



CONSOLIDAMENTO E CLASSIFICAZIONE SISMICA DI EDIFICI ESISTENTI – Aspetti normativi

dott.ing. Roberto Andreoli

**Ordine degli Ingegneri di Latina
8 Giugno 2018**

0. Argomenti

- 1. Il quadro normativo**
- 2. Il capitolo 8 delle NTC2018:
Costruzioni esistenti**
- 3. La classificazione sismica**
 - 3.1 il metodo convenzionale**
 - 3.2 il metodo semplificato**

1. Quadro normativo





NORME 100% ITALIANE, non derivano da direttive europee

DM. 17 febbraio 2018

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni

Legge di stabilità 2017

L. 11.12.2016 n. 232 su G.U.

21.12.2016, articolo 1 comma 2, lettera c), punti 2) e 3)

Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti n. **58** del 28.02.2017 + DM n.65 del 07.03.2017

Guida alle ristrutturazioni edilizie, Febbraio 2018

Circolare n.7/E 27.04.2018 Guida alla dichiarazione dei redditi 2017

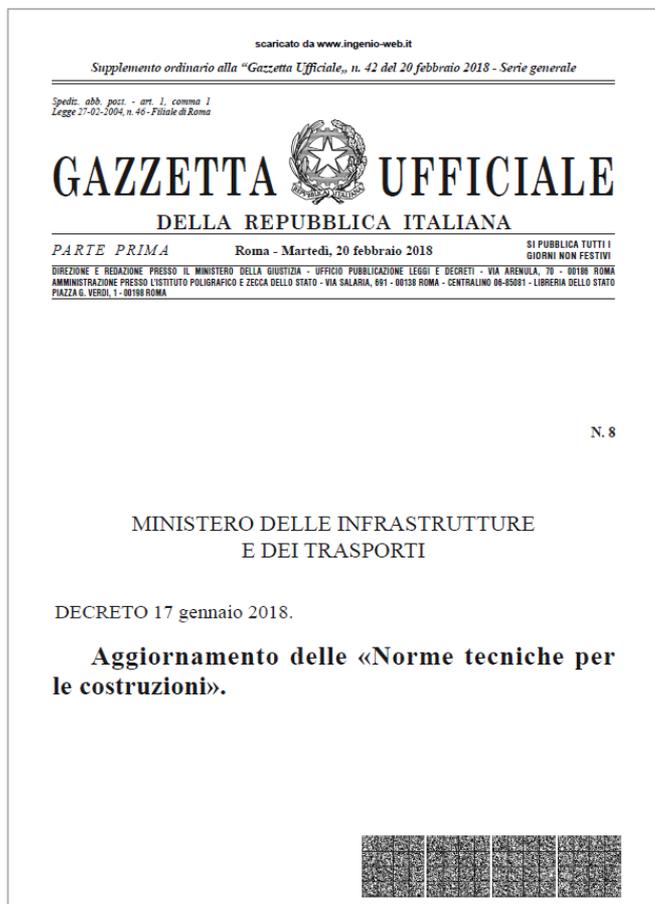
DM 17 Gennaio 2018

NTC 2018

Si sono fatte aspettare per 6 anni, ma questo dovrebbe essere un punto miliare della normativa per le costruzioni, entro l'estate dovrebbe essere pubblicata la **Circolare esplicativa** e quindi i nuovi **Annessi Nazionali agli Eurocodici**, in teoria il tutto utilizzabile ed armonizzato.

Per gli edifici il cui progetto è già stato presentato alla data di entrata in vigore delle NTC 2018 si utilizzano ancora le NTC 2008.

Le modifiche sono numerose, sia nell'approccio di metodo, uniformato, che in vari parametri/coefficienti. **La novità più importante è al Capitolo 8 - Costruzioni esistenti**



Legge 11.12.2016 n. 232 di stabilità 2017



detrazioni fiscali per il miglioramento sismico degli edifici nelle **zone 1, 2 e 3**, in **5 anni**

- ❖ **detraibilità del 50% in caso di interventi locali che non apportano il miglioramento di una classe**
- ❖ detraibilità del **70%** nel caso di miglioramento di una classe, innalzato al **75%** se l'intervento coinvolge parti comuni di un condominio
- ❖ detraibilità del **80%** nel caso di miglioramento di due classi, innalzato al **85%** nel caso siano coinvolte parti comuni di un condominio
- ❖ detraibilità anche dei **costi di classificazione e progettazione**
- ❖ **cedibilità del credito di imposta a terzi (fornitori)**

DM n. 58 20 febbraio 2017

Classificazione sismica



Contenuti:

- ❖ **nell'allegato A riporta le Linee Guida**
- ❖ **nell'allegato B riporta il modello di asseverazione della classificazione sismica**
- ❖ **il DM n. 65 del 07.03.2017 porta avanti solo le varianti necessarie ad includere i geometri tra i tecnici che possono occuparsene**

Agenzia delle Entrate Ristrutturazioni edilizie: le agevolazioni fiscali



Contenuti:

- ❖ è una guida complessiva alle agevolazioni fiscali nelle ristrutturazioni edilizie, anche quelle non legate al sismabonus
- ❖ è prevista una guida specifica per il solo sismabonus

2. Il Capitolo 8 delle NTC 2018



Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

“Meno rischi per tutti piuttosto che più sicurezza per pochi” (F. Braga)

Costituisce la **novità saliente** delle NTC 2018 ed è il capitolo per il quale la discussione è stata profonda, complessa e lenta, tanto da ritardare di vari anni la pubblicazione delle norme stesse. L'argomento era/è delicato perché, necessariamente, comporta scelte che hanno ricadute sociali e quindi esce dallo stretto tecnicismo.

E' un capitolo di solo **6 facciate** e non ha una sola formula, è però ricco di indicazioni e precisazioni importanti

La Circolare dovrebbe costituire il completamento operativo di questo capitolo con indicazioni applicative puntuali

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.1 Oggetto

8.2 Criteri generali

Si applica a costruzioni che, **alla data della redazione della valutazione** della sicurezza e/o del progetto di intervento, abbia la struttura **completamente realizzata**.

La costruzione è quindi “esistente” indipendentemente dalla data di entrata in vigore delle NTC 2018.

Ci saranno quindi costruzioni che potranno ricadere sotto l'applicazione del capitolo 8 anche se realizzate, ad esempio, nel 2021 ed è corretto, perché le stesse potranno successivamente, ad esempio, essere oggetto di trasformazioni (cambio di destinazione d'uso) tali da richiedere una valutazione della sicurezza

Nel paragrafo “criteri generali” da notare che **anche nel caso di interventi che non prevedano modifiche strutturali (impiantistici, di distribuzione degli spazi ecc...)** il progettista deve valutarne la possibile interazione con lo SLU o lo SLE della struttura o di parte di essa.

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.3 Valutazione della sicurezza

E' un procedimento **quantitativo**: genera quindi un “numero”, un indicatore **numerico**, calcolato.

L'approccio globale, ovviamente è ottimale, ma non sempre è possibile (es: aggregati edilizi, chiese, ...) in questi casi anche **una sommatoria di interventi locali può essere efficace** per incrementare il livello di sicurezza, anche nella direzione del “miglioramento” o, addirittura dell’“adeguamento”.

La valutazione della sicurezza ha **3 finalità** precise, deve stabilire se:

- ❖ **l'uso della costruzione può continuare** senza interventi
- ❖ è necessaria una **variazione nell'uso**, un **declassamento**, la definizione di limiti o cautele nell'uso
- ❖ è necessario **aumentarne la sicurezza strutturale**

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.3 Valutazione della sicurezza

La valutazione della sicurezza è obbligatoria

quando ricorre anche una sola delle seguenti situazioni:

- ❖ riduzione evidente della capacità resistente e/o deformabilità della struttura o di sue parti
- ❖ significativo degrado delle caratteristiche meccaniche dei materiali
- ❖ deformazioni significative
- ❖ problemi di fondazione
- ❖ danneggiamenti da sisma, vento, neve ...
- ❖ danneggiamenti da urti, incendi, esplosioni
- ❖ situazioni di funzionamento ed uso anomali
- ❖ errori di progettazione
- ❖ **cambio destinazione d'uso**
- ❖ **variazione significativa dei carichi variabili**
- ❖ **passaggio ad una classe d'uso superiore**
- ❖ esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, ma che interagiscano, anche solo in parte, con elementi strutturali e ne riducano la capacità o modifichino la rigidezza
- ❖ **in caso di riparazioni, miglioramento, adeguamento**
- ❖ opere abusive o difformi dal permesso di costruire o difformi dalle NTC vigenti alla costruzione

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.3 Valutazione della sicurezza

Qualora siano interessate **porzioni limitate** della costruzione la valutazione della sicurezza può **essere anche effettuata per gli elementi interessati e per quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale, posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente nel comportamento globale della struttura.**

Le verifiche vanno svolte ai **solli SLU** (vedi paragrafo 7.3.6, può essere SLV o SLC), tranne che per le costruzioni in **Classe d'uso IV** (“costruzioni strategiche”) per le quali la verifica va condotta anche allo **SLE (*)**.

La valutazione – **quantitativa** – va effettuata nelle condizioni **precedenti l'intervento** e in quelle che si otterranno **post intervento**.

