio di monte, dove scarica azioni concentrate elevate.

Il cordolo in muratura armata, invece, distribuisce le azioni sull'intero muro di appoggio.

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



Nel caso di coperture a padiglione le travi inclinate possono spingere sulle angolate dell'edificio.

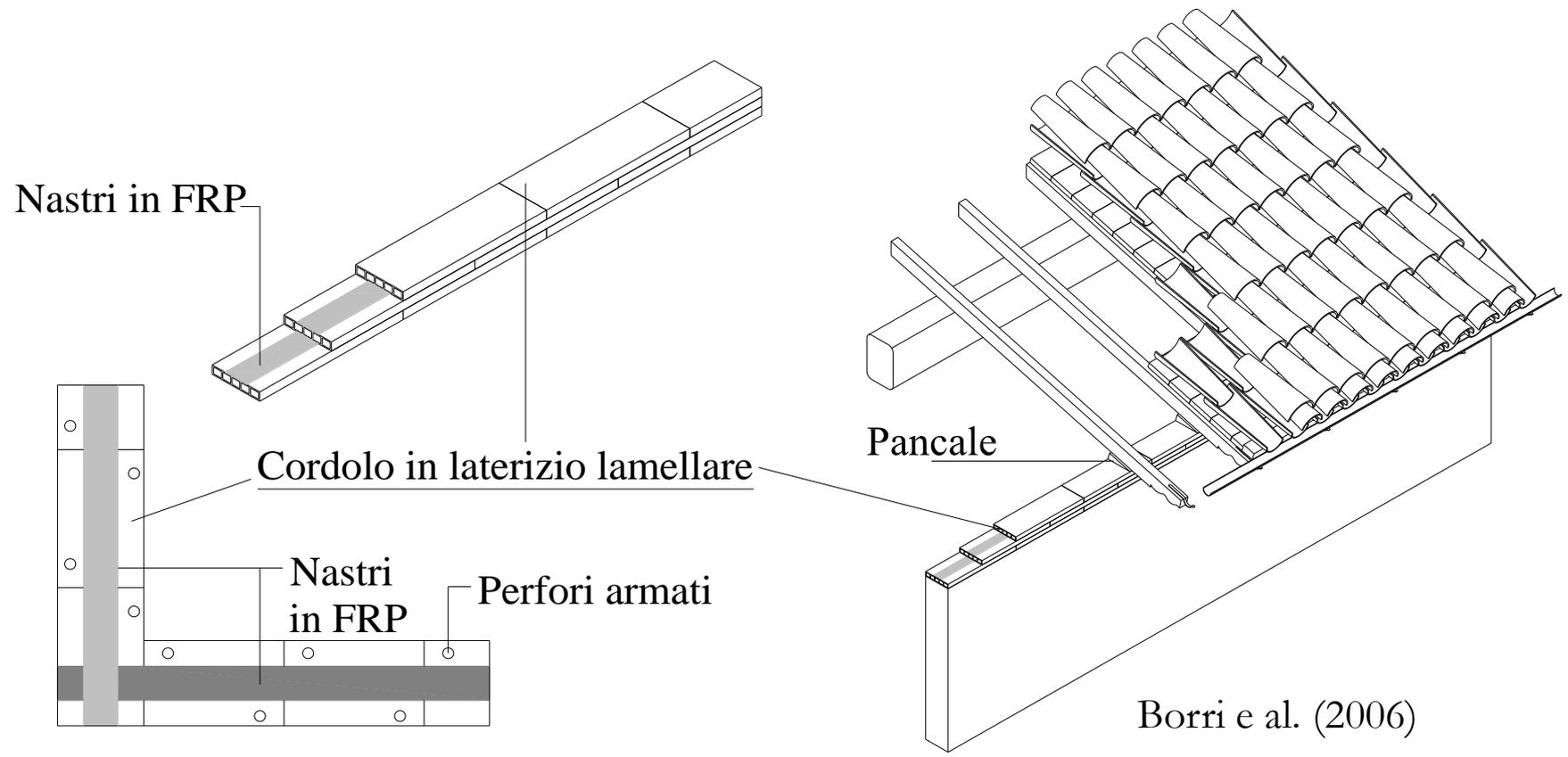


Fondamentale è la cura nel particolare costruttivo → vincolare armature cordolo inferiormente alle testate delle travi inclinate di copertura.

