RISCHIO SISMICO E VULNERABILITÀ SISMICA INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE E REGOLAMENTI EDILIZI COMUNALI

a cura di Ing. T. Ricci, Ing. L. Quaresima

La fragilità del territorio italiano, in termini di rischio naturale, è cosa ormai assai nota. Le aree ad elevata criticità idrogeologica e ad elevato rischio sismico rappresentano, rispettivamente, il 10% ed il 50% dell'intero territorio nazionale. La presente relazione si occuperà del rischio sismico e degli interventi di miglioramento sismico/rafforzamento locale *(anche nell'ottica di valutare un possibile inserimento di quest'ultimi all'interno dei Regolamenti Edilizi Comunali)*. Per affrontare in modo adeguato le questioni poste dalla prevenzione del rischio sismico, occorre un'analisi relativa:

- alle dinamiche della popolazione italiana,
- agli eventi sismici,
- alla stima della popolazione ed il patrimonio edilizio a rischio (con particolare riguardo a scuole ed ospedali),
- ai costi per gli investimenti per la salvaguardia,
- alle tipologie di vulnerabilità edilizia
- alle tipologie di interventi di rafforzamento locale e miglioramento sismico.

Popolazione e territorio

Nell'ultimo decennio l'Italia ha vissuto un nuovo ciclo di espansione urbana mosso da una notevole accelerazione delle dinamiche demografiche e dalla ripresa della domanda abitativa primaria. Valutando tali dinamiche, rispetto al quadro delle aree già oggi classificate ad elevato rischio sismico, emerge che una quota significativa del potenziale di crescita demografica residua interesserà proprio aree, già oggi, ad elevato rischio sismico.

Il nuovo boom demografico non ha origini endogene ma è stato alimentato da un eccezionale incremento dei flussi migratori dall'estero che hanno rappresentato quasi il 90% della crescita complessiva, con un contributo, in nove anni (2001/2010), di 3.1967.654 unità. A questa dinamica si accompagna la crescita del numero delle famiglie (+13%) che risulta essere il doppio rispetto alla crescita della popolazione (+6,4%). Da ciò discende un incremento ancora maggiore della domanda abitativa primaria. L'unità minima della domanda abitativa primaria, infatti, non è la popolazione ma la famiglia, intesa come aggregazione di individui stabilmente residenti nella stessa abitazione.

Popolazione	Italiani	Stranieri	Totale
31-12-2010	56.993.742	3.632.700	60.626.442

La popolazione residente nelle aree a rischio sismico è stimata al 35,9% è cioè pari a 21.764.492 abitanti.

L'incremento dal 2001 al 2010 di popolazione in aree a rischio sismico è stimato al 4,1% pari a 2.485.684 abitanti.

Orbene il modello di simulazione sviluppato dal CRESME, nell'ipotesi di mantenimento di flussi migratori ai livelli attuali, indica per il quinquennio 2011-2015 un valore di crescita media annua di 267.000 famiglie, per il successivo quinquennio 2016-2020, 208.000 famiglie. In definitiva la domanda abitativa primaria da oggi al 2020 dovrebbe attestarsi tra il 60/70% rispetto a quella registrata nell'ultimo decennio. Tale fenomeno riguarderà, in particolare, i sistemi metropolitani forti (lombardo, veneto, emiliano, romano) più attrattivi per occasioni di lavoro, mentre la restante parte dell'Italia resterà pressoché invariata.

Si evidenzia, dunque, la necessità di messa in sicurezza di tutti i territori italiani a rischio.

La sismicità ed il rischio sismico del territorio italiano

La sismicità italiana dipende essenzialmente dal fatto che l'Italia è situata al margine di convergenza tra due grandi placche: quella africana e quella euroasiatica. Il movimento relativo tra queste due grandi placche causa l'accumulo di energia e deformazione che occasionalmente vengono rilasciate sotto forma di terremoti di varia entità. La sismicità si concentra soprattutto lungo la catena degli Appennini e nella fascia vulcanica tirrenica. Tra i terremoti più forti di questo secolo si ricordano quelli di cui alla seguente tabella.

Anno	Sito	Magnitudo
1905	Calabria	7,1
1908	Messina	7,2
1915	Avezzano	7,0
1930	Irpinia	6,7
1976	Friuli	6,4
1980	Irpinia	6,9
1997	Umbria - Marche	6,9
2009	Abruzzo	6,3
2012	Emilia Romagna	5,9

Dal 1981 al 2011 sono stati registrati 150.000 terremoti di cui 50 con magnitudo superiore a 5. La mappa di pericolosità sismica, definita dall'INGV, si basa sull'analisi dei terremoti del passato e determina i valori di scuotimento del terreno in termini di accelerazione massima orizzontale rispetto a g (accelerazione di gravità). La stima di pericolosità sismica fornisce l'accelerazione massima attesa su suolo rigido (roccia) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La mappa di pericolosità sismica è uno strumento fondamentale per la realizzazione di misure di sicurezza e prevenzione che consentono di ridurre gli effetti dei terremoti. La legge italiana con l'OPCM n. 3274/2003 ha classificato il territorio nazionale in 4 zone.

Zona	Sismicità	Accelerazione massima su roccia
1	Alta	0,35 g
2	Media	0,25 g
3	Bassa	0,15 g
4	Molto bassa	0,05 g

Successivamente con l'OPCM n. 3519/2006 vengono dettati i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone e presentata una nuova mappa che individua intervalli di accelerazione. Infine, sulla base del lavoro di affinamento della Protezione Civile nel 2012 è stata pubblicata una nuova mappa che individua zone (1,2,3,4) e sottozone (2A,2B,3A,3B).
I comuni ricadenti nelle zone sismiche sono riportati nella tabella che segue:

Zona	Classe di rischio	Numero comuni	Superficie territorio (kmq)
1/1-2A	Elevata	706	26.959
2/2A/2B	Media	2.187	104.232
3/3A/3B/3S	Bassa	2.003	82.149
4	Molto bassa	3.196	87.996

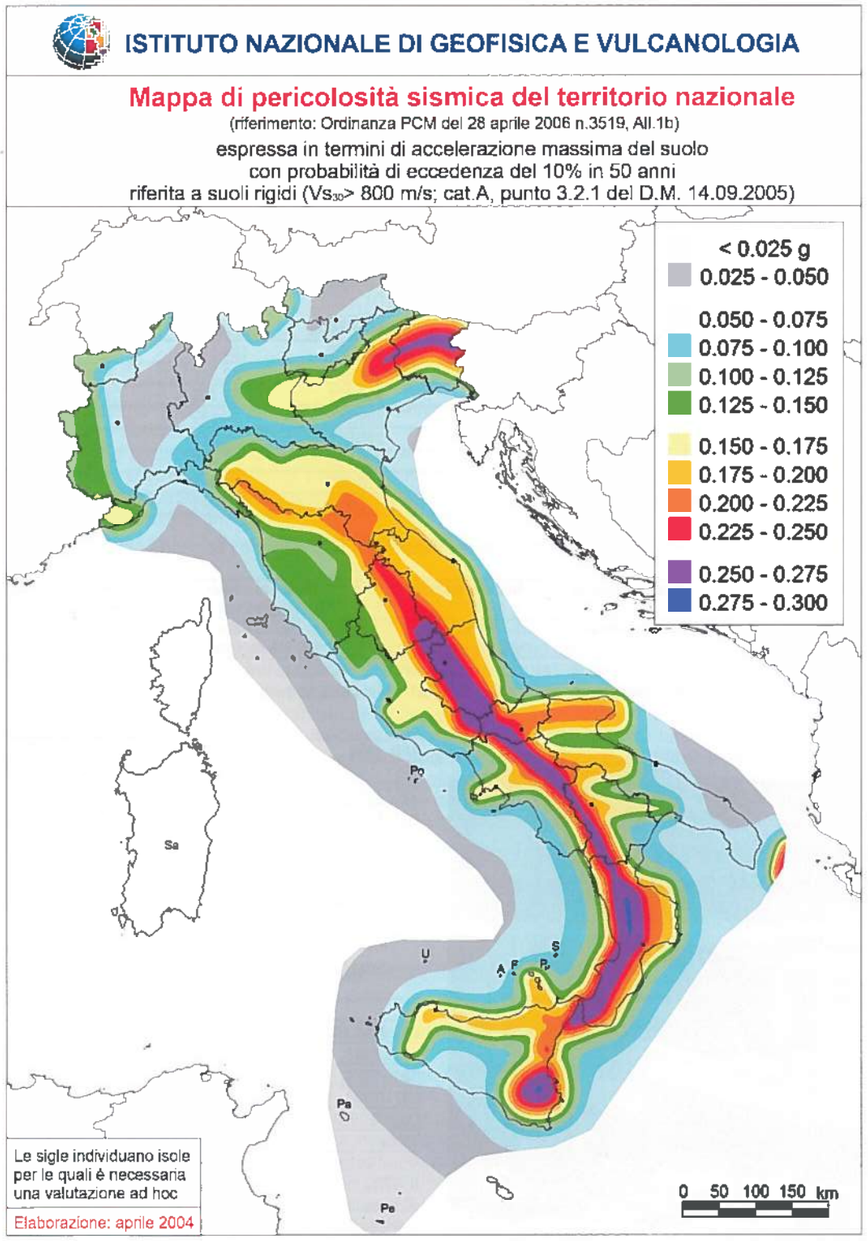
In particolare:

Zona	Classe di rischio	Numero comuni	Superficie (kmq)	Popolazione (ab)	Famiglie (num)
1/1-2A e 2/2A/2B	Media - elevata	2893 (36% dei Comuni Italiani)	131.000 (44% del territorio italiano)	21.800.000 (36% popolazione italiana)	8.590.000 (34.1% famiglie italiane)

Il rischio sismico è dato dal prodotto tra pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, dove:

- La pericolosità (P) misura la probabilità che un evento sismico si verifichi in un determinato intervallo di tempo con una certa intensità;
- La vulnerabilità (V) rappresenta le caratteristiche di resistenza di una certa struttura.
- L'esposizione (E) indica il valore del bene esposto (ivi comprese le vite umane)

R = P x V x E



L'Ordinanza PCM n. 3519 del 28-04-2006 ha definito e costituito la mappa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale. Di contro, ad oggi, non esiste una mappa di vulnerabilità sismica né tantomeno di esposizione, dell'intero territorio nazionale nonostante ci siano tutti gli strumenti e le tecniche più adeguati per definirle.
Di fatto, dunque, ancora oggi, non risulta possibile avere una mappa del rischio sismico del territorio nazionale. È utile far notare come, ad esempio, oggi, a parità di esposizione, il rischio sismico possa essere maggiore in una città che non abbia subito recentemente azioni sismiche di notevole entità rispetto alla città dell'Aquila poiché in quest'ultima la ricostruzione o adeguamento degli edifici sono stati realizzati con criteri antisismici tali da portare ad una vulnerabilità molto bassa se non nulla.