** ai fini della classificazione sismica, col metodo convenzionale, invece, le verifiche vanno svolte a tutti gli SL: Operativo, Danno, Vita, Collasso, Ricostruzione*

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.3 Valutazione della sicurezza

Il paragrafo 8.3 introduce due “nuovi” parametri:

ζ_E $\zeta_{v,i}$

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.3 Valutazione della sicurezza

A stylized blue symbol representing the coefficient $\zeta_{v,i}$. It consists of a large, bold, blue Greek letter zeta (ζ) with a subscript v,i to its right.

$\zeta_{v,i}$ è il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile dalla parte i-esima della costruzione e il valore del sovraccarico variabile verticale che si utilizzerebbe per una nuova costruzione

Qualora $\zeta_{v,i}$ risulti < 1 è d'obbligo adottare **provvedimenti restrittivi sull'uso**, al fine di limitare i sovraccarichi, oppure **prevedere interventi** che facciano recuperare il “gap”

Da notare che $\zeta_{v,i}$ non ha un valore limite di accettabilità è un “**passa**” o “**non passa**” a seconda che sia \geq di 1 o meno.

E' una valutazione preliminare, se risulta <1 non si può procedere a la sicurezza sismica, salvo che non si adottino provvedimenti restrittivi.

Paragrafo 8.3 Valutazione della sicurezza

il rapporto



$\zeta_{v,i}$

$\zeta_{v,i}$ è un parametro “locale” (vedi il pedice “i”) può quindi essere calcolato per varie zone della costruzione ed avere esisti diversi, di conseguenza la restrizione all'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione

I carichi permanenti da considerare possono essere quelli della costruzione reale se effettivamente rilevati mediante indagini e conoscenza della struttura

I sovraccarichi da considerare sono quelli di una costruzione nuova, attuali secondo le NTC 2018

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.3 Valutazione della sicurezza



ζ_E è il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione

ζ_E va quindi calcolato “pre” e “post” intervento per apprezzare l'efficacia dello stesso

Nel calcolo di ζ_E , sia “pre” che “post” intervento tutte le altre azioni non sismiche e contemporanee al sisma sono:

- ❖ se **carichi verticali permanenti**: come da indagini condotte o quelli “attuali”, per nuove costruzioni
- ❖ se carichi verticali **variabili**: quelli “attuali” per nuove costruzioni, salvo declassamenti o provvedimenti restrittivi
- ❖ se altre azioni: “attuali” per nuove costruzioni

I valori limite per ζ_E variano in funzione di:

- ❖ **classi d'uso**
- ❖ **tipo di intervento che si effettua**

Capitolo 8

COSTRUZIONI ESISTENTI

Classi d'uso

2.4.2. CLASSI D'USO

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 DM 5/11/2001, 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.

Capitolo 8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.4 Classificazione degli interventi

Gli interventi previsti sono sempre gli stessi 3, delle NTC 2008 tuttavia sono meglio precisati e sono correlati a ζ_E :

interventi di riparazione o locali

interessano **singoli elementi strutturali** e non riducono le condizioni di sicurezza preesistenti

interventi di miglioramento

aumentano la sicurezza **senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza previsti** per l'adeguamento; per gli edifici “tutelati” è possibile limitarsi a questo livello

interventi di adeguamento

aumentano la sicurezza strutturale preesistente **raggiungendo i livelli di sicurezza previsti**; in taluni casi, ben specificati questo è il livello obbligatorio

intervento	descrizione	valutazione della sicurezza e collaudo
riparazione o intervento locale	<ul style="list-style-type: none"> ❖ ripristino della configurazione precedente al danno di elementi danneggiati ❖ migliorano le capacità di resistenza e/o duttilità di elementi o parti anche non danneggiati ❖ impedire meccanismi di collasso locale ❖ modificare un elemento o una porzione limitata della struttura 	valutazione limitata alla parte, anche con ζE no collaudo
miglioramento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ interventi diversi da riparazione, ma non al livello di adeguamento 	valutazione ζE estesa a tutte le parti della struttura modificate a alla struttura nel suo complesso si collaudo
adeguamento	obbligatorio se: <ul style="list-style-type: none"> ❖ sopraelevazione della costruzione ❖ ampliamenti che alterino la risposta ❖ variazioni di destinazioni d'uso con incrementi carichi alla fondazione del 10% ❖ trasformazioni della struttura che portano ad un sistema diverso dal precedente con nuovi elementi verticali su cui grava il 50% del peso ai piani ❖ se diventano di classe III-scuola o classe IV 	valutazione ζE intera struttura si collaudo



INTERVENTO	CLASSE D'USO	ζ_E
Riparazione o locale	tutte	$\zeta_E \text{ post} \geq \zeta_E \text{ pre}$
Miglioramento	II (normale affollamento/abitaz.)	$\zeta_E \text{ post} \geq \zeta_E \text{ pre} + 0,1$
	III (affollamento significativo ..)	
	III-scuole	$\zeta_E \text{ post} \geq 0,6$
	IV (edifici strategici)	
	isolatori	$\zeta_E \text{ post} \geq 1$
Adeguamento	sopraelevazione	$\zeta_E \text{ post} \geq 1$
	ampliamento	
	variazione uso con +10% carichi verticali	$\zeta_E \text{ post} \geq 0,8$
	modifica sistema strutturale + 50% elementi verticali	$\zeta_E \text{ post} \geq 1$
	modifiche destinazione d'uso che portano a classe III-scuole o classe IV	$\zeta_E \text{ post} \geq 0,8$

Caso della scuola di Ribolla (GR)



Sentenza della Cassazione 190/2018: il sindaco di Roccastrada (GR) è stato condannato per avere riaperto la scuola che, da certificato di idoneità statica, aveva un rischio sismico pari a 0,985 (in territorio a bassa sismicità): la scuola va richiusa!

Spesi 250.000 euro per i moduli prefabbricati



INTERVENTO

CLASSE D'USO

ζ_E

Riparazione o locale tutte

$\zeta_E \text{ post} \geq \zeta_E \text{ pre}$

cosa significa in termini di
classificazione sismica porre

$\zeta_E \text{ post} \geq \zeta_E \text{ pre} + 0,1$

$\zeta_E = 1$ o porre $\zeta_E = 0,6$?

$\zeta_E \text{ post} \geq 0,6$

Miglioramento II-scuole

IV (edifici strategici)

ζ_E



$\zeta_E \text{ post} \geq 1$

$\zeta_E \text{ post} \geq 1$

Adeguamento

$\zeta_E \text{ post} \geq 0,8$

modifica sistema strutturale + 50%
elementi verticali

$\zeta_E \text{ post} \geq 1$

modifiche destinazione d'uso che
portano a classe III-scuole o classe IV

$\zeta_E \text{ post} \geq 0,8$

IS-V (o indice del Rischio)

Dalle analisi allo **Stato Limite salvaguardia della Vita** è possibile conoscere quale accelerazione massima del terreno l'edificio possa sopportare (PGA_C – Peak Ground Acceleration, Capacità) ed è possibile paragonarla alla accelerazione massima del terreno prevista dalle NTC, per quella località e quel tipo di edificio, se fosse da costruire ex novo attualmente, allo SLV (PGA_D – Peak Ground Acceleration, Domanda): tanto maggiore sarà la prima rispetto alla seconda tanto più margine di sicurezza ha l'edificio nei confronti dello SLV