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



Il cordolo in muratura armata può essere realizzato anche con materiali diversi dall'acciaio, per esempio l'FRP, nulla vieta l'utilizzo di nuove fibre di acciaio (SRG).

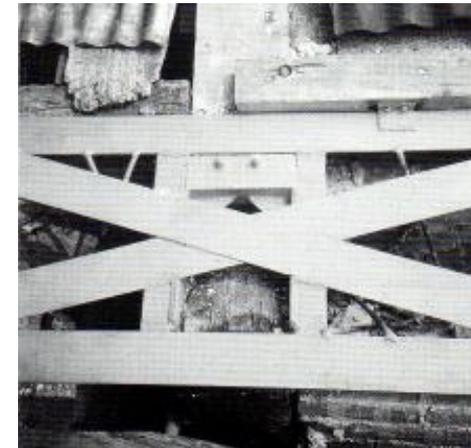
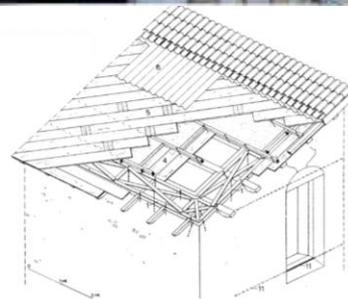
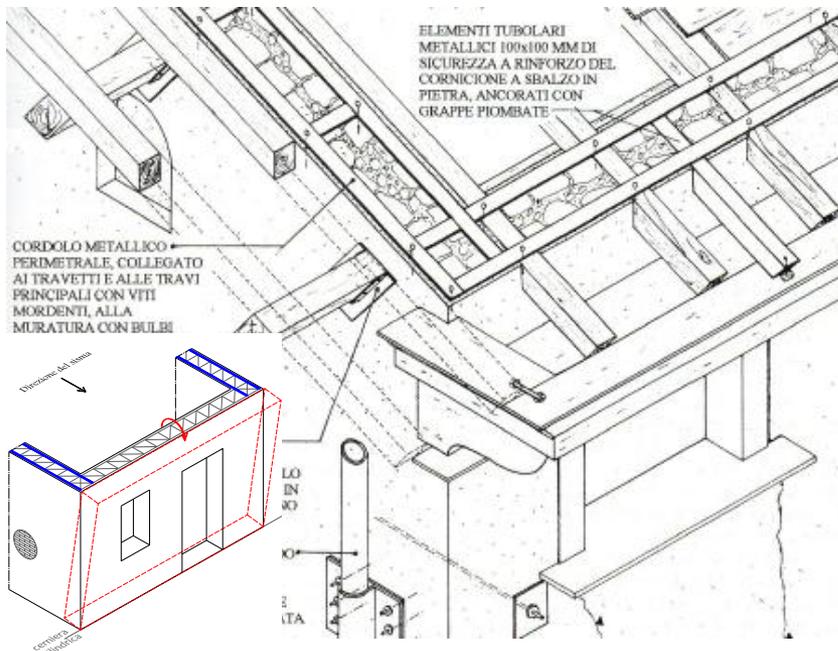


INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI

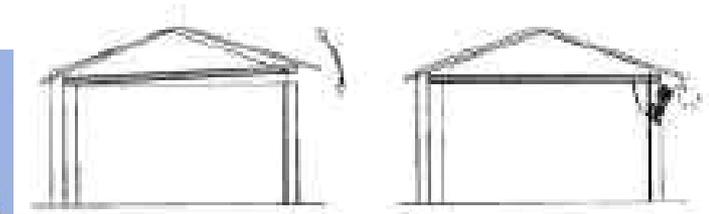
DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

Cordoli a traliccio in acciaio realizzati disponendo due piatti alle due estremità della sezione muraria collegandoli perpendicolarmente e con un certo interasse con altri piatti:

→ Viene solidarizzato alla muratura attraverso connettori verticali di opportuna lunghezza.