Patrimonio edilizio esistente a rischio sismico

Gli eventi di dissesto sono amplificati dalla condizione di elevata vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano. Il 60% degli edifici, pari a circa 7 milioni è stato costruito prima del 1971, i restanti 4 milioni circa sono stati costruiti negli ultimi 30 anni. In dettaglio nella sottostante tabella si riporta per età e stato di conservazione la distribuzione degli 11 milioni circa di edifici. Dai dati del censimento 2001:

	Ottimo stato	Buono stato	Mediocre stato	Pessimo stato	Totale
Prima del 1919	321.515	1.008.058	696.571	124.115	2.150.259
1919/1945	179.837	680.810	460.821	62.347	1.383.815
1946/1961	262.252	919.050	440.821	37.706	1.659.829
1962/1971	421.296	1.189.107	339.915	17.639	1.967.957
1972/1981	581.533	1.165.793	225.835	10.045	1.983.206
1982/1991	542.007	653.865	90.195	4.435	1.290.502
Dopo il 1991	566.397	199.656	23.320	1.654	791.027
Totale	2.874.837	5.816.339	2.277.478	257.941	11.266.595

- Per le abitazioni ed edifici in aree ad elevato rischio sismico valgono i seguenti dati:

Zona	Classe di rischio	Numero abitazioni	Numero edifici residenziali	Numero edifici non residenziali
1/1-2A e 2/2A/2B	Media - elevata	10.607.568 (35,7% del totale)	4.732.628 (40,3% del totale)	758.150 (42,8% del totale)

- Per quanto attiene i capannoni industriali nel 2011 si aveva la seguente distribuzione per età di costruzione

Ante 1950	**24.305**
1951 – 1970	79.868
1971 - 1990	133.449
Post 1990	87.805
Totali	325.427

Di questi il 29,2 % pari a 95.044 sono costruiti in aree ad elevato rischio sismico.

- Per gli edifici strategici *(scuole ed ospedali):*
  Scuole (dati censimento 2011)

	Numero edifici	%
Prima del 1919	6.145	9,5
1919/1945	6.026	9,3
1946/1971	28.187	43,5
1971/1990	18.726	28,9
Dopo il 1990	5.443	8,4
Totale	64.797	100

Il 37% di questi edifici scolastici, pari a 24.073, ricade in aree ad elevato rischio sismico. Dei 5.621 edifici per ospedali 1.822 ricadono in aree ad elevato rischio sismico.

I costi, finanziamenti per i terremoti

■ Costi/finanziamenti ricostruzione

Il costo complessivo dei danni provocati dai terremoti dal 1944 al 2012, rivalutato in base agli indici ISTAT al 2011, vale **181** miliardi di euro di cui 168 mld fino al 2009 e 13 mld dal 2010 al 2012. I finanziamenti statali per le ricostruzioni sui principali eventi sismici, a partire dal 1968, si possono stimare 110 miliardi di euro (a prezzi 2011), pari a circa il 61% dei danni stimati (181 mld) *(vedi tabella, fonti: Servizio Studi Camera Deputati, CIPE, Ministero Coesione Territoriale).*

■ Fondi stanziati dallo stato per la prevenzione del rischio sismico

Di particolare importanza è l'art 11 del Decreto Legge 39/09, convertito in Legge 77/2009, il quale istituisce il **"Piano Nazionale per la prevenzione del rischio sismico"**, attraverso la creazione di un Fondo nello stato di previsione del Ministero dell'Economia e delle Finanze. Le risorse del Fondo ammontano a circa 963 milioni di euro in 7 anni, così distribuiti:

- *Anno 2010: 42,50 mln*
- *Anno 2011: 145,10 mln*
- *Anno 2012, 2013, 2014: 195,60 mln*
- *Anno 2015: 145,10 mln*
- *Anno 2016: 44,00 mln*

Tali fondi vengono impegnati nelle seguenti attività:

a) Indagini di micro zonazione sismica,
b) Interventi strutturali di rafforzamento locale o miglioramento sismico, o di demolizione e ricostruzione di edifici pubblici di interesse strategico,
c) Interventi strutturali di rafforzamento locale o miglioramento sismico, o di demolizione e ricostruzione di edifici privati,
d) Acquisti da parte del Dipartimento Protezione Civile di beni e servizi strumentali per la prevenzione del rischio sismico.

Attraverso l'Ordinanza n. 52/2013 il Dipartimento della Protezione Civile ha fissato le modalità ed i criteri per la ripartizione delle risorse e per procedere alla richiesta dei contributi. L'attuazione dell'ordinanza avverrà attraverso appositi programmi di attuazione predisposti dalle Regioni. Finanziabili indagini ed interventi strutturali. I contributi possono essere destinati ad indagini di micro zonazione sismica. Sono ammissibili anche interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico. Lo sono anche interventi di demolizione e ricostruzione, degli edifici di interesse strategico. Sono esclusi dai contributi gli edifici scolastici. La ricostruzione può essere attuata attraverso appalto pubblico ovvero mediante contratto di acquisto di cosa futura (art 1472 CC) o il contratto di disponibilità. Sono anche finanziabili interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico o, eventualmente di demolizione e ricostruzione di edifici privati.
L'ordinanza regola le modalità di finanziamento degli interventi di prevenzione del rischio sismico previsti dall'art 11 della Legge 77 del 24 Giugno 2009, da realizzare con i fondi resi disponibili per l'annualità 2012 (art.1).

Vulnerabilità

Nella pagina seguente la scheda di 1° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità sismica degli edifici.

■ Vulnerabilità edifici in muratura esistenti

Edifici esistenti in muratura

Una classificazione semplice ma efficace è quella proposta da Pagano (1969) e ripresa da Boscolo Bielo (2012).

- **Edifici interamente in muratura con orizzontamenti costituiti da volte.**
  Sono tipologie costruttive storiche nelle quali l'organizzazione strutturale è realizzata con elementi lapidei o in laterizio di diversa forma e diversamente legati, i tetti sono generalmente costituiti da capriate in legno, gli orizzontamenti funzionano principalmente con il principio dell'arco e/o volta. La aperture sono generalmente caratterizzate da un elemento superiore di arco di scarico o piattabanda.
- **Edifici con ritti in muratura e orizzontamenti costituiti da solai la cui orditura principale e composta da travi isostatiche in legno o acciaio.**
  Sono tipologie costruttive comunque storiche, con una distribuzione dei carichi dei solai di tipo

io roma

Scheda di 1° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici

Sezione 1 – DATI RELATIVI ALLA SCHEDA

Codice ISTAT Provincia [1] |_|_|_|
Codice ISTAT Comune [3] |_|_|_|
Comune |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Scheda n° [8] |_|_|_|_|_|
Data [11] |_|_|_|_|_|_|
Squadra [17] |_|_|
Prescheda |_|_|_|_|

Sezione 2 – LOCALIZZAZIONE EDIFICIO

Codice ISTAT sezione Censuaria [19] |_|_|_|

RIFERIMENTO CATASTALE
Foglio [22] |_|_|_| Mappale [25] |_|_|_|_| Particella [28] |_|_|_|_|

CARTOGRAFIA DI RILEVAZIONE
Foglio [32] |_|_| Aggregato strutturale [34] |_|_|_|_| Edificio [38] |_|_|

URBANISTICA
Zona di piano [40] |_| Piano attuativo [41] |_| Vincoli [42] |_|

Aggregato strutturale |_|_|_|_| Edificio |_|_|

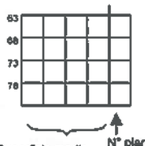
0 via, viale 1 corso
2 vicolo 3 piazza, largo [43] |_|
4 località

Nome [44] |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

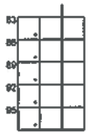
N° civico [58] |_|_|_|_|

N° accessi [60] |_|_| N° fronti a comune [62] |_|

Sezione 3 – DATI METRICI



Superficie media coperta (mq) — N° piani a superficie media coperta uguale



Altezza media interpiano (m) — N° piani ad altezza media interp. uguale

Altezza massima fuori terra valutata alla gronda (m) [98] |_|_|_|
Altezza minima fuori terra valutata alla gronda (m) [101] |_|_|_|
Larghezza stradale fronte principale (m) [104] |_|_|

Sezione 4 – USO

Totale unità d'uso [106] |_|_|

Stato dell'edificio [108] |_| F finito
N non finito
C in costruzione

Totale unità d'uso [109] |_| 1 totalmente utilizzato
2 parzialmente utilizzato
3 non utilizzato
4 abbandonato

Proprietà [110] |_|

Conduzione prevalente [111] |_| 1 diretta
2 in locazione

Residenza 1 si 2 no [112] |_| Abitazioni occupate [113] |_|_| N° [115] |_| Sup.% Abitazioni libere [116] |_|_| N° [118] |_| Sup.% Abitazioni occup. salt. [119] |_|_| N° [121] |_| Sup.%

Att. produttive [122] |_| 1 si 2 no Servizi pubblici [123] |_| 1 si 2 no Denomin. edificio [124] |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Unità d'uso				Intensità d'uso						Bacino di utenza
N°	Codice	Tipo	Sup.%	Periodo di utilizzazione: Mesi	giorni	Utilizzazione Potenziale: media	max	h/gg		
[138] |_|_|	[140] |_|_|_|_|	[143] |_|	[144] |_|	[145] |_|_|	|_|_|_|	[150] |_|_|_|	|_|_|_|_|	[157] |_|_|		[159] |_|
[160] |_|_|	[162] |_|_|_|_|	[165] |_|	[166] |_|	[167] |_|_|	|_|_|_|	[172] |_|_|_|	|_|_|_|_|	[179] |_|_|		[181] |_|
[182] |_|_|	[184] |_|_|_|_|	[187] |_|	[188] |_|	[189] |_|_|	|_|_|_|	[194] |_|_|_|	|_|_|_|_|	[201] |_|_|		[203] |_|
[204] |_|_|	[206] |_|_|_|_|	[209] |_|	[210] |_|	[211] |_|_|	|_|_|_|	[216] |_|_|_|	|_|_|_|_|	[223] |_|_|		[225] |_|
[226] |_|_|	[228] |_|_|_|_|	[231] |_|	[232] |_|	[233] |_|_|	|_|_|_|	[238] |_|_|_|	|_|_|_|_|	[245] |_|_|		[247] |_|
[248] |_|_|	[250] |_|_|_|_|	[253] |_|	[254] |_|	[255] |_|_|	|_|_|_|	[260] |_|_|_|	|_|_|_|_|	[267] |_|_|		[269] |_|

io roma

Scheda di 1° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici

Sezione 5 – ETÀ DELLA COSTRUZIONE – INTERVENTI

Classi di età
A prima del' 19
B '19 '45
C '46 '60
D '61 '71
E '72 '81
F dopo l' '81
G .....
H .....