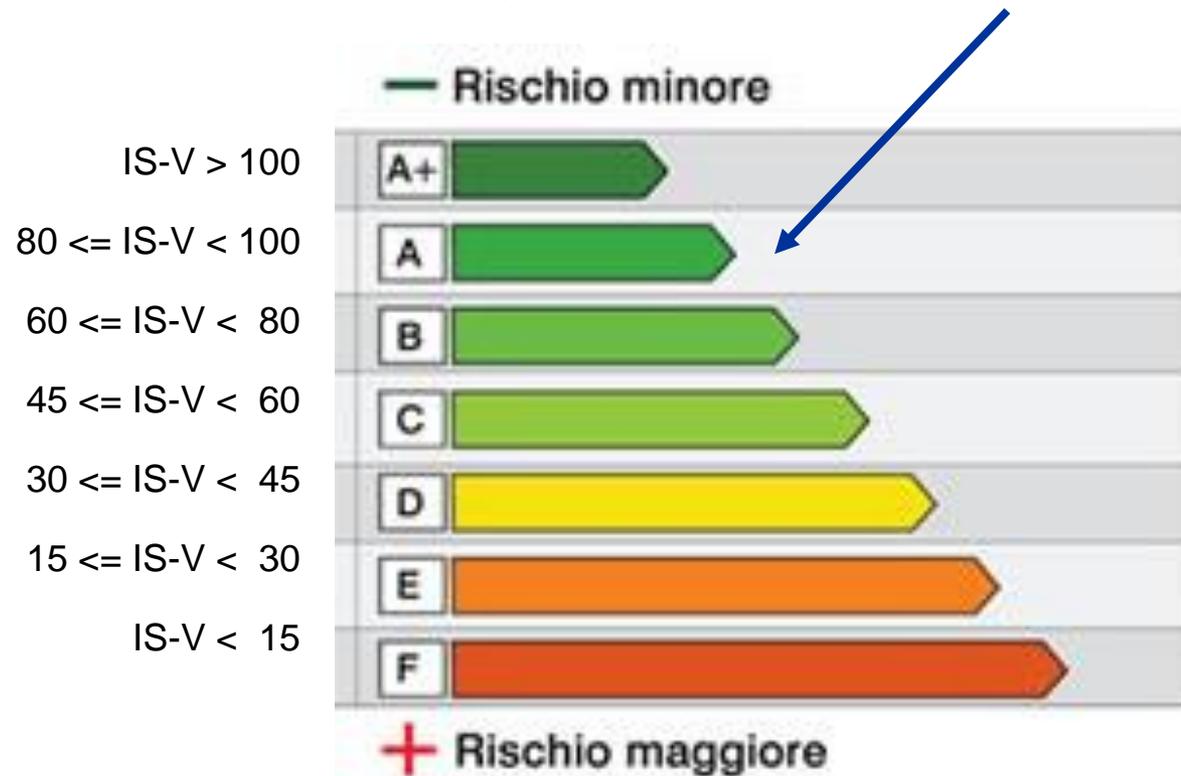


$$IS-V = \frac{PGA_{cSLV}}{PGA_{dSLV}}$$

DM 58-2017 Classificazione sismica

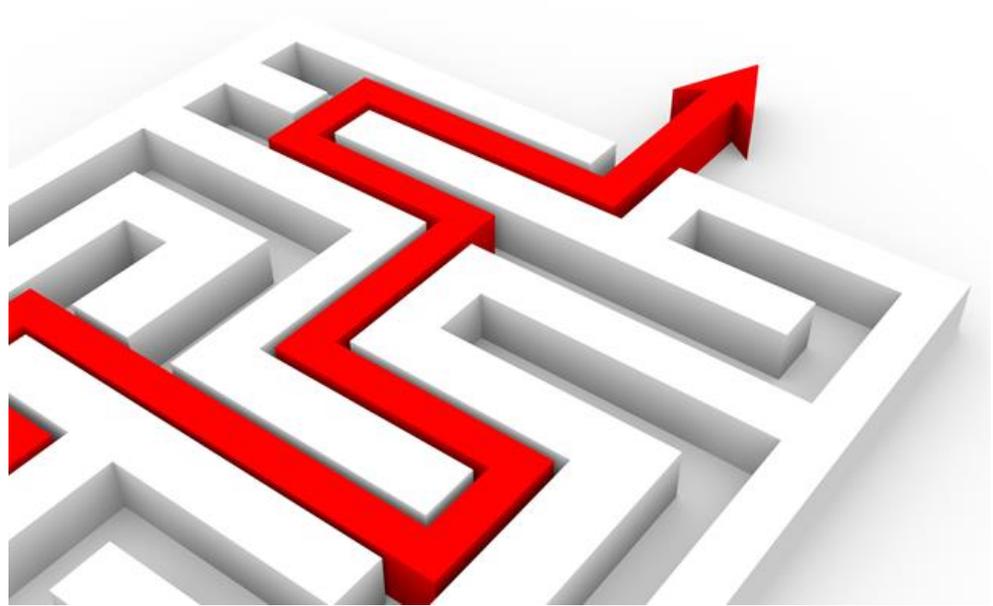
LE CLASSI IS-V

una costruzione, la cui capacità, in termini di accelerazione di picco al suolo associata allo **SLV**, è pari a quella richiesta dalle **NTC'18** per un edificio nuovo, caratterizzato dalla medesima vita nominale e dalla medesima classe d'uso, ha un valore corrispondente alla **Classe IS-V A**:



INTERVENTO	CLASSE D'USO	ζ_E		
Riparazione o locale	tutte	$\zeta_E \text{ post} \geq \zeta_E \text{ pre}$		
	II (normale affollamento/abitaz.)	$\zeta_E \text{ post} \geq \zeta_E \text{ pre} + 0,1$		
	III (affollamento significativo ..)			
Miglioramento	III-scuole	$\zeta_E \text{ post} \geq 0,6$	B	
	IV (edifici strategici)			
	isolatori	$\zeta_E \text{ post} \geq 1$	A	A+
Adeguamento	sopraelevazione	$\zeta_E \text{ post} \geq 1$	A	A+
	ampliamento			
	variazione uso con +10% carichi verticali	$\zeta_E \text{ post} \geq 0,8$	A	
	modifica sistema strutturale + 50% elementi verticali	$\zeta_E \text{ post} \geq 1$	A	A+
	modifiche destinazione d'uso che portano a classe III-scuole o classe IV	$\zeta_E \text{ post} \geq 0,8$	A	

3. La classificazione sismica



DM n. 58 20 febbraio
2017

classificazione sismica



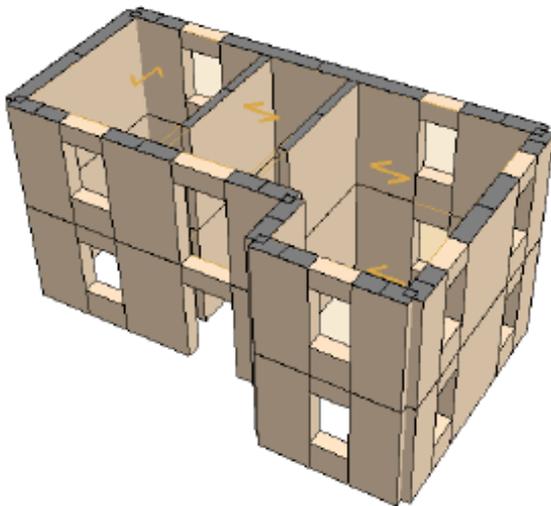
Intenti dichiarati dal legislatore:

- ❖ **non inserire nuove metodologie** per non aggravare i compiti dei tecnici
- ❖ avere un approccio **economico e sociale**
- ❖ dare ai privati uno strumento **“leggibile”**
- ❖ dare alle pubbliche amministrazioni uno strumento di **valutazione delle priorità**
- ❖ creare uno strumento atto alla gestione degli **sgravi fiscali**
- ❖ dare uno strumento **analitico** e uno **semplificato**

EDIFICIO, UNITA' IMMOBILIARE E UNITA' STRUTTURALE

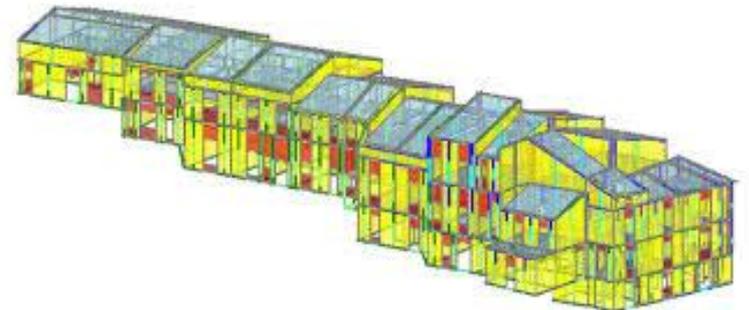
“Nel caso di edifici la classe di rischio associata alla singola unità immobiliare coincide con quella dell'edificio e, comunque, il fattore inerente la sicurezza strutturale deve essere quello relativo alla struttura dell'edificio nella sua interezza.”

Gli **sgravi fiscali** invece hanno applicabilità sulle **singole unità immobiliari** e sulle parti comuni di un condominio.



EDIFICIO, UNITA' IMMOBILIARE E UNITA' STRUTTURALE

Caso particolare è quello degli **aggregati edilizi**, che, se realizzati in muratura, posso essere trattati secondo il **metodo semplificato**.



IL RISCHIO SISMICO

Pericolosità del sito
ove è realizzata la
costruzione – **non
modificabile**

Vulnerabilità della
costruzione: dipende dalla
caratteristiche della stessa
costruzione – **modificabile:**
tecnico e sociale

Esposizione
delle persone (affollamento,
continuità della presenza) e
dei beni contenuti –
**modificabile: sociale ed
economico**

Rischio sismico
**misura probabilistica degli
effetti** (perdite umane, danni
alle proprietà, ricadute sulle
attività economiche) che i
terremoti determinano sugli
elementi esposti al rischio

$$\text{Rischio} = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Esposizione}$$

IL PROBLEMA DELLA SICUREZZA SISMICA E DELL'ADEGUAMENTO O MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI



Non è solo un problema **TECNICO**: si basa sulla destinazione di risorse (pubbliche e private), del peso dei costi diretti ed indiretti conseguenti alle riparazioni e delle interruzioni delle attività e quindi è anche **ECONOMICO**, ma soprattutto coinvolge la sicurezza dei cittadini e la conservazione del patrimonio storico e culturale e quindi è anche **SOCIALE**



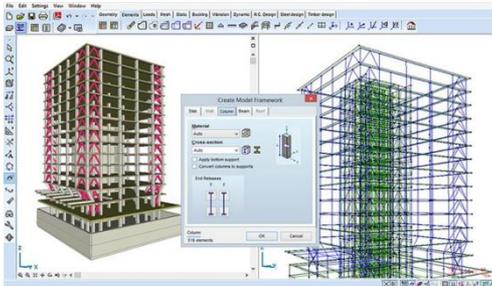
Di questo si tiene conto nelle linee guida alla classificazione sismica in modo esplicito.