Cordoli di sommità in c.a. e coperture pesanti



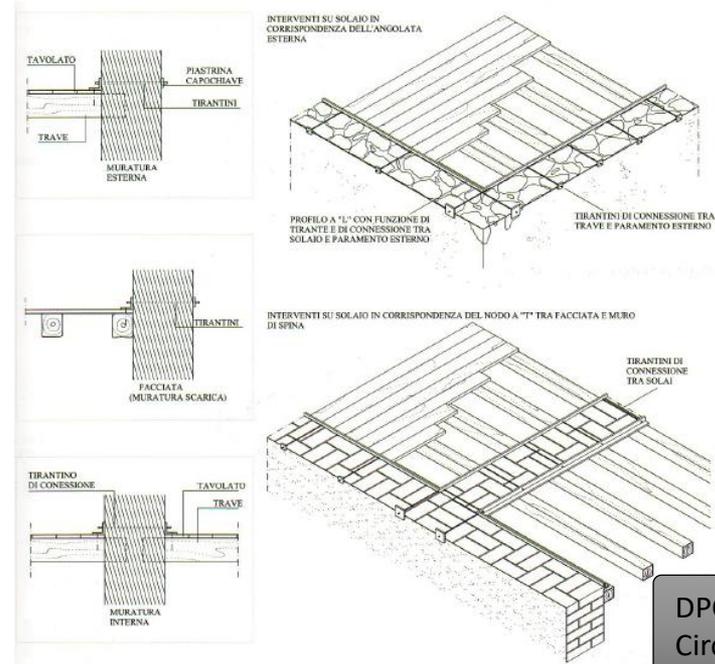
DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



Nel caso di pareti molto deformabili flessionalmente per l'elevata distanza tra i muri di spina ortogonali, possono risultare utili i **cordoli di piano con profili in acciaio**, realizzati con piatti o profili sui due paramenti, collegati tra loro tramite barre passanti.

Forniscono una certa rigidezza flessionale fuori dal piano della parete e ostacolano lo sviluppo di meccanismi di rottura delle fasce sopra porta e sotto finestra.