INTERVENTI

	Norme sismiche D.M. 24/1/86	Adeg. Antisism. D.M. 24/1/86	Migl. Antisism. D.M. 24/1/86	Interv. Non antisismico	
A	B	/	C		Ampliamento
D	E	/	F		Sopraelevazione
G	H	I	J		Ristrutturazione
K	L	M	N		Restauro
O	/	P	Q		Manutenzione

R = in deroga (Art.30 L. 64/74)

Classe di età di costr. [270] |_|
Classe di età ultimo intervento significat. [271] |_|
Tipo ultimo int. signif. [272] |_|

Sezione 6 – STATO DELLE FINITURE E IMPIANTI

E Efficiente
N Non efficiente
Z Non esistenti

Intonaci e paramenti esterni [273] |_|
Infissi esterni [274] |_|
Impianto elettrico [275] |_|
Impianto idrico [276] |_|
Finiture interne (intonaci, pavim., ..) [277] |_|
Riscaldamento [278] |_|
Servizi igienici [279] |_|

Sezione 7 – TIPOLOGIA STRUTTURALE

Strutture verticali
A Muratura a sacco
B Muratura a sacco con spigoli, mazzette, ricorsi
C Muratura pietra sbozzata
D Muratura pietra sbozzata con rinforzi c.s.
E Muratura pietre arrotondate
F Muratura pietre arrotondate con rinforzi c. s.
G Muratura blocchetti tufo, pietra ben squadrate
H Muratura blocchetti calcestruzzo inerti pesanti
I Muratura blocchetti calcestruzzo inerti leggeri
L Muratura mattoni pieni o multifori
M Muratura mattoni forati
N Pareti calcestruzzo non armato
O Pareti calcestruzzo armato
P Telai di c.a. non tamponati
Q Telai di c.a. con tamponature deboli
R Telai di c.a. con tamponature consistenti
S Ossatura metallica
T Miste
U
V

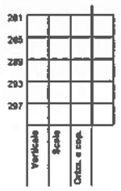
Strutture orizzontali
A Legno
B Legno con catene
C Putrelle e voltine o tavelloni
D Putrelle e voltine o tavelloni con catene
E Laterocemento o solette in c.a.
F Volte senza catene
G Volte con catene
H Miste volte solai
I Miste volte solai con catene
L

Coperture
M Legno spingente
N Legno "poco spingente" (vedi manuale)
O Legno a spinta eliminata o trasv orizz.
P Laterocemento o solette in c.a.
Q Acciaio spingente
R Acciaio non spingente
S Mista spingente
T Mista non spingente
U

Scale
0 Struttura appoggiata in legno
1 Struttura a sbalzo in legno
2 Struttura appoggiata in acciaio
3 Struttura a sbalzo in acciaio
4 Struttura appoggiata in pietra o laterizio
5 Struttura a sbalzo in pietra o laterizio
6 Volta appoggiata in muratura
7 Volta a sbalzo in muratura
8 Struttura appoggiata in c.a.
9 Struttura a sbalzo in c.a.

Tipologia strutturale prevalente [280] |_|
1 Tipologia specialistica (capannoni, chiese, ...)
2 Muratura o mista
3 Calcestruzzo armato
4 acciaio
5 altro

Tipologia strutturale — N° piani a tipologia strutturale uguale



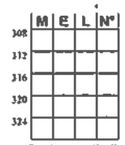
Sezione 8 – ESTENSIONE E LIVELLO DEL DANNO

Evento in data [301] |_|_|_|_|_|_| 1 sisma 2 altro [307] |_|
Danni a impianti 1 si 2 no [308] |_|

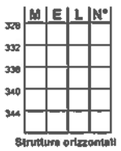
M = livello danno max rilevato
E = estensione danno più diffuso
L = livello danno più diffuso

Livello del danno
A Nessun danno
B Danno lieve
C Danno medio
D Danno grave
E Danno gravissimo
F Danno totale

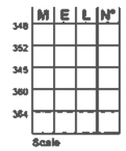
Estensione del danno
0 ≤ 10%
1 10< ≤ 20%
2 20< ≤ 30%
3 30< ≤ 40%
4 40< ≤ 50%
5 50< ≤ 60%
6 60< ≤ 70%
7 70< ≤ 80%
8 80< ≤ 90%
9 90<



Strutture verticali



Strutture orizzontali



Scale

Tamponature

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

monodirezionale, generalmente del tipo a travi appoggiate sui muri maestri, a volte con presenza di rompi tratta trasversale che esercita un carico pressoché concentrato sui muri trasversali. Aspetti peculiari per una valutazione del comportamento di tali strutture sono la differenziazione tra i materiali costituenti elevazione ed orizzontamenti, l'ammorsamento delle travi nei muri maestri e la loro capacità di trasferire le forze orizzontali agli elementi in elevazione, la rigidezza dell'orizzontamento, la presenza di eventuali riseghe nei muri portanti che possano diminuire lo spessore resistente sia in elevazione che localmente.

- **Edifici con ritti in muratura ed orizzontamenti costituiti da solai ammorsati in un cordolo perimetrale in ca.**
  Costituiscono la tipologia più diffusa per quanto riguarda gli edifici in muratura di recente costruzione, anche in conseguenza del fatto che molte normative tecniche hanno reso obbligatoria la realizzazione di una cordonatura in ca a livello dei solai, per lo più realizzati in latero-cemento con soletta in ca. L'effetto principale di tali cordolature, se effettuate con continuità sul perimetro di piano, è un effetto di cerchiatura della muratura, oltre a quelli di maggiore collegamento degli orizzontamenti con le pareti verticali, di distribuzione di eventuali carichi localizzati e di diminuzione dell'altezza libera di inflessione del paramento murario. L'effetto dei solai in latero-cemento, sotto alcune condizioni esecutive, nel merito delle quali non si entra in questa sede, è quello di un collegamento rigido che funge da ripartitore delle forze orizzontali dovute al sisma sugli elementi verticali, in assenza di forti asimmetrie, il concetto di solaio rigido ha portato a concentrare l'attenzione sulle forze agenti nel piano della muratura piuttosto che sugli effetti ortogonali alle stesse.

Aggregati edilizi
Un problema molto frequente nei centri storici è la impossibilità di individuare una unità strutturale ben definita nell'ambito di quello che viene definito l'aggregato edilizio. Le conseguenze più evidenti si riscontrano in un comportamento meccanico complesso e differenziato per parti.

■ Tipologie di vulnerabilità edifici in muratura esistenti

La vulnerabilità misura la predisposizione di un manufatto ad essere danneggiato in caso di sisma.

Vulnerabilità tipica:

- Ribaltamento facciata (1° modo: ribaltamento fuori dal piano)
  La muratura si danneggia per l'innescarsi di fenomeni di ribaltamenti a causa di azioni agenti ortogonalmente al suo piano medio. In presenza di tessiture murarie di buona qualità il collasso dipende, più che dalla resistenza della muratura, quasi unicamente da questioni di equilibrio, fortemente dipendenti dal collegamento con pareti trasversali e dalla presenza di elementi spingenti (coperture e volte) o di trattenimento (catene, travi ben collegate, cordoli).

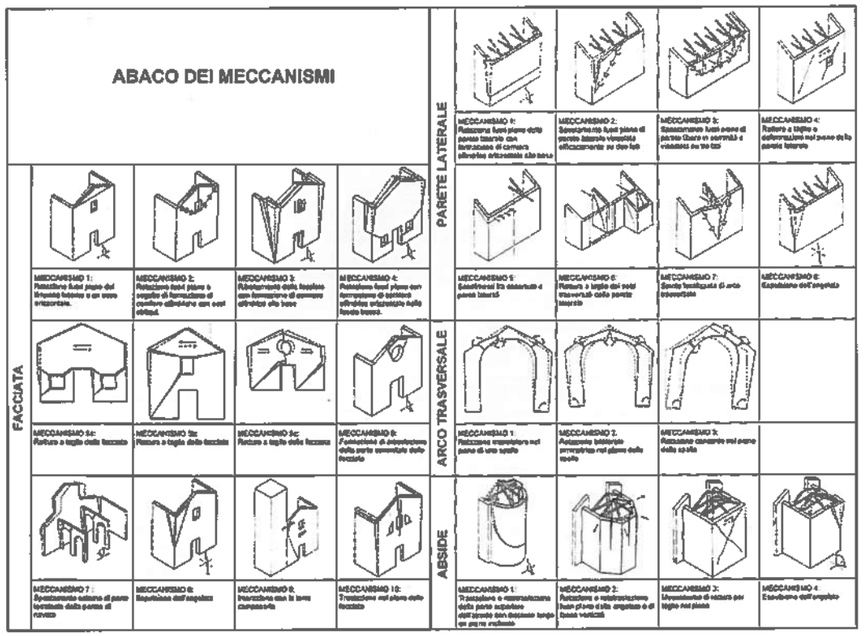
Meccanismo di collasso	Indicatori di vulnerabilità	Danni attesi
Ribaltamento globale della facciata con formazione di cerniera al piede	1. Assenza di catene longitudinali, 2. Scarsa resistenza a flessione delle murature, 3. Assenza di collegamento della parte alta della facciata alle pareti laterali per mancanza di cordolo o controventi di falda, 4. Ammorsamento scadente tra facciata e pareti laterali, 5. Presenza di copertura spingente.	1. Lieve: lesioni visibili in sommità all'interno e/o all'esterno, 2. Medio: lesioni passanti che giungono fino alla base della muratura e sono localizzate nell'angolo, 3. Grave: come al p.to 2 ma con quadro fessurativo più ampio e fuori piombo evidente.

- Meccanismi di taglio (2° modo: rottura a taglio nel piano)
  La muratura si danneggia lesionandosi a causa di sforzi taglianti generati da azioni agenti parallelamente al suo piano medio. Questo meccanismo non porta in genere a collassi rovinosi perché una muratura di buona fattura presenta elevata duttilità equivalente, ovvero può subire spostamenti anche di notevole entità dopo l'apertura delle fessure.

Meccanismo di collasso	Indicatori di vulnerabilità	Danni attesi
Meccanismo di rottura a taglio (lesione trasversale), che si manifesta tra le aperture e nelle zone di minore resistenza. Le lesioni hanno in genere la classica forma ad X	1. Presenza di aperture 2. Presenza di copertura spingente, 3. Assenza di architravi rigidi – assenza di catene, 4. Murature di scarsa qualità.	1. Lieve: lesioni visibili a 45 gradi singole o incrociate 2. Medio: come punto 1 ma con maggiore evidenza del quadro fessurativo, 3. Grave: come al p.to 2 ma con aggravamento vistoso ed instabilità della facciata.

- Meccanismi nelle coperture

Meccanismo di collasso	Indicatori di vulnerabilità	Danni attesi
Spinte localizzate dovute a capriate o travi, azioni di martellamento in presenza di cordoli rigidi di grosse dimensioni. – Spostamento fuori piano delle pareti laterali, dovute a spinte localizzate.	– Murature di scarsa qualità, – Assenza di collegamento tra le strutture di copertura e la muratura, strutture di elevato peso, – Murature di spessore limitato.	Lieve: lesioni visibili a 45 gradi singole o incrociate, Medio: come punto 1 ma con maggiore evidenza del quadro fessurativo, Grave: come al p.to 2 ma con aggravamento vistoso e con espulsione o crollo di parti di muratura.