SI PREVEDONO DUE (+1) METODOLOGIE PER LA CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO:

IL METODO **CONVENZIONALE**

IL METODO **SEMPLIFICATO**

Il metodo **convenzionale** si basa su analisi dell'edificio e del suo comportamento ed esamina il problema secondo le due ben distinte ottiche: quella **tecnico/economica** e quella **tecnico/sociale** che si individuano nella classificazione in base ai **costi di ricostruzione** e nella classificazione in base al **livello di sicurezza per la salvaguardia delle vite**

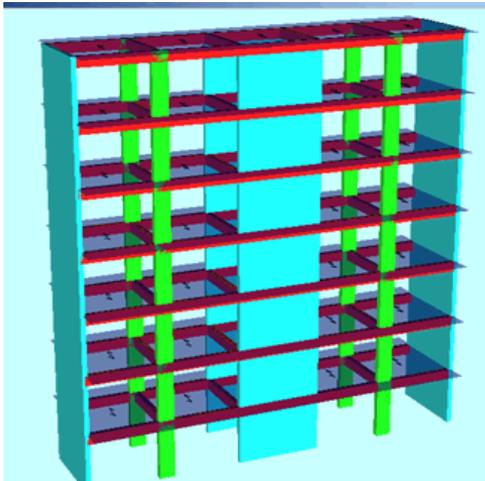


Il metodo **semplificato**, in quanto tale, è meno “trasparente” e si basa su una serie di valutazioni ed **assunzioni e soluzioni precostituite**, vale solo per edifici in muratura

SI PREVEDONO DUE (+1) METODOLOGIE PER LA CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO:

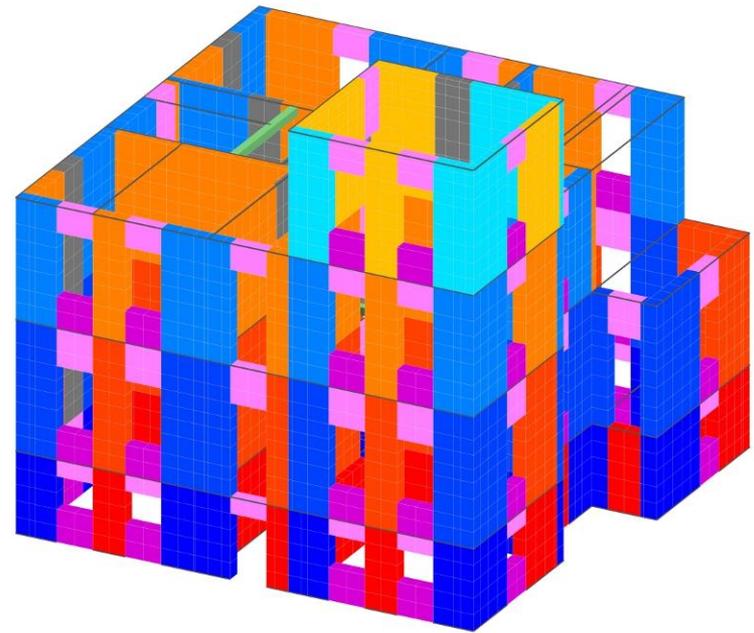
LA TERZA VIA: **PRESCRITTIVA**

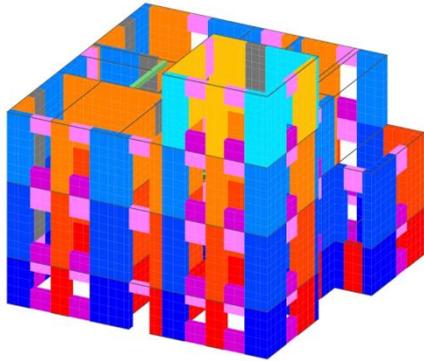
C'è poi una terza via percorribile, che esenta dalla classificazione e prescrive quali operazioni migliorative apportare, è utilizzabile **solo per edifici prefabbricati** (industriali) e per quelli con **telaio in c.a. a doppia direzione** (già “antisismici”)



3.1

Il metodo convenzionale





IL METODO CONVENZIONALE

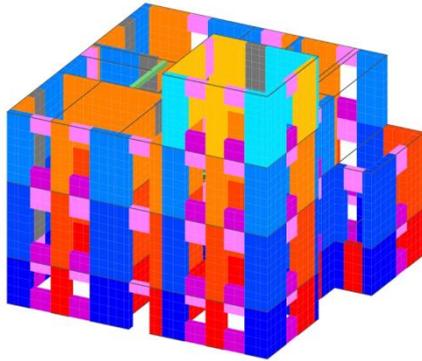
Determina la classe dell'edificio in base ai risultati delle verifiche analitiche e si basa su due sottoclassificazioni: quella **economica**, basata sull'indicatore **PAM** e quella **sociale**, basata sull'indicatore **IS-V**

IL PAM (Perdita Annuale Media attesa)

E' identificativo del **costo di riparazione** dei danni subiti dall'edificio per eventi sismici che si potrebbero manifestare nel corso di vita utile della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione completa

L'IS-V (indice di sicurezza)

E' l'indice di sicurezza della costruzione: dà una informazione circa **quanto margine di sicurezza** ha (o quanto ne manca) nella situazione dello stato limite di salvaguardia della vita, rispetto al minimo necessario



GLI STATI LIMITE

Svolgere la verifica ai vari stati limite consente di valutare il comportamento di una struttura in differenti condizioni di sollecitazione che portano a differenti livelli di prestazione richiesta

Sono individuati i seguenti stati limite:

stati limite
ultimi

SLR – stato limite di ricostruzione

SLC – stato limite di collasso

SLV – stato limite di salvaguardia della vita

stati limite di esercizio

SLD – stato limite di danno

SLO – stato limite operativo

SLiD - stato limite di inizio del danno non strutturale

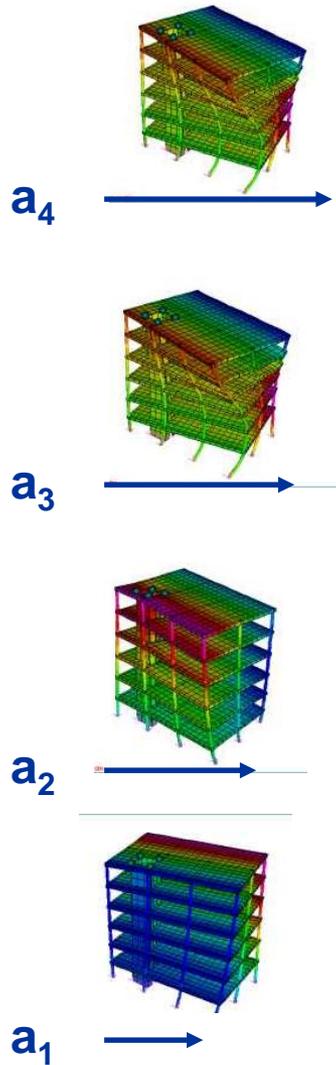
IL PAM

Analizzando migliaia (circa 20.000) di costi di riparazione di edifici variamente danneggiati dopo il **sisma dell'Abruzzo 2009** si è associato ad ogni SL un costo di riparazione, che poi è stato generalizzato riportandolo in % del costo di costruzione, si è così costruita la seguente tabella

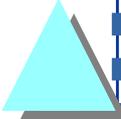


Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 06.04.09

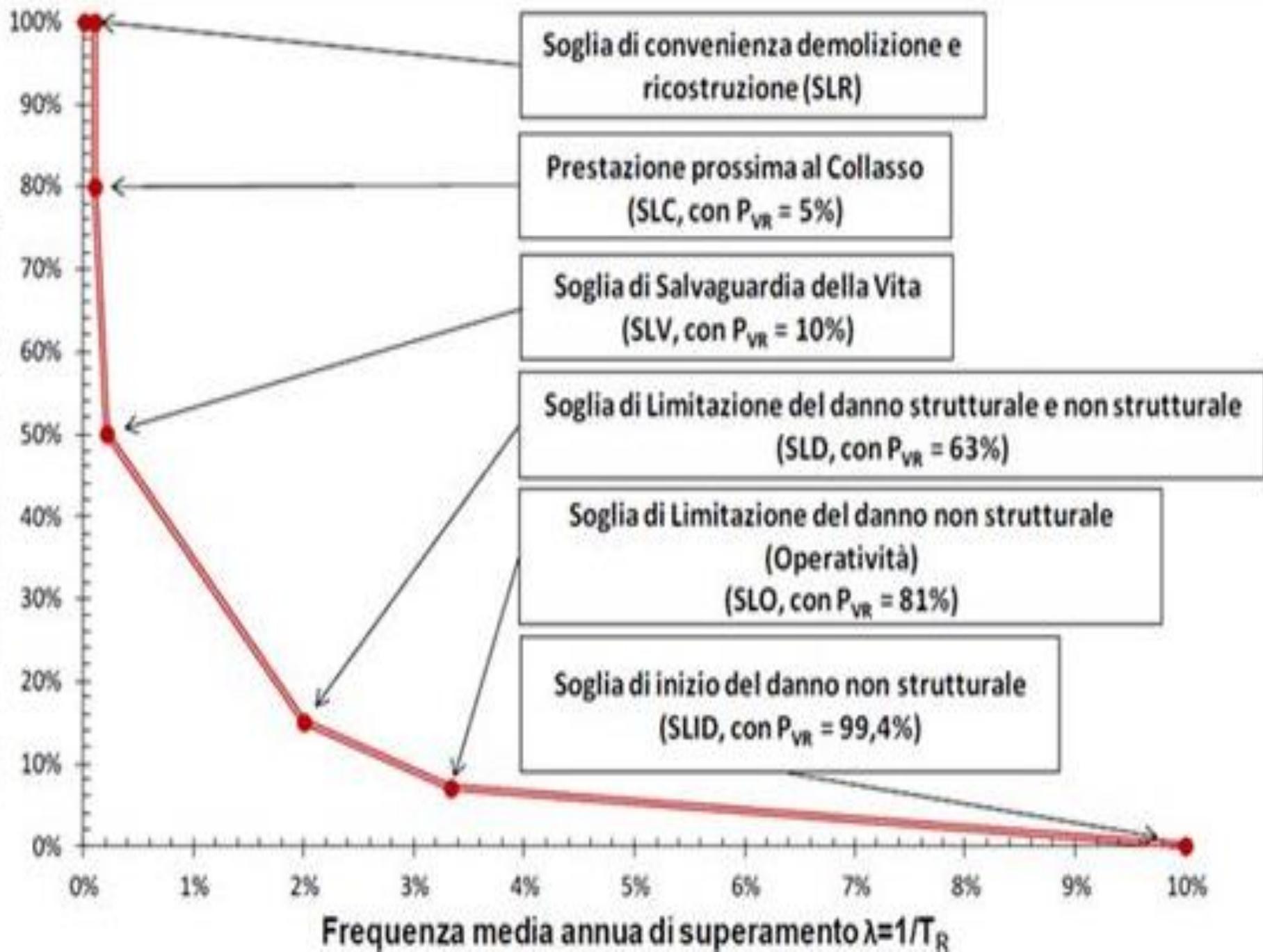
STATO LIMITE	CR (%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLiD	0%