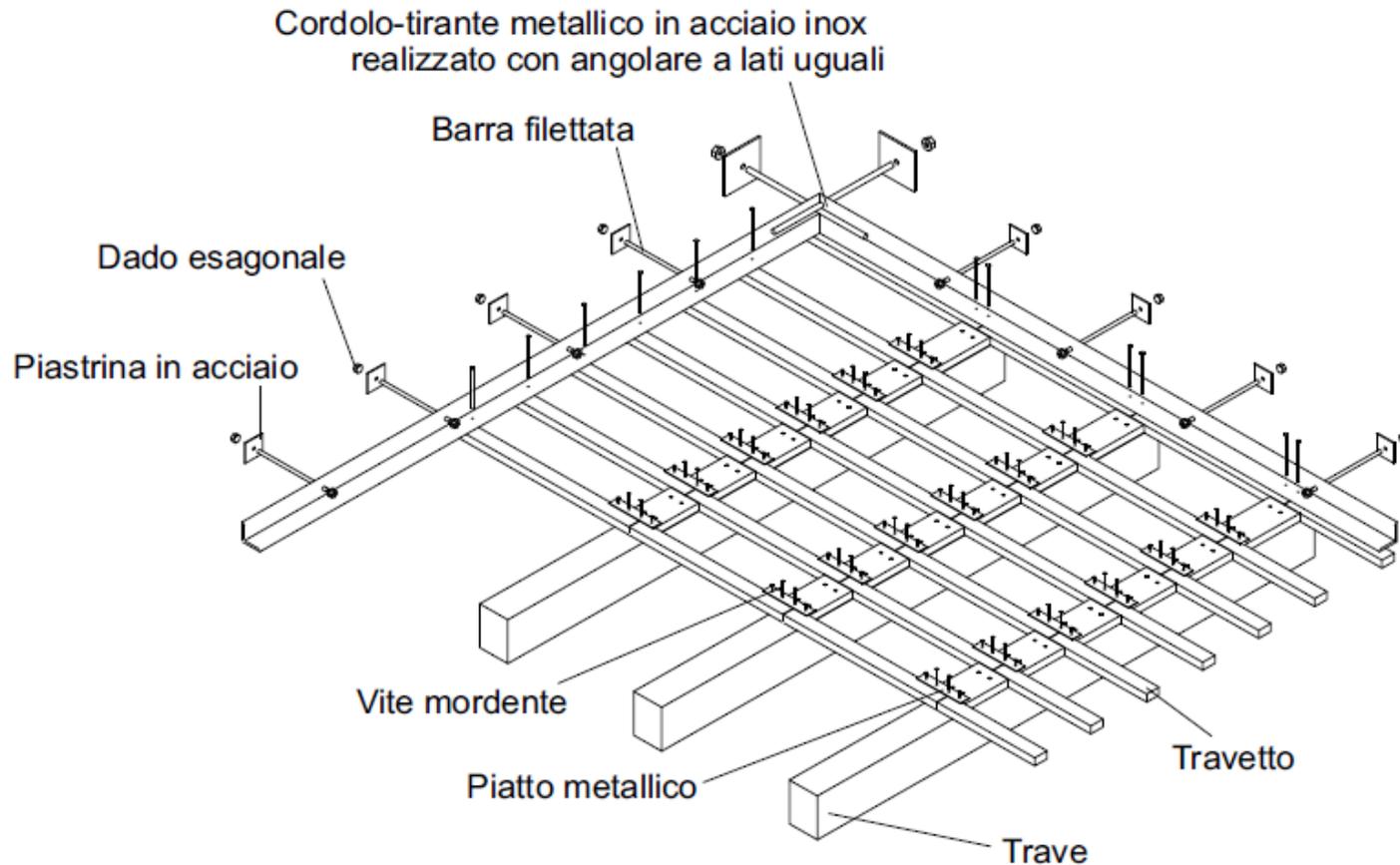


DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



Se i profili metallici costituenti il cordolo di piano così dimensionato vengono collegati oltre che alla muratura, anche all'orditura principale dei solai, irrigiditi mediante doppio tavolato o bandelle metalliche, possono contribuire a irrigidire l'orizzontamento.



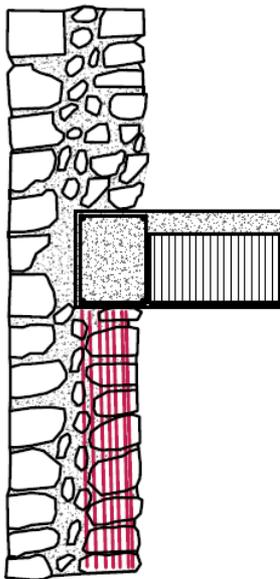
INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI



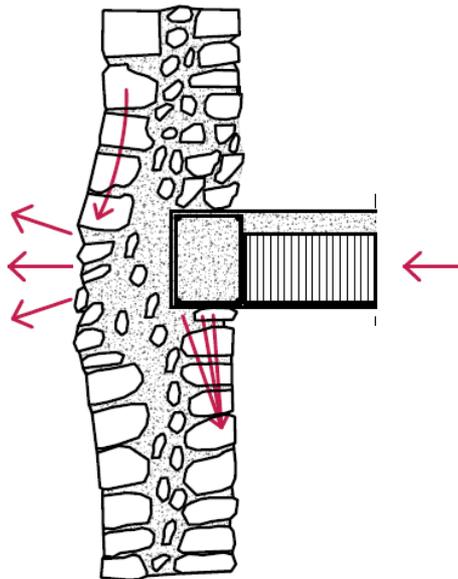
L'inserimento di **cordoli in c.a.** nello spessore della muratura ai livelli intermedi produce conseguenze negative sul funzionamento strutturale della parete, oltre che essere un intervento non compatibile con i criteri della conservazione.