Vulnerabilità specifica

- *Modalità costruttive iniziali*
- *Scarsa coesione muraria (assenza di diatoni, scarsa qualità del legante, paramento esterno e stipiti di architravi di porte e finestre in pietra squadrata non connessi al resto della muratura),*
- *Elementi che riducono la sezione muraria (canne fumarie, pluviali o impianti interni alla muratura, nicchie, scale interne a murature di elevato spessore),*
- *Soluzioni strutturali inadeguate (coperture o orizzontamenti spingenti, timpani o guglie svettanti, elementi strutturali snelli o con sezione inadeguata, travi che scaricano il loro peso su una sola parte di un muro a doppio paramento mal connesso),*
- *Particolari distribuzioni della aperture nelle murature (aperture troppo vicine a spigoli o tra loro, aperture non allineate).*

- *Processi di trasformazione edilizia*
- *Connessione scarsa o assente tra strutture preesistenti e strutture aggiunte (corpi murari aggiunti a fianco di altri con connessioni inadeguate o assenti, sopraelevazioni non adeguatamente connesse),*
- *Sottrazione di elementi e/o parti murarie (aperture di finestre, eliminazione di murature portanti con inserimento di archi o travi di scarico),*
- *Soluzioni strutturali inadeguate (tramezzi o pilastri poggianti direttamente su volte o solai lignei),*
- *Tamponamenti di aperture (tamponamenti di porte o finestre con pannelli murari non adeguatamente connessi ai margini delle aperture).*

- *Carenza di connessioni strutturali e difetti degli elementi di presidio esistenti*
- *Connessione scarsa o assente tra muri (connessione inadeguata tra muri disposti a T o a L),*
- *Connessione scarsa o assente tra muro e copertura (appoggio delle travi limitato o concentrato, assenza elementi che garantiscano la continuità del lembo superiore del muro),*
- *Connessione scarsa o assente tra muro e solaio (appoggio delle travi limitato, mancanza di vincolo allo sfilamento),*

Scheda di valutazione vulnerabilità sismica edifici in muratura

G.N.D.T. – SCHEDA DI VULNERABILITÀ DI 2° LIVELLO (MURATURA)

Codice ISTAT Provincia [1] ___ Codice ISTAT Comune [3] ___ 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) 2 Cordoli e catene tutti i livelli (Clas. B) 3 Buoni ammorsam. fra muri (Clas. C) 4 Senza cordoli cattivi ammors. (Clas. D) 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_k (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 [56] 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 quote 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 [66] 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_s (m) [90] Perimetro copertura l (m) [93]
10	ELEM. NON STRUTT.	[20]	[31]	(Vedi manuale)
11	STATO DI FATTO	[21]	[32]	(Vedi manuale)

SCHEMI – RICHIAMI

Parametro 3. Resistenza convenzionale

Tipologia strutture verticali — τ_k (t/mq)

Minimo tra A_x ed A_y — A (mq)

Massimo tra A_x ed A_y — A (mq)

Coeff. a_0 = A/ A_t ____ Coeff. γ = B/A ____

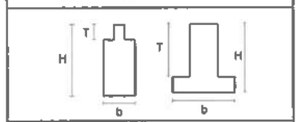
$q = (A_x + A_y)\, h\, p_m / A_t + p_s$

$$C = \frac{a_0 \tau_k}{qN}\sqrt{1+\frac{qN}{1{,}5\, a_0\, \tau_k\, (1+\gamma)}}$$

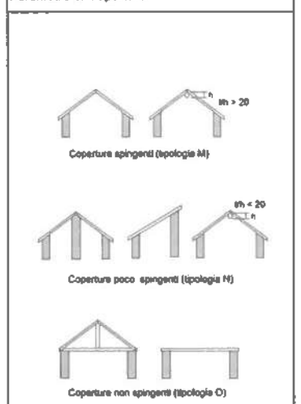
α= C/0,4 ____

Parametro 5. Configurazione planimetrica

Parametro 7. Configurazione in elevazione



Parametro 9. Copertura



- *Inadeguato contenimento delle spinte (tiranti inadeguati per sezione, dimensione o forma del capo chiave, o per rottura, contrafforti inadeguati per posizione, forma, dimensione, problemi di fondazione o scarso collegamento con la parete presidiata).*

- *Degrado strutturale e debito manutentivo*
- *Degrado dell'intonaco e dei giunti (disgregazione, distacco o mancanza dell'intonaco, disgregazione o mancanza dei giunti di malta),*
- *Degrado degli elementi lapidei della muratura (il degrado proprio degli elementi lapidei, erosione, fessurazione per gelo-disgelo, esfoliazione, disgregazione.... Tende a sommarsi ai danni statici creando un circolo vizioso),*
- *Degrado elementi lignei (dovuto a presenza di acqua, aggressione biologica o microbiologica, danni da incendio non riparati),*
- *Degrado degli elementi metallici (tiranti soggetti a fenomeni avanzati di ossidazione o corrosione).*

- *Dissesti pregressi non riparati*
- *Lesioni sia per azioni sismiche che per dissesti statici,*
- *Deformazioni e fuori piombo.*

- *Interventi strutturali recenti*
- *Interventi eseguiti con tecniche moderne, quali:*
  - *Cordolo in ca con sezioni inadeguate e/o con distacchi dalla muratura,*
  - *Iniezioni non distribuite e disomogenee,*
  - *Intonaco ramato non adeguatamente connesso alla muratura.*

Vulnerabilità edifici in ca esistenti

Le carenze che hanno maggiormente influenzato la risposta sismica degli edifici in ca esistenti sono individuate in:
- Configurazione della struttura inadeguata all'articolazione dell'edificio,
- Disposizione degli elementi non strutturali inadeguata alla caratteristiche della struttura (piano soffice),
- Presenza dei telai in una sola direzione,
- Presenza di travi "forti" e pilastri "deboli",
- Presenza di pilastri tozzi,
- Particolari costruttivi inadeguati: staffatura di pilastri e nodi, lunghezza di ancoraggio e sovrapposizione delle armature,
- Insufficiente qualità del calcestruzzo, sia in termini di resistenza sia in termini di getto,
- Elementi non strutturali a rischio di collasso, anche solo locale.

La notevole influenza della regolarità della geometria e della distribuzione delle masse di un edificio sulla risposta sismica è ampiamente riconosciuta. La regolarità è legata ad una serie di fattori diversi che possono essere individuati in semplicità, simmetria compattezza, distribuzione delle resistenze e rigidezze, distribuzione degli elementi strutturali e non strutturali. O casi di piano aperto (non tamponato/pilotis) e presenza di telai in una sola direzione sono tra le possibili cause di irregolarità, insieme, ad esempio, a configurazioni in pianta non compatte e non simmetriche e posizioni asimmetriche di vani scala ed ascensori.
La presenza di telai in una sola direzione è tipica degli edifici progettati per soli carichi verticali ed è legata alla tessitura monodirezionale dei solai. Si configura, pertanto una situazione in cui nella direzione parallela alla tessitura dei solai, la resistenza alle azioni sismiche orizzontali è molto ridotta o assente. Altro effetto negativo può essere provocato dalla presenza di pilastri "tozzi", ovvero di pilastri aventi una lunghezza libera di inflessione ridotta dalla presenza di tamponatura solo per una fascia (vedi tabella pagina successiva).

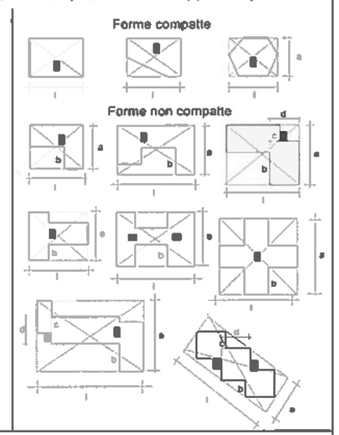
Interventi di rafforzamento

I possibili interventi strutturali su edifici esistenti sono normalmente classificati in:
- *Interventi di adeguamento atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle vigenti normative,*
- *Interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme,*
- *Interventi di rafforzamento locale che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.*

Scheda di rilevamento vulnerabilità sismica edifici esistenti in c.a.

G.N.D.T. – SCHEDA DI VULNERABILITÀ DI 2° LIVELLO (CALCESTRUZZO ARMATO)

Codice ISTAT Provincia 1|_|_|_| Codice ISTAT Comune 4|_|_|_| Scheda N° 7|_|_|_|_|_|

	PARAMETRI	Classi	ELEMENTI DI VALUTAZIONE E SCHEMI – RICHIAMI
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE	|_|	***La valutazione va riferita alla direzione più debole.*** 1 Pareti in c.a. in entrambi le direzione 2 Pilastri e travi alte 3 Pilastri e travi in spessore di solaio 4 Altro _____ 5 Non so
2	DISTIBUZIONE DELLE TAMPONATURE	|_|	***Considerare solo le tamponature esterne e i campi di tamponatura pieni per più del 70% a contatto con la maglia strutturale (travi e pilastri).*** A Su 4 lati esterni B Su 3 lati esterni C Su 2 lati esterni D Su 1 lato esterno
3	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	Forma |_|	***Il nucleo scale e ascensore sono da considerarsi resistenti quando sono realizzati o in pareti di c.a. o a struttura intelaiata con tamponatura consistente (Blocchi cls o tufo, mattoni pieni o forati doppio UNI)*** 1 Forma compatta con nucleo scala/ascensore resistente centrale 2 Forma compatta con nucleo scala/ascensore resistente eccentrico 3 Forma non compatta con nucleo scala ascensore resistente centrale 4 Forma non compatta con nucleo scala/ascensore resistente eccentrico 
4	IRREGOLARITA IN ELEVAZIONE	Piano debole |_| Pilastri tozzi |_|	***Per piano debole si intende un piano che ha una rigidezza ridotta rispetto agli altri come il caso di piano pilotis o piani con grandi aperture o piani privi di tamponature o tamponature poste in aggetto o arretrate rispetto alla maglia strutturale*** A Assente B Diverso dal piano terra con nucleo scala/ascensore resistente C Al piano terra con nucleo scala/ascensore resistente D Diverso dal piano terra senza nucleo scala/ascensore resistente E Al piano terra senza nucleo scala/ascensore resistente 1 Assenti 2 Per travi a ginocchio o piani sfalsati 3 Per finestre a nastro 4 Altro_____

Gli interventi di rafforzamento locale sono finalizzati a ridurre o eliminare i comportamenti dei singoli elementi o parti strutturali, che danno luogo a condizioni di fragilità e/o innesco di collassi locali. Ricadono in questa categoria i seguenti interventi:

- Volti ad aumentare la duttilità e/o la resistenza a compressione e a taglio di pilastri, travi e nodi nelle strutture in ca,
- Volti a ridurre il rischio di ribaltamento di pareti o di loro porzioni nelle strutture in muratura, eliminare le spinte o ad aumentare la duttilità di elementi murari,
- Volti alla messa in sicurezza di elementi non strutturali, quali tamponature, sporti, camini, cornicioni ed altri elementi pesanti pericolosi in caso di caduta.

Questo tipo di interventi può comprendere le fondazioni, sostituzione dei solai e/o tetti, irrigidimento dei solai, aumento di resistenza dei maschi murari. In particolare:

- Interventi di recupero di dissesti statici e/o degrado degli elementi strutturali,
- Interventi finalizzati ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio curando i collegamenti tra le pareti e tra le pareti e gli orizzontamenti. Sono preferibili soluzioni non invasive come catene (pareti-pareti), o profili metallici (solai-pareti),
- Interventi volti a ridurre le spinte di coperture, archi e volte con interventi non invasivi (catene),
- Interventi rivolti ad eliminare o ridurre gli indebolimento locali (armadi a muro, canne fumarie, nicchie) della struttura portante originaria (maschi murari),
- Interventi che consentono di migliorare la resistenza alla azioni sismiche degli aggetti verticali, dei cornicioni, ecc..