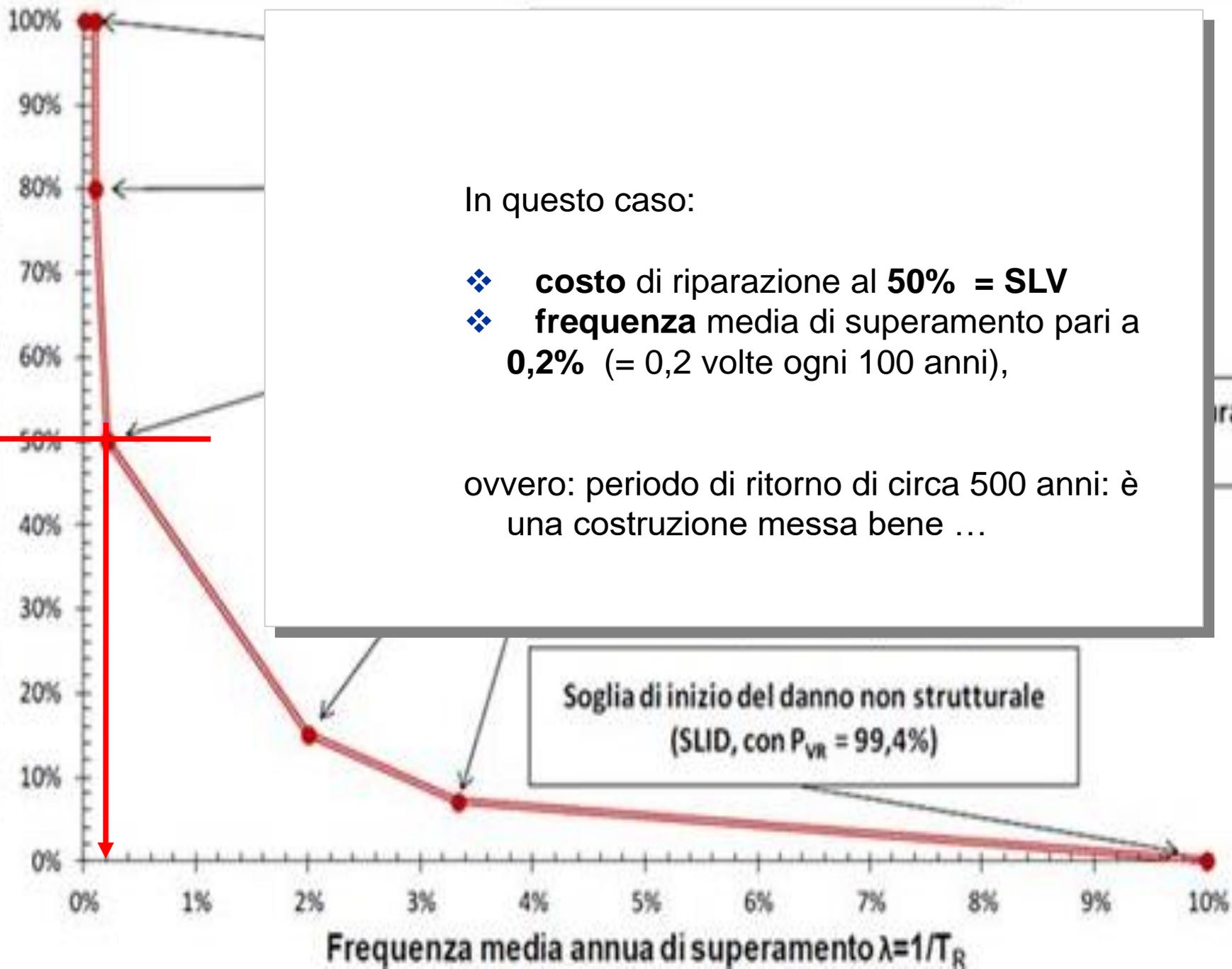
ACCELERAZIONE al suolo	STATO LIMITE	CR (%)
a_6	SLR	100%
a_5	SLC	80%
a_4	SLV	50%
a_3	SLD	15%
a_2	SLO	7%
a_1	SLiD	0%

ACCELERAZIONE al suolo	periodo di ritorno T_R	frequenza media di superamento $\lambda = 1/T_R$	STATO LIMITE	CR (%)
a6 	T6 	λ_6 	SLR	100%
a5 	T5 	λ_5 	SLC	80%
a4 	T4 	λ_4 	SLV	50%
a3 	T3 	λ_3 	SLD	15%
a2 	T2 	λ_2 	SLO	7%
a1 	T1 	λ_1 	SLiD	0%

Perdita economica diretta (% di CR)



Perdita economica diretta (% di CR)



In questo caso:

- ❖ **costo** di riparazione al **50%** = **SLV**
- ❖ **frequenza** media di superamento pari a **0,2%** (= 0,2 volte ogni 100 anni),

ovvero: periodo di ritorno di circa 500 anni: è una costruzione messa bene ...

Soglia di inizio del danno non strutturale
(SLID, con $P_{VR} = 99,4\%$)

irale

IL PAM

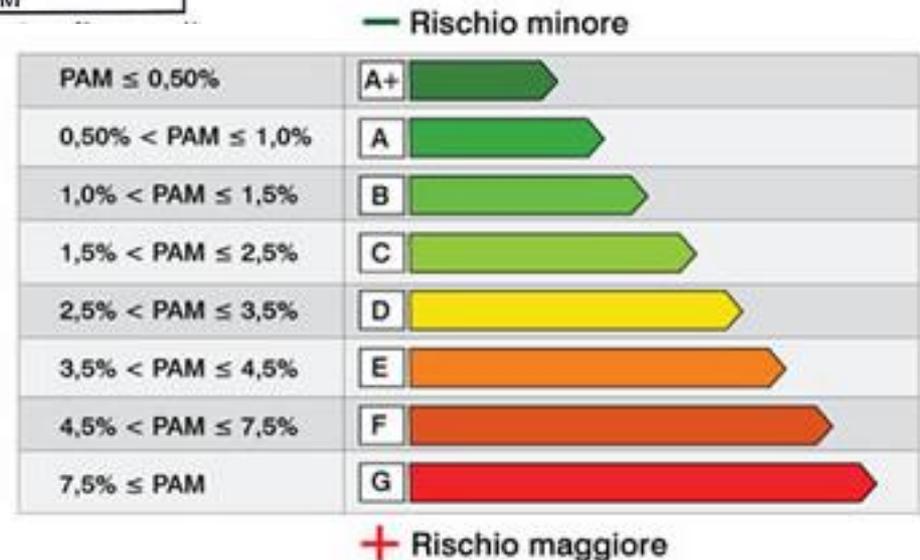
Il PAM è l'area a sinistra della spezzata e rappresenta la somma dei costi che un edificio incontrerà nella propria vita, ripartito annualmente; minore è il PAM, minore è la perdita annua attesa; può essere inteso come la **necessità di accumulare, anno per anno, le risorse necessarie per fare fronte a quanto indotto dall'evento.**