fase 1



fase 2



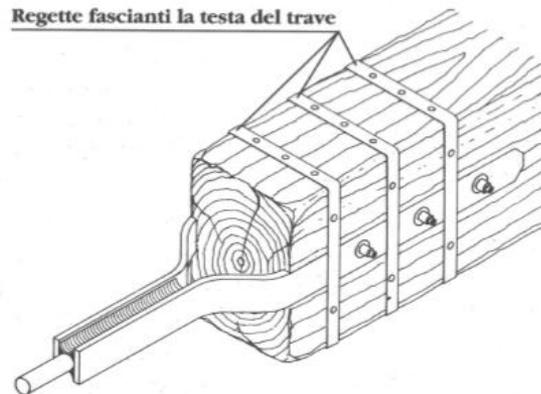
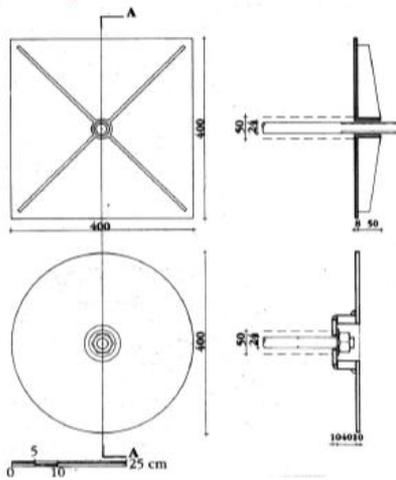
fase 3



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

L'efficace **connessione dei solai di piano e di copertura** alle murature è necessaria per evitare lo sfilamento delle travi, con conseguente crollo del solaio, e può permettere ai solai di svolgere un'azione di distribuzione delle forze orizzontali e di contenimento delle pareti.

➔ Nel caso di solai intermedi, le teste di travi lignee possono essere ancorate alla muratura tramite elementi, metallici o in altro materiale resistente a trazione, ancorati sul paramento opposto

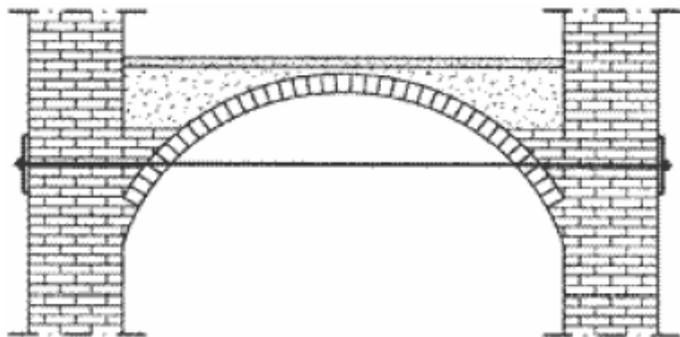


DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE SPINTE DI ARCHI E VOLTE E AL LORO CONSOLIDAMENTO



Le **catene** compensano le spinte indotte sulle murature di appoggio e ne impediscono l'allontanamento reciproco.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE SPINTE DI ARCHI E VOLTE E AL LORO CONSOLIDAMENTO



È possibile il ricorso, sull'estradosso, a tecniche di placcaggio con **fasce di materiale composito**, perché più leggere e comunque amovibili.