Gli interventi di rafforzamento non debbono essere sottoposti a collaudo statico

■ Tipologie interventi rafforzamento edifici in muratura esistenti

Fondazioni

Si deve intervenire sulle fondazioni solo in presenza di dissesti, mirando alla massima uniformità nelle condizioni di appoggio. Gli interventi che dovranno essere preferiti sono quelli di ampliamento della base fondale mediante sottomurazione. Interventi con micropali o altri interventi di consolidamento dei terreni potranno essere effettuati solo ove non esistano valide alternative.

Setti murari/facciate

L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme ed una continuità nella rigidezza, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti qualora mancanti.

Interventi suggeriti:

- *Riparazioni di lesioni, eliminazione di cavità (canne fumarie, nicchie, ecc...).*
- *Ammorsamento trasversale mediante la costruzione in breccia di muratura di mattoni con dimensioni pari a sxs, ove s=spessore muratura. (FIG. 1)*
- *Introduzioni di diatoni artificiali in ca in breccia, ad interasse ca 3 volte lo spessore della muratura, armati con 4 d8 e staffa d5 a spirale. (FIG. 2)*
- *Introduzione di chiavi armate in ca da 15 cm di diametro ad interasse non superiore ad 1m, armati con 5 d8 e staffe d5 a spirale. (FIG 3)*
- *Collegamento della facciata alle pareti laterali tramite due catene, ancorate in facciata, correnti all'interno in adiacenza al muro e fissata in corrispondenza ad una parasta.*
- *Miglioramento delle caratteristiche delle murature scadenti (ristilatura profonda dei giunti di malta, creazione di diatoni).*

Interventi sconsigliati:

- *Iniezioni di miscele leganti (effettuabili solo dopo aver verificato al compatibilità e la iniettabilità della muratura),*
- *Cuciture armate,*
- *Inserimenti di elementi in conglomerato cementizio.*

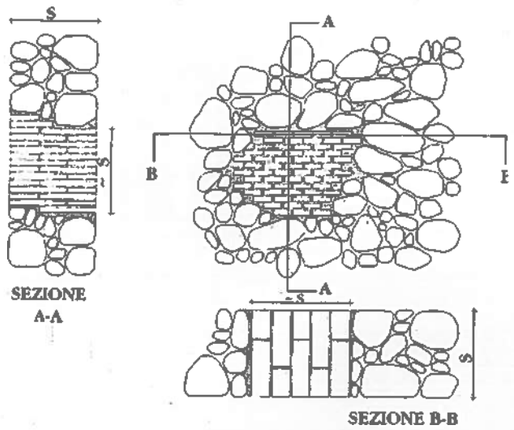


Figura 1

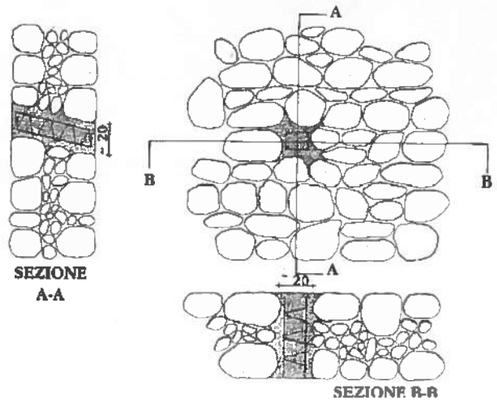


Figura 2

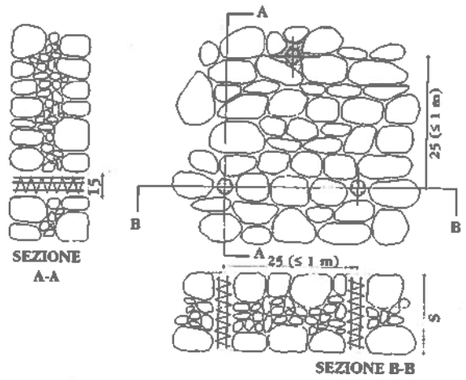


Figura 3

Pilastri e colonne
Interventi suggeriti:
- *Cerchiature e tassellature (al fine di aumentare la resistenza a compressione),*
- *Eliminazione delle spinte (al fine di avere compressione uniforme).*

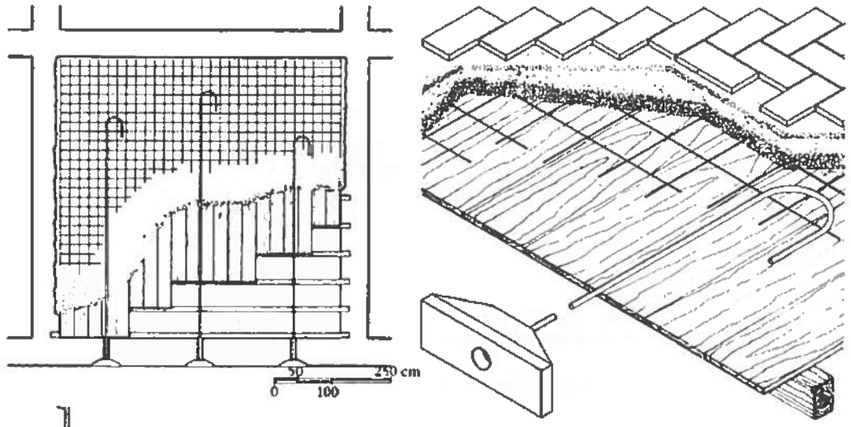
Interventi sconsigliati:
- *Inserimento di anime metalliche,*
- *Precompressione,*
- *Perforazioni armate ed ogni altro intervento volto a conferire resistenza a taglio e flessione.*

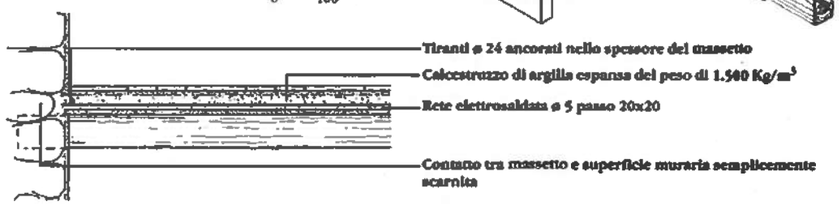
Archi e volte
Interventi suggeriti:
- *Riparazione delle lesioni,*
- *Inserimento delle catene alle reni (qualora ciò non fosse possibile, sarà necessario fare verifiche specifiche sull'efficacia dell'inserimento in posizioni diverse per il contenimento delle spinte),*
- *Provvedimenti atti a ridurre le masse e a vincolare le deformazioni estradossali come frenelli o rinfianchi coerenti alleggeriti,*
- *L'utilizzo di frenelli (muricci estradossali), in muratura di mattoni pieni consente di ridurre le masse e quindi le sollecitazioni sismiche e di vincolare la deformazione della volta, in corrispondenza di alcuni dei frenelli possono essere inseriti dei tiranti,*
- *La disposizione di tiranti incrociati previene la deformazione della scatola muraria e quindi le sollecitazioni sulla volta*

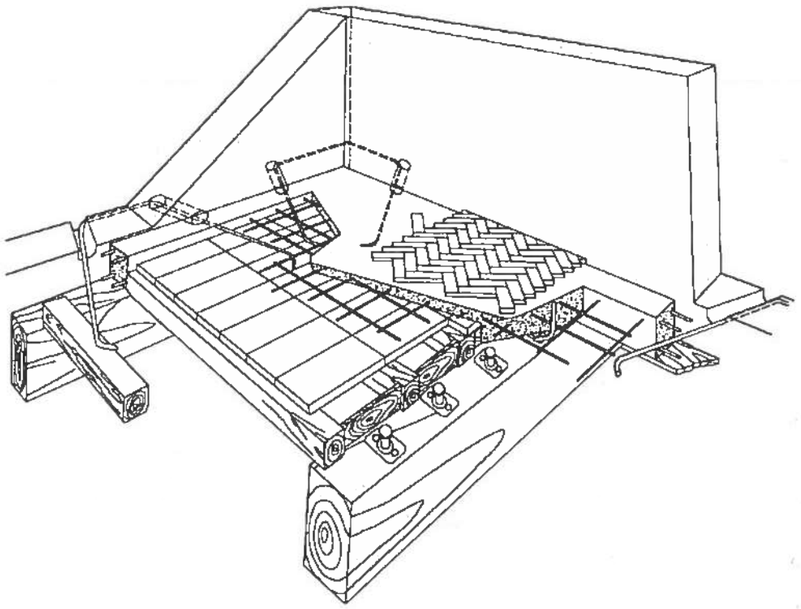
Interventi sconsigliati:
- *Placcaggio estradossato (cappe in cls armato).*

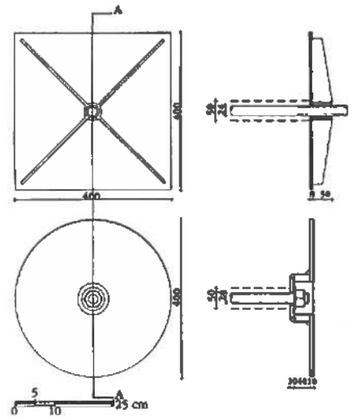
Solai
Le azioni causate dal terremoto generano nei setti murari sollecitazioni di taglio e flessione, gli elementi che maggiormente possono fornire resistenza a queste sollecitazioni sono le pareti dirette parallelamente all'azione del sisma. Siccome le azioni sismiche interessano tutti gli elementi in maniera proporzionale alla loro massa, è necessario trasferire le forze orizzontali agenti sull'edificio ai setti orientati parallelamente all'azione del sisma. In presenza di azioni sismiche il ruolo dei solai diventa quindi non solo quello di trasferire alle strutture murarie i carichi verticali, ma anche quello di distribuire le azioni orizzontali. Per ottenere questo risultato è necessario che i solai abbiano una significativa rigidezza nel loro piano. Una particolare forma di vulnerabilità dei solai con orditure lignee è legata alla possibilità di sfilamento delle teste delle travi dalle loro sedi. Per ridurre la vulnerabilità e collegare pareti tra loro parallele è necessario realizzare l'ancoraggio nelle murature di tutte le travi principali e di alcuni travetti.
Interventi suggeriti:
- *Irrigidimento del piano (dei tavolati in legno con un secondo tavolato sovrapposto ortogonalmente al primo, dei solai con travetti in legno e pianelle o con putrelle e voltine o tavelloni con caldana armata alleggerita),*
- *Collegamento ai muri perimetrali di travi e solette,*
- *Incatenamenti e collegamenti perimetrali puntuali; eventuale incremento della sezione resistente delle travi in legno in zona compressa.*

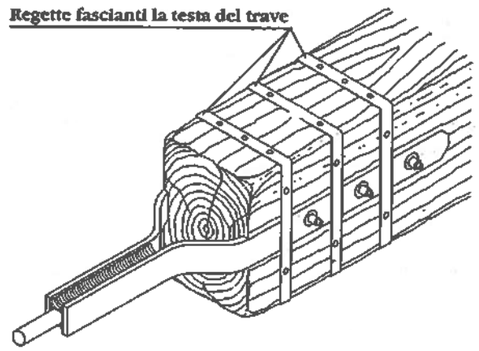
Interventi sconsigliati:
- *Cordoli in breccia, solai latero-cementizio,*
- *Realizzazione della breccia per l'inserimento del cordolo muta il regime statico della muratura causando la migrazione degli sforzi verso il paramento esterno, il nuovo solaio grava esclusivamente sulla parte interna del paramento murario, in presenza di azioni sismiche il nuovo solaio spinge sula paramento esterno cuasandone l'espulsione.*