LE CLASSI PAM

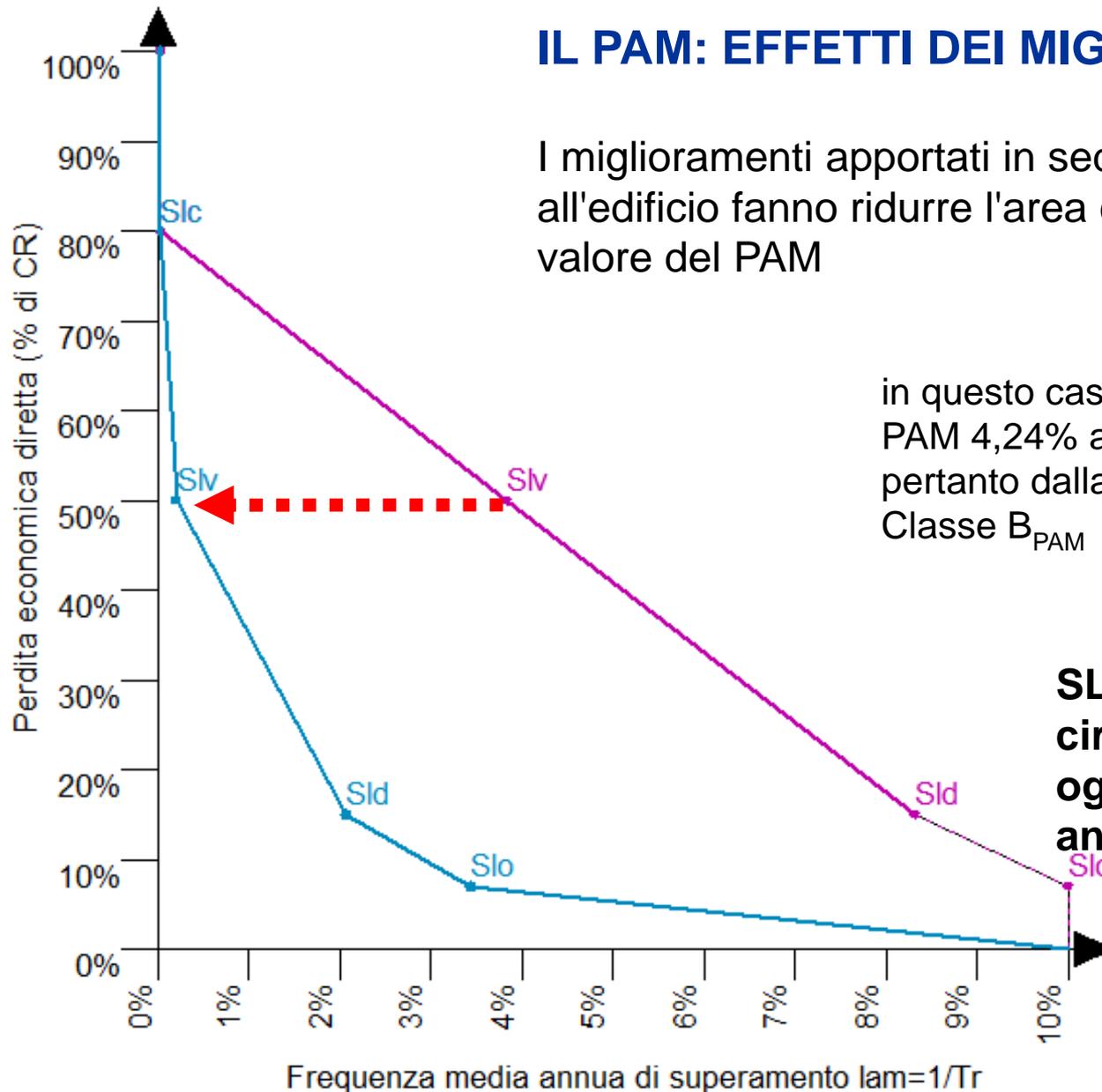
le classi PAM sono 8, così definite:

Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A^+_{PAM}
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}



IL PAM: EFFETTI DEI MIGLIORAMENTI

I miglioramenti apportati in sede di progetto all'edificio fanno ridurre l'area che rappresenta il valore del PAM



in questo caso si passa da PAM 4,24% a PAM 1,14% e pertanto dalla Classe E_{PAM} alla Classe B_{PAM}

SLV passa da circa 4% a circa 0,2%: da 1 volta ogni 25 anni a 1 ogni 500 anni : è ADEGUAMENTO

L' IS-V (o indice del Rischio)

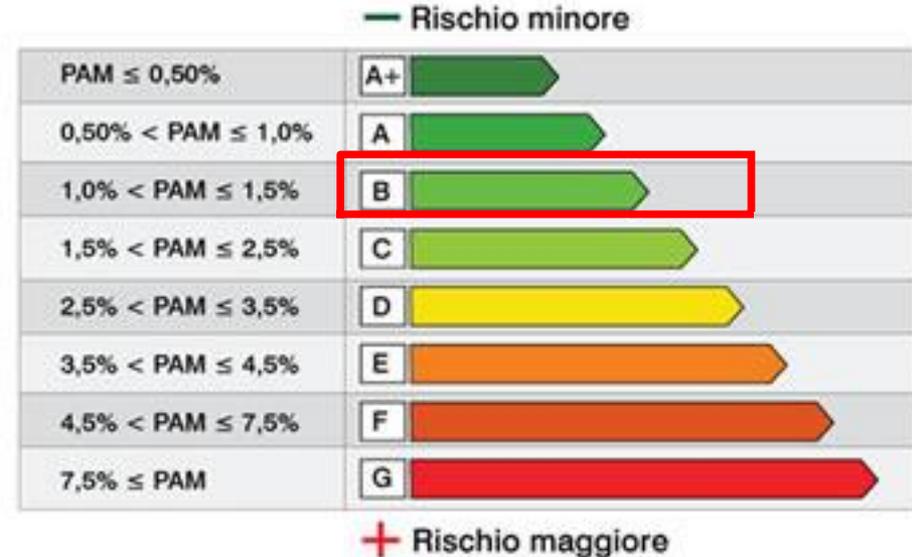
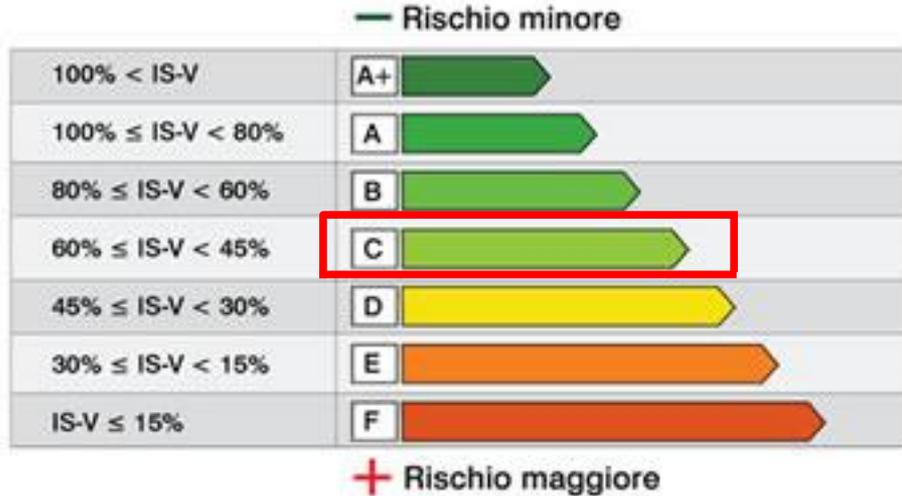
Dalle analisi allo **Stato Limite salvaguardia della Vita** è possibile conoscere quale accelerazione massima del terreno l'edificio possa sopportare (PGA_C – Peak Ground Acceleration, Capacità) ed è possibile paragonarla alla accelerazione massima del terreno prevista dalle NTC'08, per quella località e quel tipo di edificio, se fosse da costruire ex novo attualmente, allo SLV (PGA_D – Peak Ground Acceleration, Domanda): tanto maggiore sarà la prima rispetto alla seconda tanto più margine di sicurezza ha l'edificio nei confronti dello SLV



$$IS-V = PGA_{cSLV} / PGA_{dSLV}$$

LA CLASSE DI RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO

all'edificio viene attribuita la classe meno performante ottenuta tra PAM e IS-V



in questo caso la **Classe è C**

la classe di rischio sismico è un **indicatore tecnico-economico**

VERIFICHE DA SVOLGERE

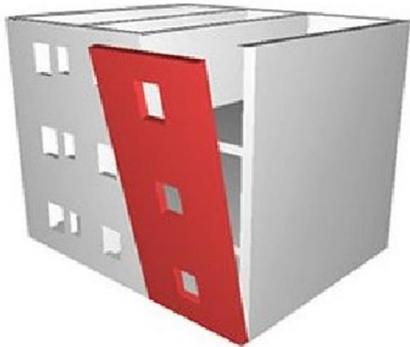
Le verifiche che vanno effettuate sono di due tipi, da ripetersi per ogni stato limite, e per le situazioni pre e post intervento:

❖ “verifiche locali”

e

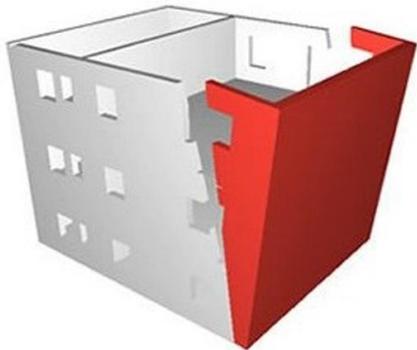
❖ “verifiche globali”



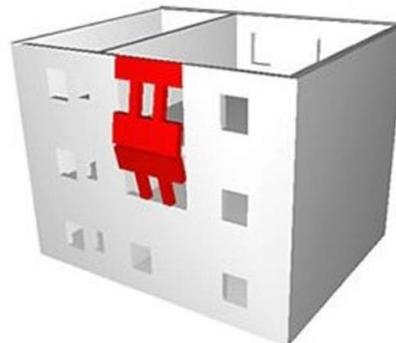
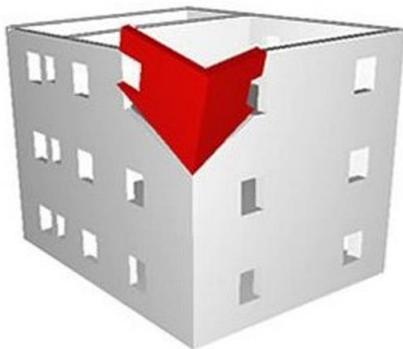


VERIFICHE “LOCALI” PER INTERVENTI DI RIPARAZIONE

Le verifiche “**locali**” servono ad evidenziare la possibilità di innesco di **cinematismi** (es: ribaltamento di muri, flessioni orizzontali, ecc...)