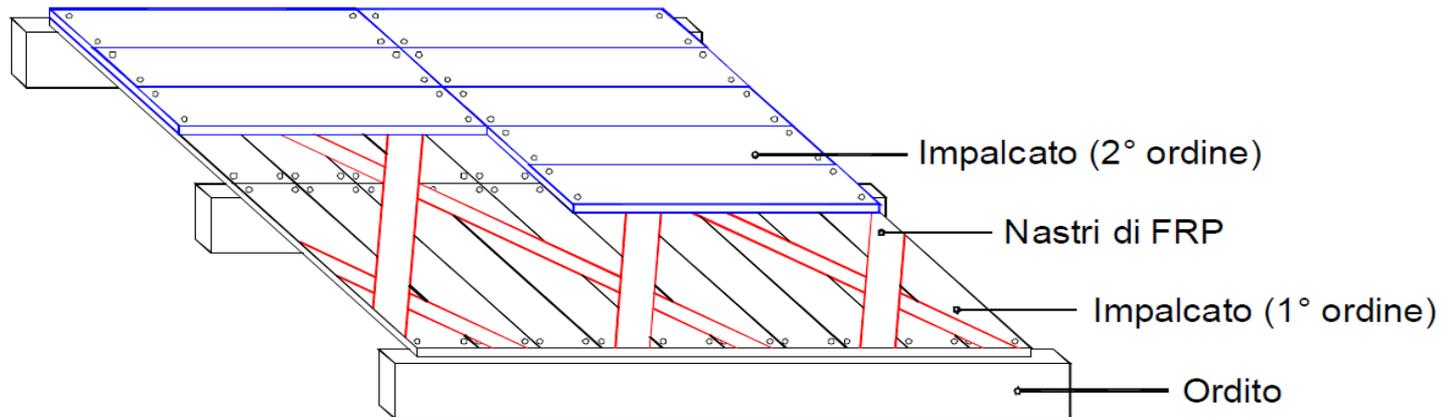
INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE SPINTE DI ARCHI E VOLTE E AL LORO CONSOLIDAMENTO



Migliorare il **comportamento a lastra dei solai**, per ripartire diversamente l'azione sismica tra gli elementi verticali, comporta in genere un aumento della resistenza, che migliora la robustezza della struttura.

Nel caso dei solai lignei può essere effettuato all'estradosso operando sul tavolato fissando:

- a. un secondo tavolato incrociato su quello esistente,
- b. e/o bandelle metalliche, o in materiale composito sul tavolato con andamento inclinato.



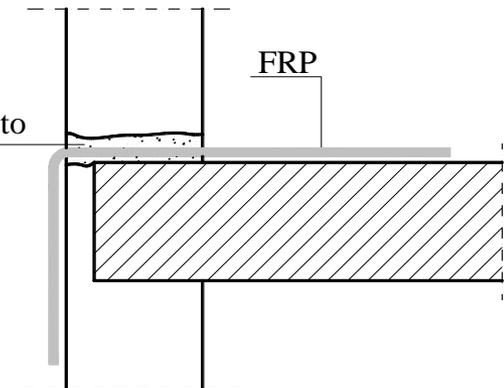
INTERVENTI VOLTI A RIDURRE L'ECESSIVA DEFORMABILITA' DEI SOLAI E AL LORO CONSOLIDAMENTO