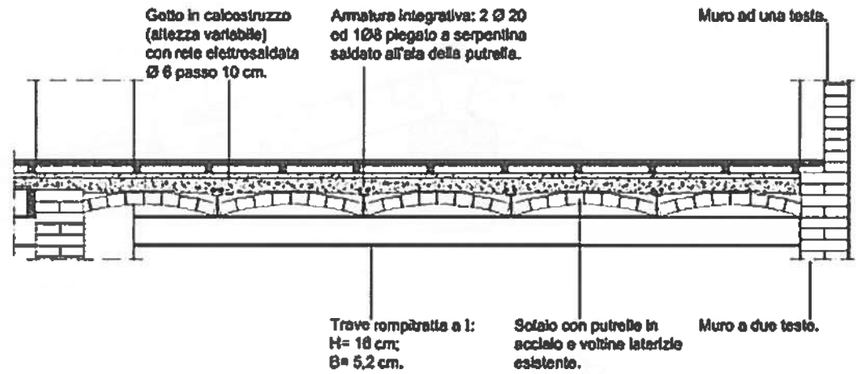

50
250 cm
0
100

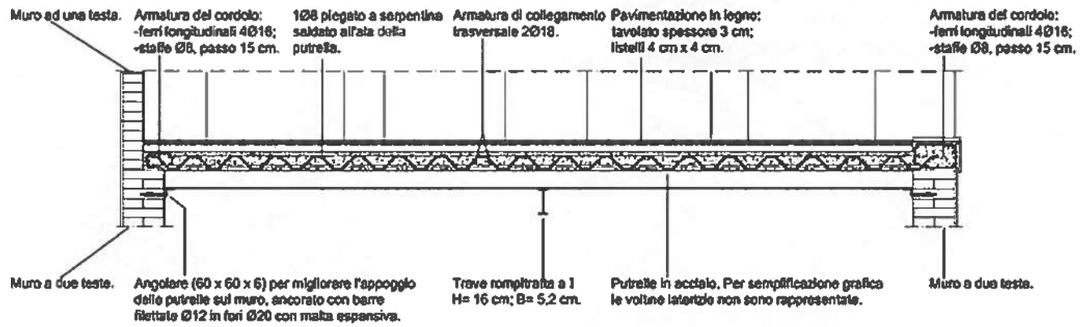

Tiranti ø 24 ancorati nello spessore del massetto
Calcestruzzo di argilla espansa del peso di 1.500 Kg/m³
Rete elettrosaldata ø 5 passo 20x20
Contatto tra massetto e superficie muraria semplicemente scarnita




A
400
400
50
400
400
5
0
10
25 cm


Regette fascianti la testa del trave


Getto in calcestruzzo (altezza variabile) con rete elettrosaldata Ø 6 passo 10 cm.
Armatura integrativa: 2 Ø 20 ed 1Ø8 piegato a serpentina saldato all'ala della putrella.
Muro ad una testa.
Trave rompitratta a I: H= 16 cm; B= 5,2 cm.
Solaio con putrelle in acciaio e voltine laterizie esistente.
Muro a due teste.


Muro ad una testa.
Armatura del cordolo: -ferri longitudinali 4Ø16; -staffe Ø8, passo 15 cm.
1Ø8 piegato a serpentina saldato all'ala della putrella.
Armatura di collegamento trasversale 2Ø18.
Pavimentazione in legno: tavolato spessore 3 cm; listelli 4 cm x 4 cm.
Armatura del cordolo: -ferri longitudinali 4Ø16; -staffe Ø8, passo 15 cm.
Muro a due teste.
Angolare (60 x 60 x 6) per migliorare l'appoggio delle putrelle sul muro, ancorato con barre filettate Ø12 in fori Ø20 con malta espansiva.
Trave rompitratta a I H= 16 cm; B= 5,2 cm.
Putrelle in acciaio. Per semplificazione grafica le voltine laterizie non sono rappresentate.
Muro a due teste.

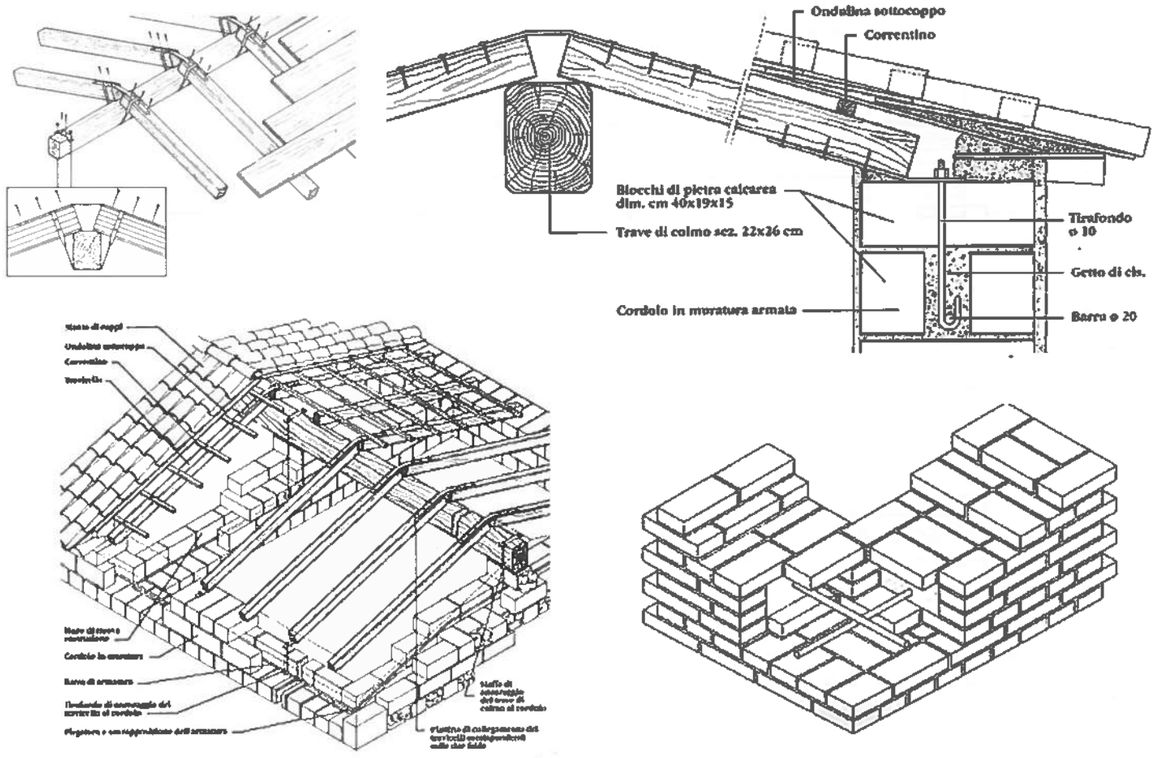
Tetti

Interventi suggeriti:

- *Contenimento delle spinte,*
- *Controventamento della falda,*
- *Connessione degli elementi lignei tra loro alle murature portanti (con elementi metallici),*
- *Rafforzamento del punto di contatto tra muro e tetto con cordoli-tiranti in legno acciaio al fine di ripartire adeguatamente il carico del tetto sulle murature e di garantire una resistenza a trazione,*
- *Realizzazione cordolo in sommità (la realizzazione di cordoli sommitali in muratura armata consente di avere una certa resistenza a trazione al lembo superiore del muro, di realizzare un migliore collegamento della struttura del tetto con il muro, di ripartire meglio il carico del tetto sul muro. La realizzazione di cordoli sommitali costituiti da elementi forati in laterizio alternati a nastri di FRP (polimeri fibro-rinforzati) ha il vantaggio della ridotta invasività ed elevata leggerezza),*
- *Inserimento di catene trasversali,*
- *Collegamento delle travi di colmo o di terzere al timpano mediante piastre metalliche,*
- *Irrigidimento dell'impalcato ligneo con doppio tavolato incrociato,*
- *Inserimento di un profilato ad L o a C può essere inserito lungo il perimetro dell'ambiente e collegato alla muratura con perforazioni inclinate armate con barre filettate. Questo profilo costituisce un appoggio per le teste dei travetti e la base di ancoraggio dei cavetti di controventamento.*

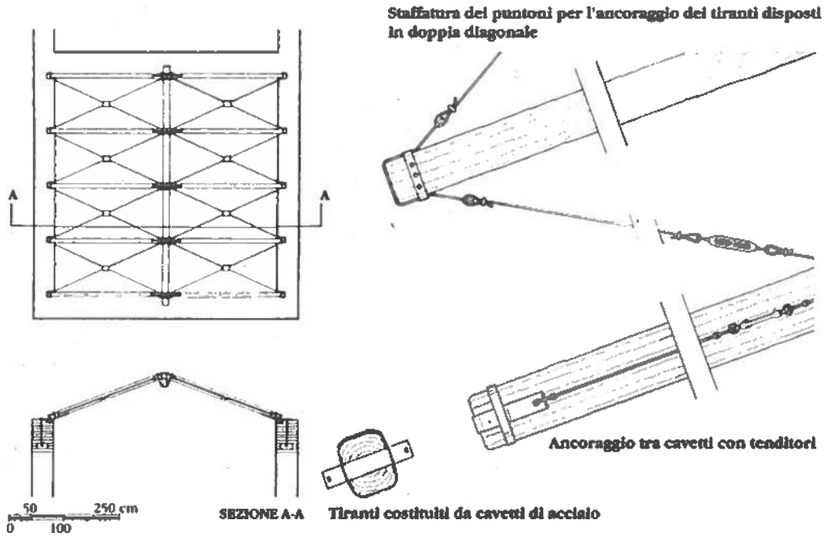
Interventi sconsigliati:

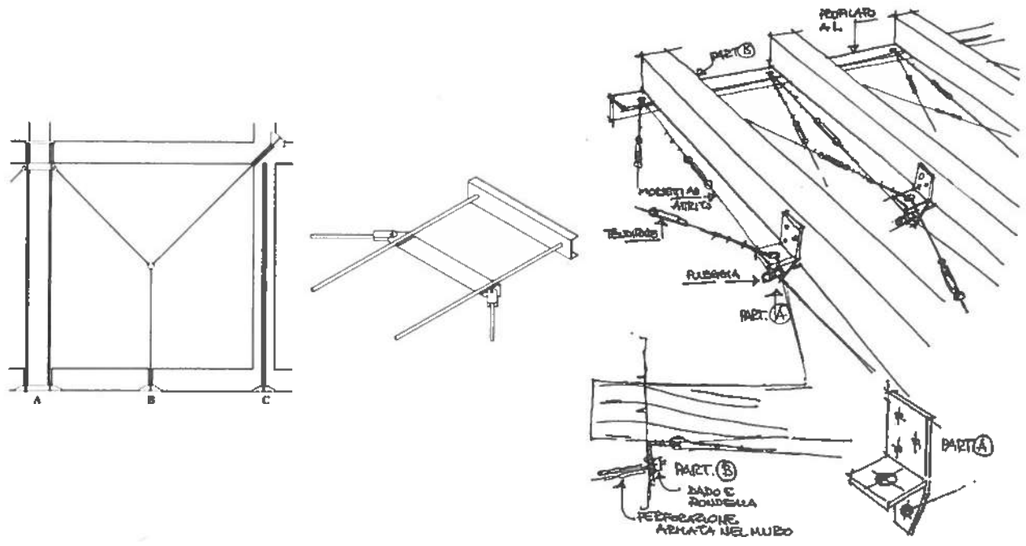
- *Tetti in cls armato, laterocementizi o altre soluzioni a massa e rigidezza eccessiva.*