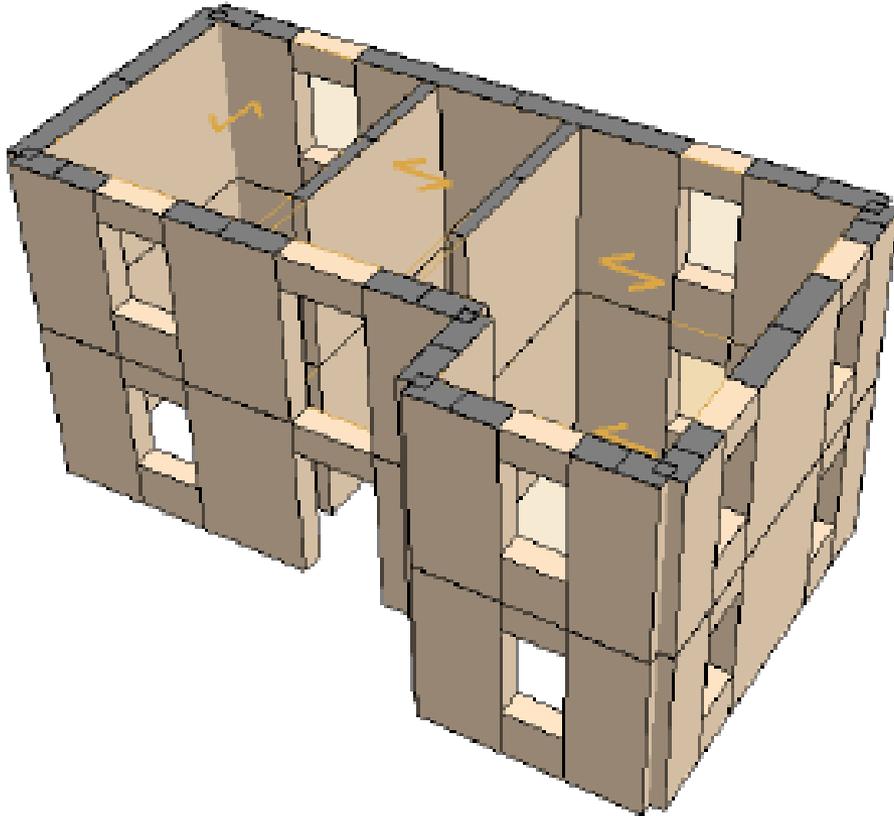


L'importanza delle verifiche locali e l'individuazione dei cinematismi possibili, o più probabili, dipende anche dalla **analisi del quadro fessurativo allo stato di fatto e/o di irregolarità ed anomalie già presenti e note**



VERIFICHE “GLOBALI”

Le verifiche “**globali**” servono per evidenziare il comportamento complessivo dell'edificio, **anche a seguito di interventi localizzati o non completi.**



3.2

Il metodo semplificato



LA CLASSE DI VULNERABILITA'

Si può applicare **solo ad edifici in muratura**, si basa su una valutazione dello stato di fatto semplicemente tabellare, in funzione della **tipologia e qualità dei muri** e poi di alcune condizioni **“aggravanti”**; sulla base di queste valutazioni si attribuisce allo stato di fatto una classe di vulnerabilità



Le classi di vulnerabilità sono **7** e vanno da **V6** a **V1** dove V6 è la peggiore (es: muratura di pietra senza legante)

Le classi possono solo peggiorare in caso di concomitanza di condizioni “aggravanti”

Questa valutazione è vagamente analoga alla valutazione IS-V del metodo convenzionale

LA CLASSE DI VULNERABILITA': LE AGGRAVANTI PEGGIORATIVE

TIPOLOGIA STRUTTURALE		PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	PAS-SAGGIO DI CLASSE
INERTI / MAGLIA MURARIA						
MURATURA	pietra grezza	<ul style="list-style-type: none"> Legante di cattiva qualità e/o assente Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	V ₆			
	mattoni di terra cruda (adobe)	<ul style="list-style-type: none"> Orizzontamenti di legno o di mattoni ma comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti Eventuale presenza di telai di legno 	V ₆			
	pietra sbazzata	<ul style="list-style-type: none"> Accorgimenti per aumentare la resistenza (ad es. listature). Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	V ₅	Ribaltamento delle pareti	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Elevato degrado e/o danneggiamento Spinte orizzontali non contrastate Pannelli murari male ammassati tra loro Orizzontamenti male ammassati alle pareti Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza 	da V ₅ a V ₆
	mattoni o pietra lavorata	<ul style="list-style-type: none"> Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidità nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	V ₅			
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	<ul style="list-style-type: none"> Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio 	V ₄	Meccanismi parziali o di piano		da V ₄ a V ₅
	mattoni + solai d'elevata rigidità nel proprio piano medio	<ul style="list-style-type: none"> Funzionamento scatolare della costruzione Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio ben collegati alla muratura 	V ₄	Ribaltamento delle pareti Meccanismi parziali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Elevato degrado e/o danneggiamento Pannelli murari male ammassati tra loro Orizzontamenti male ammassati alle pareti Pannelli murari a doppio strato con camera d'aria Assenza totale o parziale di cordoli Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza 	da V ₄ a V ₅
	armata e/o confinata	<ul style="list-style-type: none"> Elevata qualità delle murature, rinforzata da reti o barre di acciaio, e/o realizzata tra travi e colonne che la racchiudono in corrispondenza di tutti e quattro i lati Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio 	V ₃	Meccanismi dovuti, ad esempio, ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Elevato degrado o danneggiamento Elevata irregolarità in pianta e/o in altezza Presenza numerosa di elementi non-strutturali che modificano negativamente il comportamento locale e/o globale Aperture di elevanti dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza 	da V ₃ a V ₄

Tabella 4 – Costruzioni in muratura: classi medie di vulnerabilità globale e passaggi di classe.

LA CLASSE DI VULNERABILITA': LE AGGRAVANTI PEGGIORATIVE

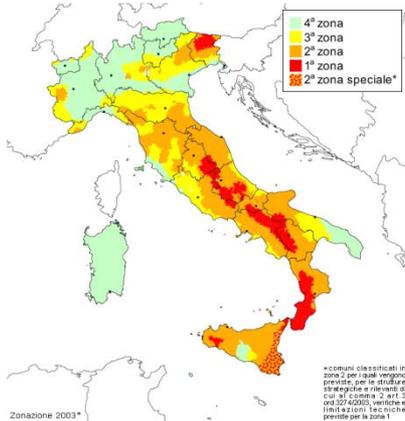
Le principali aggravanti peggiorative sono:

- ❖ scarsa qualità costruttiva
- ❖ elevato degrado o danneggiamento
- ❖ spinte orizzontali non contrastate
- ❖ pannelli murari male ammorsati tra loro
- ❖ orizzontamenti male ammorsati alle pareti
- ❖ grandi aperture e piccoli maschi murari
- ❖ presenza di numerose nicchie
- ❖ grandi pareti non controventate a sufficienza

- ❖ pannelli murari a doppio strato con camera d'aria
- ❖ assenza totale o parziale di cordoli

- ❖ elevata irregolarità in pianta o in altezza
- ❖ presenza di elementi non strutturali che modificano negativamente il comportamento

LA CLASSE DI RISCHIO*



Per quanto riguarda la **valutazione “economica”** il metodo semplificato prevede una assegnazione del PAM in modo predefinito in funzione della **localizzazione del sito di costruzione dell'edificio** e della sua vulnerabilità. La localizzazione è individuata attraverso la zona sismica di appartenenza, come definita nella OPCM 3274 del 20.03.2003

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	$PAM \leq 0,50\%$				$V_1 \div V_2$
A*	$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	V_1	$V_1 \div V_2$	V_3	V_5
C*	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	V_2	V_3	V_4	V_6
D*	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	V_3	V_4	$V_5 \div V_6$	
E*	$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	V_4	V_5		
F*	$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	V_5	V_6		
G*	$7,5\% \leq PAM$	V_6			

LA CLASSE DI RISCHIO*

Le zone sismiche di appartenenza, sono definite nella OPCM 3274 del 20.03.2003 in base agli intervalli di accelerazione massima al suolo

ZONA	ACCELERAZIONE MASSIMA	DESCRIZIONE
Zona 1	$a_g > 0,25$	E' la zona piu pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	$0,15 < a_g < 0,25$	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	$0,05 < a_g < 0,15$	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	$a_g < 0,05$	E' la meno pericolosa. Nei Comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Alcune Regioni hanno apportato delle modifiche a questa mappa spostando alcuni comuni da una zona all'altra ed è stata introdotta la zona 2* speciale (per le strutture strategiche si considera come se fossero in zona 1)