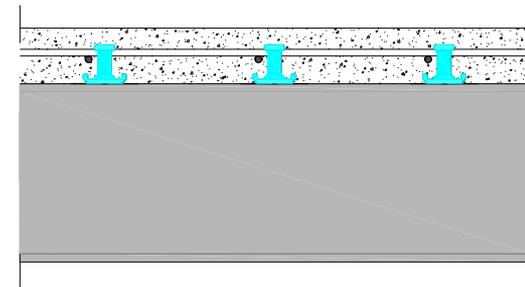
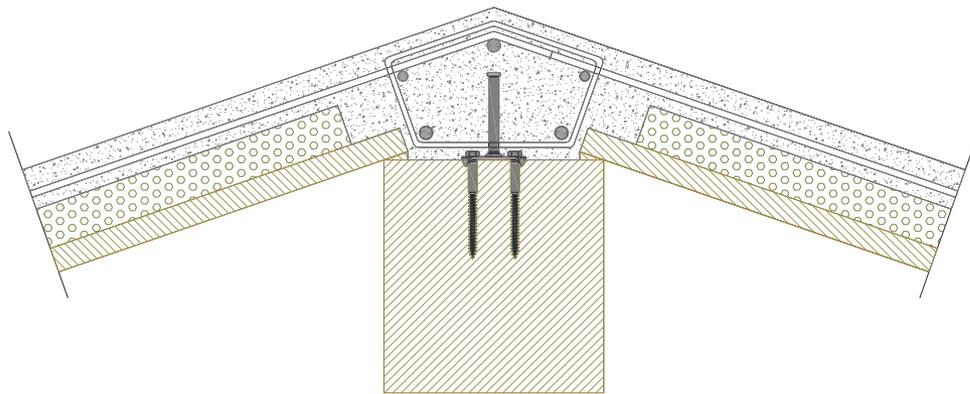
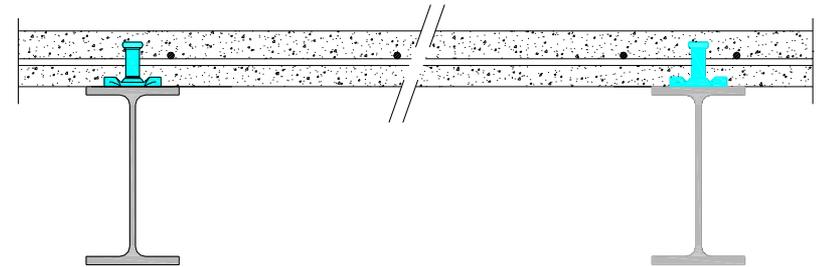
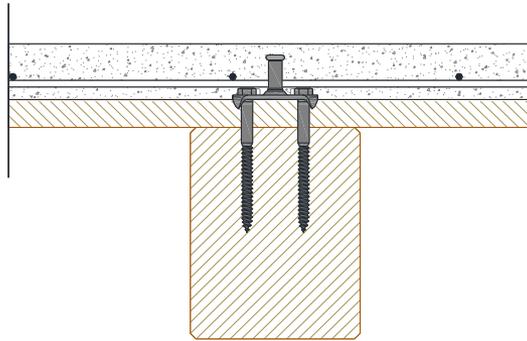
Idoneo anche per solette in c.a.

Attenzione poi a curare
l'ammorsamento con le pareti
laterali.

Asola per il
passaggio tessuto



La soletta in c.a. se ben collegata tramite **piolatura alla struttura lignea o in acciaio** del solaio esistente, può fornire un incremento di resistenza anche per azioni fuori dal proprio piano (effetto piastra) creando così una sezione composta cls-legno o acciaio-cls.



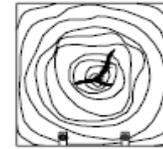
INTERVENTI VOLTI A RIDURRE L'ECESSIVA DEFORMABILITA' DEI SOLAI E AL LORO CONSOLIDAMENTO



Il **rinforzo in zona tesa** può essere realizzato in via preferenziale con barre e lamine di FRP incollate sulla superficie esterna della trave (con l'eventuale aggiunta di connettori meccanici) o all'interno di appositi alloggiamenti predisposti nel corpo della trave.



a) Applicazione di profili pultrusi in zona compressa collegati con dispositivi meccanici