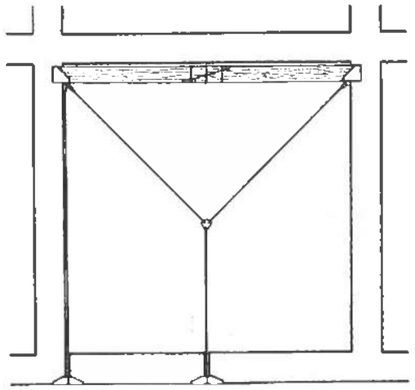


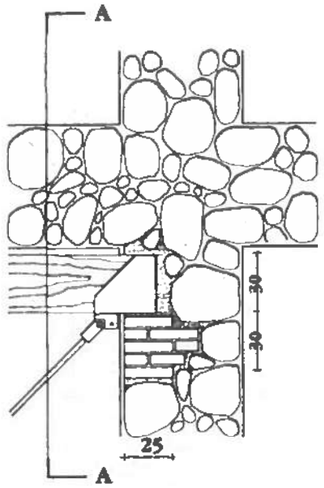
Incatenamenti metallici

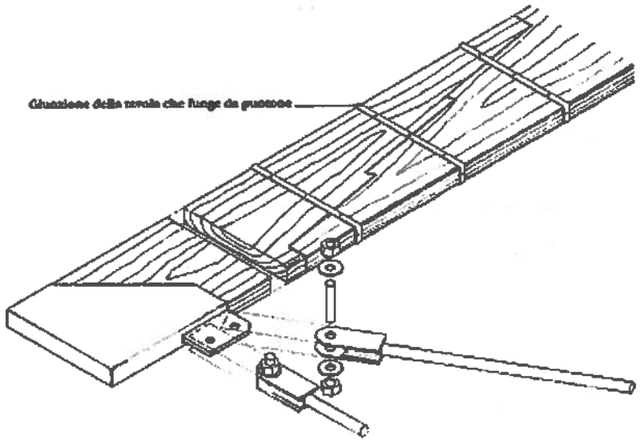
La pratica tradizionale di inserire catene e tiranti in metallo va considerata, in via generale, come la risposta di maggior efficacia in funzione antisismica rispetto all'impatto sul manufatto, per cui si richiede che essa vada adottata sistematicamente. Si suggerisce di utilizzare barre tonde lisce in acciaio a bassa resistenza con capichiave esterni adatti a distribuire sufficientemente le sollecitazioni. I tiranti saranno posti ad ogni piano in corrispondenza dei muri portanti trasversali e collocati ai due lati dei muri stessi.











■ Interventi di miglioramento edifici esistenti con struttura in ca

Per intervento di miglioramento si intende l'esecuzione di un complesso di opere sufficienti a far conseguire un maggior grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche.
Tipo, tecnica, entità ed urgenza dell'intervento dipendono dall'esito della valutazione tenendo conto di alcuni criteri:
- Nel caso di edifici fortemente irregolari (in termini di resistenza e/o rigidezza) l'intervento deve mirare a correggere tale sfavorevole situazione,
- Una maggiore regolarità può essere ottenuta tramite il rinforzo di un ridotto numero di elementi o con l'inserimento di elementi aggiuntivi,
- Sono sempre opportuni interventi volti a migliorare la duttilità locale,
- È necessario verificare che l'introduzione di rinforzi locali non riduca la duttilità globale della struttura.

L'intervento può appartenere ad una delle seguenti categorie generali o a particolari combinazioni di esse:
- Rinforzo o ricostruzione di tutti o parte degli elementi,
- Modifica dell'organismo strutturale: aggiunta di nuovi elementi resistenti, saldatura di giunti tra corpi di fabbrica, ampliamento dei giunti, eliminazione di elementi particolarmente vulnerabili, eliminazione di eventuali piani deboli,
- Introduzioni di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto,
- Eventuale trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali,
- Introduzione di una protezione passiva mediante strutture di controvento dissipative e/o isolamento alla base,
- Riduzione delle masse,
- Limitazione o cambiamento della destinazione d'uso dell'edificio,
- Demolizione parziale o totale.

Il progetto di intervento deve comprendere i seguenti punti:
- Scelta delle tecniche e/o dei materiali,
- Dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli interventi elementi strutturali aggiuntivi,
- Analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento.

Le tecniche di rinforzo locale consistono in:
- Incamiciatura in c.a.,
- Incamiciatura in acciaio,
- Placcatura e fasciatura con FRP.

Gli obiettivi di tali tecniche sono:
- Aumento della capacità portante verticale,
- Aumento della resistenza a flessione e/o taglio,
- Aumento della capacità de formativa,
- Miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

Regolamenti edilizi comunali

In questa sede vuole essere trattato l'aspetto legato a tutti gli interventi di miglioramento sismico e **rafforzamento locale**, che possono essere attuati all'interno di un intervento di manutenzione ordinaria/straordinaria ed indicati, pertanto, nelle prescrizioni dei Regolamenti Edilizi Comunali così come è stato già fatto, da molti Comuni, per gli interventi di efficientamento energetico. I regolamenti edilizi comunali si stanno dimostrando, infatti, strumenti preziosi per una corretta progettazione e per la realizzazione di interventi su edifici per renderli sicuri sotto il profilo statico ed efficienti dal punto di vista energetico. L'interesse nei regolamenti edilizi comunali sta nel fatto che gli stessi rappresentano uno snodo fondamentale del processo edilizio, perché qui convergono aspetti tecnici e procedurali, attenzioni ed interessi e si incrociano le competenze in materia urbanistica, edilizia ed energia di Stato, Regioni e Comuni. In tale senso si può citare, ad esempio, il rapporto ONRE 2012 di Legambiente e Cresme che evidenzia come 1003 (pari al 12,4% del totale) Comuni abbiano modificato i propri Regolamenti Edilizi per inserire nuovi criteri ed obiettivi energetico-ambientali in modo da migliorare le prestazioni delle abitazioni e la qualità del costruito.

Si riportano in seguito le normative sismiche per le costruzioni:

Legge 64/74	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
DM 40/1975	Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di edifici in zone sismiche
DM LLPP 16/01/96	Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche
DPR 380/01 Capo IV (art 83-106)	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
DM 14 Gennaio 2008	Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni
Consiglio Superiore Lavori Pubblici n. 617/2009	Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni

Qui di seguito una tabella con una prima proposta di interventi che possono essere inseriti, a livello di prescrizioni da sviluppare, caso per caso, da progettisti competenti in materia.

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

Elemento strutturale	Indicatori di vulnerabilità	Interventi suggeriti/sconsigliati
Fondazioni	Si deve intervenire solo in presenza di dissesti mirando alla massima uniformità nelle condizioni di appoggio.	*Suggeriti* A. ampliamento base fondale mediante sottomurazione. *Sconsigliati* A. interventi con micropali o altre soluzioni di consolidamento dei terreni potranno essere effettuati ove non esistano possibilità di ampliamento base fondazioni.
Setti murari, facciate, pilastri	1. Murature di scarsa qualità e/o basso spessore, 2. Assenza di catene, 3. Connessioni scadenti tra pareti, 4. Presenza di elementi che riducono lo spessore delle murature (canne fumarie, nicchie, ecc..), 5. Presenza di aperture troppo vicine ad intersezioni di murature e/o non allineate in direzione verticale, 6. Assenza di architravi rigidi, 7. Presenza di deformazioni e fuori piombo, 8. Degrado elementi strutturali.	*Suggeriti:* A. Collegamento della facciata alle pareti laterali con l'inserimento di due catene, ancorate alla facciata e correnti in adiacenza alle due pareti e fissate in corrispondenza di una parasta. B. Riparazione di eventuali lesioni, ammorsamento trasversale mediante inserimento di diatoni in breccia di muratura di mattoni di dimensioni sxs ove s = spessore muratura. C. Inserimento di diatoni artificiali in ca ad interasse pari a circa 3 volte lo spessore della muratura armati con barre d8mm e staffe d6mm a spirale. in alternativa inserimento di chiavi in ca da 15 cm di diametro armate con barre d8mm e staffa a sprale d6mm poste ad interasse massimo di 1x1m. E. Ristilatura profonda dei giunti di malta. F. Iniezioni di miscele cementizie (solo se la muratura risulta iniettabile). G. Cerchiature dei pilastri e/o maschi murari. H. Inserimento di architravi metallici sulle aperture ovvero cerchiaggio delle stesse. I. Cerchiaggio delle aperture troppo vicine o non allineate ove non sia possibile una diversa ubicazione plano-altimetrica. M. Chiusura con muratura stesso tipo esistente (o in mattoni pieni) delle cavità. *Sconsigliati* A. Iniezioni di miscele leganti (solo dopo aver verificato l'iniettabilità della muratura). B. Cuciture armate. C. Inserimenti di elementi in cls armato. D. Precompressione. E. Perforazioni armate.
Archi e volte	1. Assenza di catene o dispositivi per eliminazione spinte, 2. Presenza eventuali lesioni.	*Suggeriti* A. inserimento di catene alle reni di archi e volte. B. realizzazione di frenelli e rinfianchi con materiale coerente alleggerito sulle volte. C. Inserimento di tiranti incrociaiti sulle volte. *Sconsigliati* A. cappe in cls.
Solai	1. Assenza di collegamenti efficaci dei solai alle murature, 2. Scarsa rigidezza dei solai nel proprio piano.	*Suggeriti* A. Irrigidimento del piano del solaio ligneo con un secondo tavolato sovrappostto ortogonalmente al primo ovvero getto caldana in ca collegata alla muratura d'ambito con barre d'acciaio. B. Irrigidimento di solai con travi in ferro e tavelloni o voltine mediante getto di caldana in ca collegata alle muratire d'ambito con barre d'acciaio. C. Collegamento rigido delle testate delle travi in legno / acciaio alle murature. D. Incatenementi perimetrali puntuali. *Sconsigliati* A. cordoli in breccia in ca.
Tetti	1. Coperture spingenti, 2. Assenza di collegamenti efficaci tra copertura e muarature, 3. Tetti di peso elevato.	*Suggeriti* A. Controventamento delle falde con tiranti metallici ovverro con doppio tavolato (per tetti in legno) il secondo ortogonale al primo. B. Connessione degli elementi lignei tra loro ed alle murature portanti. C. Rafforzamento del punto di contatto tra muro e tetto con tiranti-cordoli. D. Realizzazione cordolo in sommità muratura d'appoggio copertura E. Inserimento di tiranti/catene trasversali. F. Collegamento delle travi di colmo o di terzere al timpano mediante piastre metalliche. Inserimento di un profilo metallico perimetrale collegato alla muratura mediante barre d'acciaio iniettate per vincolo tiranti di controventamento. *Sconsigliati* A. Tetti in cls armato, latero cementizi o latre soluzioni di massa e rigidezza elevate.