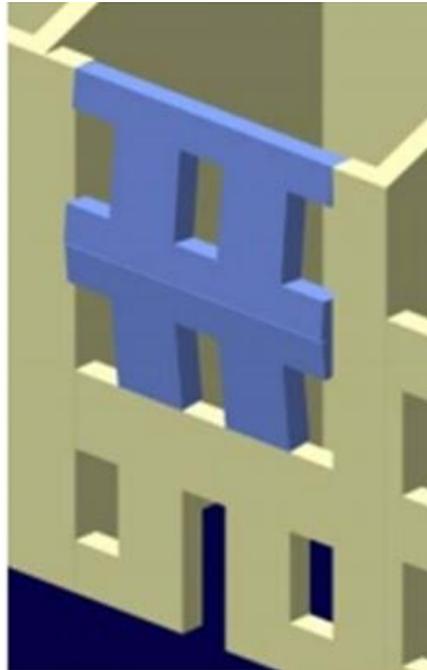


LA CLASSE DI RISCHIO*

esempio: un edificio in muratura in **pietra sbazzata** ha classe di vulnerabilità **V5**, se, però, ha orizzontamenti male ammortati alle pareti, va in **V6**, se in **Zona 2**, ha classe di rischio **F***

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	$PAM \leq 0,50\%$				$V_1 \div V_2$
A*	$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	V_1	$V_1 \div V_2$	V_3	V_5
C*	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	V_2	V_3	V_4	V_6
D*	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	V_3	V_4	$V_5 \div V_6$	
E*	$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	V_4	V_5		
F*	$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	V_5	V_6		
G*	$7,5\% \leq PAM$	V_6			

MIGLIORARE LA CLASSE DI VULNERABILITA'



Per migliorare (max 1 classe) bisogna eseguire **interventi predefiniti** atti a conseguire alcune **finalità predeterminate** per ogni tipologia di edificio in muratura.

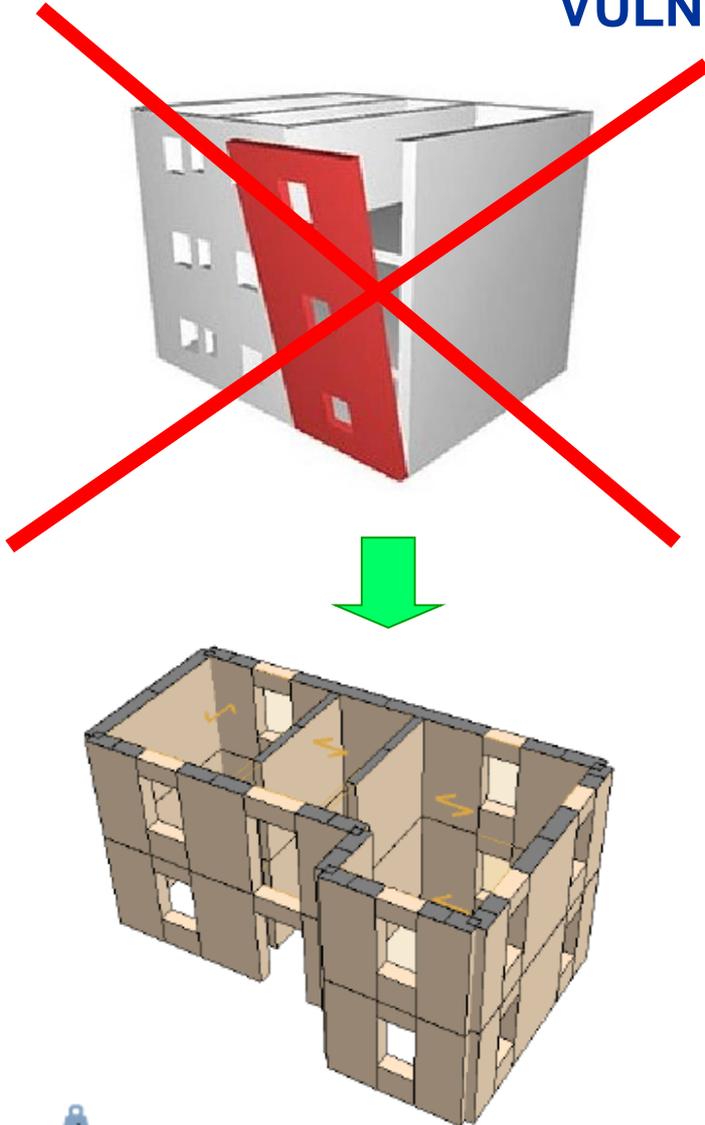
Non è definita nel dettaglio quale tecnologia utilizzare per eseguire l'intervento.

Sono in ogni caso interventi da eseguire **sull'intera unità strutturale**.

Sono tutti obbligatori: non se ne può eseguire solo una parte (tranne quelli “auspicabili”).

Sono tutti interventi atti a contrastare gli effetti locali, infatti sono di “rafforzamento locale”.

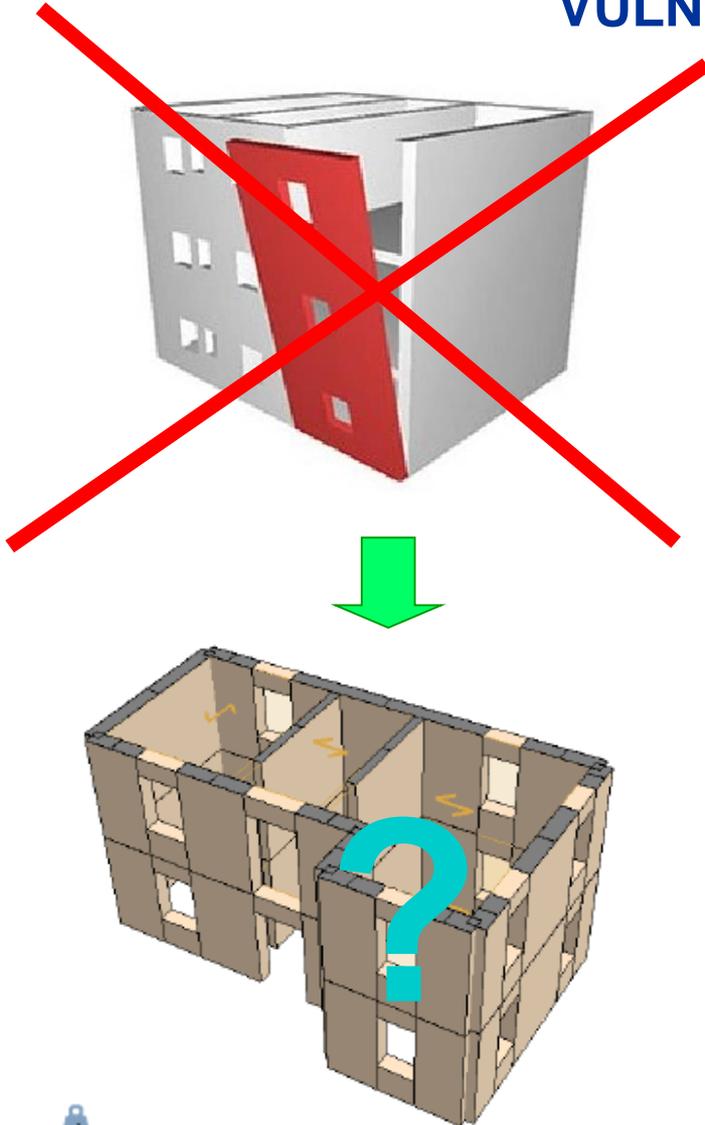
MIGLIORARE LA CLASSE DI VULNERABILITA'



Contrastare gli effetti locali, significa evitare/posticipare l'attivazione di meccanismi locali e/o fuori del piano del muro rispetto alla attivazione del meccanismo “globale”: **se un muro si ribalta “subito” non può più lavorare né nel piano né fuori dal piano**

questo fa guadagnare 1 classe di vulnerabilità

MIGLIORARE LA CLASSE DI VULNERABILITA'

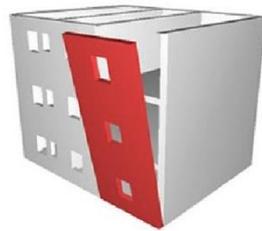


Per restare nell'ambito del metodo semplificato **gli interventi devono restare di tipo locale**, cioè non devono introdurre sostanziali modifiche al comportamento complessivo della struttura perché questo, nel metodo semplificato **non è tenuto sotto controllo perché non si effettua una verifica globale.**

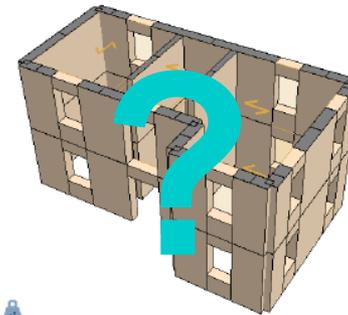
Al contrario, con il metodo convenzionale, laddove si eseguono interventi locali è sempre obbligatorio eseguire anche la verifica globale.

CONFRONTO TRA I METODI

CONVENZIONALE

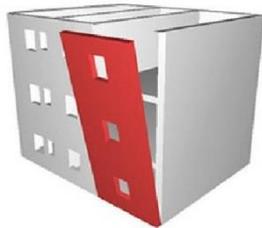


interventi locali



analisi comportamento globale

SEMPLIFICATO



interventi locali

il globale non deve essere alterato e nessun controllo

L'APPLICAZIONE DEL SISMABONUS

In tabella i tipi di intervento e la detraibilità (**NO ZONA 4**)

miglioramento di classe	abitazioni, prime e seconde case, edifici produttivi	parti comuni di condomini
nessuna	50%	50%
1 classe	70% max. € 96.000	75% max. € 96.000 x n° u.i.
2 o + classi	80% max. € 96.000	85% max € 96.000 x n° u.i.