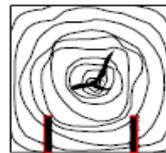
b) Applicazione di barre in zona tesa



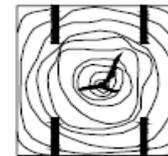
c) Applicazione di lamine esterne in zona tesa



d) Applicazione di lamine in zona tesa



e) Applicazione di lamine interne in zona tesa



f) Applicazione di lamine interne in zona tesa e compressa

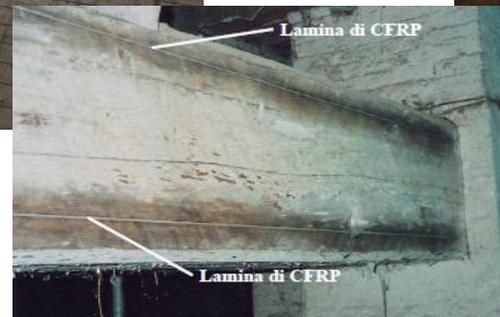


g) Applicazione di barre in zona compressa



h) Applicazione di barre in zona compressa

Il rinforzo in zona tesa può essere realizzato in via preferenziale con barre e lamine di FRP incollate sulla superficie esterna della trave (con l'eventuale aggiunta di connettori meccanici) o all'interno di appositi alloggiamenti predisposti nel corpo della trave.



In linea generale è opportuno il mantenimento dei tetti in legno, in quanto limitano l'entità delle masse nella parte più alta dell'edificio e garantiscono un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante.

E' opportuno, ove possibile, adottare elementi di rafforzamento degli elementi esistenti (se non ammalorati) e del punto di contatto tra muratura e tetto.

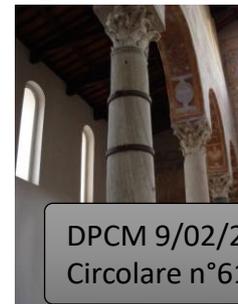
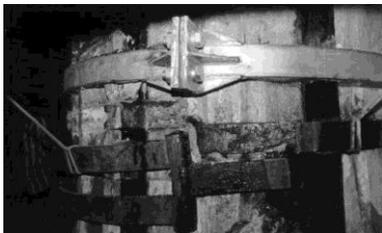


Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di catene in piano, la spinta deve essere compensata.

Nel caso delle capriate, deve essere presente un buon collegamento nei nodi, necessario ad evitare scorrimenti e distacchi in presenza di azioni orizzontali.

Destinati a sopportare carichi verticali con modeste eccentricità. Interventi configurati in modo da:

- ricostituire la resistenza iniziale a sforzo normale, ove perduta, con **cerchiature** e tassellature;
- eliminare o contenere le spinte orizzontali con l'inserimento di catene in presenza di archi, volte e coperture o, ove opportuno, la realizzazione o il rafforzamento di contrafforti;
- ricostituire o realizzare collegamenti di idonea rigidezza, al fine di trasferire le azioni orizzontali a elementi murari di maggiore rigidezza.
- Vanno evitati, se non in mancanza di alternative da dimostrare con dettagliata specifica tecnica, gli inserimenti di anime metalliche in asse alla colonna, cui affidare la capacità portante, o di tiranti verticali precompressi, per conferire maggiore resistenza a flessione e taglio.



DPCM 9/02/2011, § 6.1 – 6.3
Circolare n°617/2009, § C8A.5

Volumi

- Vallucci S., Quagliarini E., Lenci S., **Costruzioni storiche in muratura**, W. Kluwer, Milano, (2014).
- Clementi F., Lenci S., **I compositi nell'ingegneria strutturale**, ed. Esculapio, Bologna, (2009).

Normative e linee guida

- **D.M. 14 gennaio 2008**, Norme Tecniche per le Costruzioni, G.U. 4 febbraio 2008, n.29, Ministero delle Infrastrutture, dell'Interno e Dip. Protezione Civile, Roma, (2008).
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617**, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, Consiglio Superiore Lavori Pubblici, Roma, (2009).
- **CNR-DT 200-R1/2013**, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie, CNR – Roma, (2013).
- **Linee Guida LLPP 24/07/2009**, Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP, Assemblea Generale Consiglio Superiore LL.PP, Roma, (2009).
- **CNR-DT 200/2008**, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie, CNR – Roma, (2004).
- **CNR-DT 201/2005**, Studi preliminari finalizzati alla redazione di Istruzioni relative a Interventi di Consolidamento Statico di Strutture Linee mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati, CNR – Roma, (2005).