Incatenamenti metallici	La pratica tradizionale di inserire catene o tiranti metallici va considerata, in via generale, come l'azione piu' efficace in funzione antisismica per cui e' auspicabile che essa vada sistematicamente adottata

EDIFICI ESISTENTI IN CA

Indicatori di vulnerabilità	Obiettivi generali degli interventi	Descrizione interventi
1. Inadeguata configurazione della struttura in termini geometrici e/o distribuzione delle rigidezza (eccentricità baricentro masse/rigidezze) 2. Presenza di telai in una sola direzione 3. Presenza di piani non tamponati (piano pilotis) 4. Presenza di travi forti e pilastri deboli 5. Presenza di pilastri tozzi 6. Inadeguata staffatura per nodi travi/pilastro e pilastri 7. Insufficienti ancoraggi e sovrapposizioni delle armature 8. Insufficiente qualità del cls sia in termini di resistenza che di getto	A. Nel caso di edifici fortemente irregolari (in termini di resistenza e/o rigidezza) l'intervento deve mirare a correggere tale situazione sfavorevole. Una maggiore regolarità puo' essere ottenuta tramite il rinforzo di un certo numero di elemento ovvero con l'inserimento di elementi aggiuntivi sismoresistenti (pareti a taglio). B. Sono sempre opportuni interventi finalizzati a migliorare la duttilità locale. C. È necessario verificare se gli interventi di rinforzo locale non riducano la duttilità globale.	A. Rinforzo di tutti o di parte degli elementi strutturali, mediante: – Incamiciature in ca o acciaio degli elementi resistenti, – Placcatura o fasciatura in materiali fibrorinforzati degli elementi resistenti. B. Modifica dell'organizzazione strutturale: – Riduzione delle masse, – Riduzione eccentricità tra baricentri delle masse/rigidezze, – Aggiunta di nuovi elementi resistenti, – Saldatura di giunti tra corpi di fabbrica ovvero ampliamento dei giunti, – Eliminazione di elementi particolarmente deboli, – Eliminazione di eventuali piani deboli (pilotis). C. Introduzione di un sistema in grado di assorbire per intero l'azione sismica. D. Introduzione di una protezione passiva mediante strutture di controvento dissipative o isolatori sismici alla base.

Qui di seguito si riportano il numero dei comuni che hanno modificato il proprio Regolamento Edilizio per il miglioramento delle prestazioni energetico/ambientali

Dati Legambiente - Febbraio 2012

Tema/settore	Numero Comuni con RE "green"	% su totale Comuni (8092)	Riferimento protocollo LEED
Isolamento termico involucro	632	7,81	Energia e atmosfera
Prestazioni dei serramenti	282	3,48	Energia ed atmosfera
Integrazione delle fonti rinn. di energia	467	5,77	Energia ed atmosfera
Utilizzo di tecnologie per l'efficienza	164	2,03	Energia ed atmosfera
Orientamento e schermatura edifici	258	3,19	Qualità ambientale interna
Materiali da costruzione	329	4,07	Materiali e risorse
Risparmio idrico e recupero acque meteoriche	461	5,7	Gestione delle acque
Isolamento acustico	165	2,04	Qualità ambientale interna
Permeabilità dei suoli	147	1,82	Sostenibilità del sito
Certificazione energetica	8092	100	Energia ed atmosfera

Rapporto ONRE - Marzo 2013 (incremento rispetto al 2012)

Tema/settore	Numero Comuni con RE "green"	% su totale Comuni (8092)	Riferimento protocollo LEED
Isolamento termico involucro	782 (+150)	9,70 (+1,89)	Energia e atmosfera
Prestazioni dei serramenti	439 (+157)	5,40 (+1,92)	Energia ed atmosfera
Integrazione delle fonti rinn. di energia	856 (+381)	15,3 (+9,53)	Energia ed atmosfera
Utilizzo di tecnologie per l'efficienza	164 (+251)	3,10 (+1,07)	Energia ed atmosfera
Orientamento e schermatura edifici	258 (+475)	5,90 (+2,71)	Qualità ambientale interna
Materiali da costruzione	446 (+117)	5,50 (+1,43)	Materiali e risorse
Risparmio idrico e recupero acque meteoriche	570 (+109)	7,00 (+1,30)	Gestione delle acque
Isolamento acustico	303 (+138)	3,70 (+1,66)	Qualità ambientale interna
Permeabilità dei suoli	212 (+ 65)	2,60 (+0,78)	Sostenibilità del sito
Certificazione energetica			Energia ed atmosfera

Detrazioni fiscali

La legge di stabilità 2015 (legge n. 208 del 28-12-2015) ha previsto, fino al 31 Dicembre 2016 una detrazione più elevata per le spese sostenute per interventi di adozione di misure antisismiche che si trovano in zone sismiche ad alta pericolosità e se adibite a prima casa o attività produttive. Tale detrazione è pari al 65% delle spese sostenute dal 4 Agosto 2013 al 31 Dicembre 2016. L'ammontare massimo delle spese ammesse a detrazione non può superare l'importo massimo di 96.000,00 euro per unità immobiliare. Gli interventi di rafforzamento locale, miglioramento sismico ed adeguamento sismico rientrano in quelli soggetti a detrazioni fiscali come appena descritte.
In sintesi

Zona	Classe di rischio	Numero comuni	% detrazione	Se
1 / 1-2A	Elevata	706	65%	Abitazione principale / immobile per attività produttive
2 / 2 A / 2 B	Media	2.187	65%	Abitazione principale / immobile per attività produttive
3 / 3 A / 3 B / 3S	Bassa	2.003	50%	
4	Molto bassa	3.196	50%	

Assicurazione rischio sismico

Dopo un terremoto l'edificio potrebbe non essere a rischio crollo ma subire comunque danni ingenti alle parti non strutturali ed agli impianti. Occorre accertarsi, in primo luogo che la polizza copra anche i danni subiti da elementi non strutturali. Altro fattore da considerare è la sequenza degli eventi sismici. Solitamente, infatti, le scosse registrate nelle successive 72 ore ad ogni evento sismico sono considerate parte dello stesso terremoto e quindi danno origine ad un solo sinistro. Questo è un aspetto positivo in quanto, essendo previste nella maggior parte dei casi delle franchigie importanti se ogni scossa fosse considerata come singolo sinistro, non ci sarebbe mai indennizzo. Un terremoto è caratterizzato quasi sempre da una sequenza di eventi sismici ravvicinati e i danni devono essere valutati solo dopo che gli episodi risultano attenuati se non scomparsi definitivamente. Questo per dire che è fondamentale valutare in che modo la polizza definisca i tempi del sinistro terremoto. Altro aspetto da valutare potrebbe essere quello relativo al periodo di carenza. Il periodo di carenza è rappresentato dall'intervallo di tempo dal pagamento del premio durante il quale la garanzia non è operativa. Occorre rilevare che le franchigie sono solitamente molto elevate e si aggirano intorno al 20% del danno. Inoltre non risulta quasi mai rimborsabile l'intero valore di ricostruzione a nuovo del fabbricato ma al massimo una percentuale dello stesso che va dal 30% al 70%.
Una polizza Calamità Naturali (all'interno di questa è compreso il terremoto) assicura i danni materiali e diretti subiti dal fabbricato e/o dal contenuto (se assicurato) a causa di:
- **Terremoto,**
- Formazione di ruscelli a seguito di eccezionali precipitazioni atmosferiche,
- Alluvioni.

Questi eventi devono manifestarsi in modo devastante su una pluralità di cose poste nelle vicinanze.
Sono esclusi i danni provocati da:
- Maremoto o tsunami,
- Eruzioni vulcaniche,
- Guerre, terrorismo, ecc.,
- Sciacallaggio,
- Trasmutazioni del nucleo dell'atomo o radiazioni,
- Indiretti *(mancato godimento di un eventuale reddito da locazione, sospensione lavori e in genere quelli che non riguardano direttamente il fabbricato o i beni assicurati ma che indirettamente sono conseguenza di eventi calamitosi),*
- Ai locali interrati in caso di alluvioni o inondazioni,
- **Ai fabbricati che non erano conformi alle norme antisismiche vigenti alla data di costruzione.**

Solitamente le compagnie di assicurazione classificano come antisismico un fabbricato "conforme ai principi definiti nell'ordinanza ministeriale n. 3274 del 20-03-2003 o nel Decreto del 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni".
Orbene le citate norme definiscono un edificio esistente antisismico (se non realizzato in conformità alle stesse norme) quando su questo vengono eseguiti interventi di adeguamento o miglioramento sismico. Gli edifici oggetto di interventi di rafforzamento locale (non soggetti a collaudo) non ricadono all'interno degli edifici assicurabili.

Edifici esistenti assicurabili	Costruiti in conformità alle norme antisismiche	Adeguati con interventi antisismici conformi alle norme cogenti	Migliorati con interventi antisismici conformi alle norme cogenti
Franchigia	20% fino a 20.000,00e	20% fino a 20.000,00e	20% fino a 20.000,00e
Valore massimo rimborsabile rispetto al valore di ricostruzione	30% - 70%	30% - 70%	30% - 70%

Conclusioni

Per la messa a punto di un'adeguata azione preventiva, volta a minimizzare i danni a cose e a persone che possono conseguire al manifestarsi di un evento sismico, occorre seguire un iter che può passare attraverso le seguenti fasi:
Fase 1: redazione mappa di rischio sismico per la definizione delle priorità di intervento sulle aree a rischio
Sub-fase 1a: mappe di vulnerabilità ed esposizione del territorio nazionale ricadente in zone classificate come sismiche.
- *Dall'analisi delle vulnerabilità scaturirebbero, peraltro, indicazioni fondamentali per il successivo sviluppo delle progettazioni afferenti agli interventi di miglioramento o adeguamento antisismico, l'analisi della vulnerabilità dovrà essere eseguita da tecnici formati ed esperti in materia.*

Sub-fase 1b: mappa di rischio sismico con definizione delle priorità di intervento.
Fase 2: interventi di adeguamento o miglioramento sismico edifici privati.
Sub-fase 2a: adeguare i Regolamenti Edilizi Comunali.
- *Inserimento nei Regolamenti Edilizi di prescrizioni da seguire obbligatoriamente per l'esecuzione di interventi di rafforzamento locale nel caso di lavori di manutenzione.*

Sub-fase 2b: progettazione ed esecuzione di interventi di miglioramento e adeguamento sulle aree a rischio secondo le priorità definite dalla mappa di rischio sismico.
Sub-fase 2c: rendere obbligatoria l'assicurazione per rischio sismico sugli edifici oggetto di interventi di miglioramento o adeguamento sismico.
- *Estendere la possibilità di assicurare anche gli edifici oggetto di rafforzamento locale laddove tale tipo di intervento sia esteso a tutta la struttura nella sua globalità.*

I finanziamenti per l'esecuzione di tali interventi comprese anche le spese tecniche possono venire:
- *Dai privati con l'implementazione dell'attuale credito d'imposta (detrazioni fiscali) fino al 100% dei costi per l'abitazione principale o attività produttive con la riduzione dei tempi da 10 a 5 anni e senza limiti sulla quota annuale.*
- *Dallo stato per i cittadini meno abbienti (alla stregua dei finanziamenti disposti per l'edilizia popolare).*