

RIQUALIFICARE LE STRUTTURE CON IL SISMABONUS

Esempi pratici di miglioramento sismico e applicazione delle detrazioni fiscali

ore 14:30 inizio seminario

- Detrazioni fiscali: opportunità per l'edilizia
- Valutazione della Classe di Rischio: metodo semplificato e convenzionale
- Vulnerabilità sismica di un edificio esistente
- Edificio esistente: schemi strutturali e modellazione agli elementi finiti
- Parametri dell'analisi ed il calcolo della struttura
- Strumenti di confronto per gli interventi di adeguamento sismico

ore 17:30 dibattito e quesiti

Ing. Stefania Arangio – stefaniaarangio@gmail.com

Ing. Pietro Requisini – pietro.requisini@logical.it

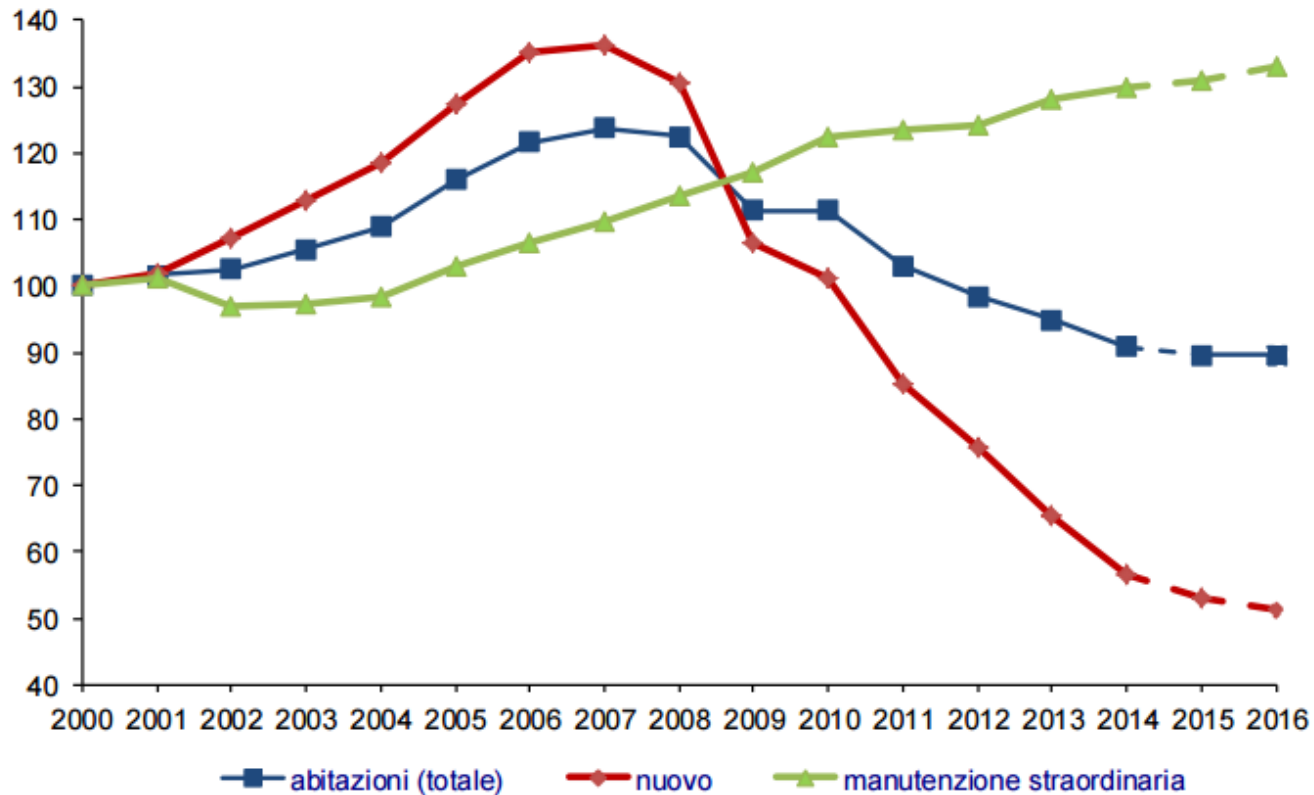


TRAVILOG TITANIUM 5



EDIFICI ESISTENTI, QUALI OPPORTUNITÀ ?

INVESTIMENTI IN ABITAZIONI – N.I. 2000=100

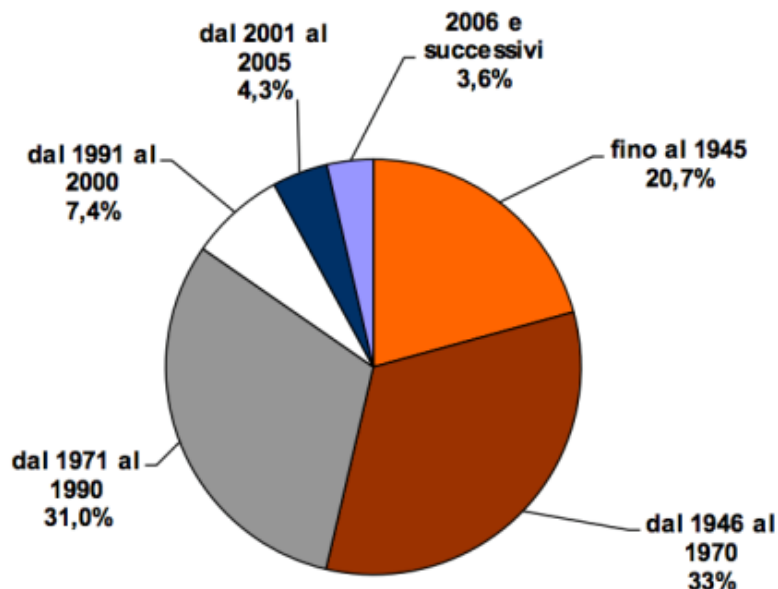


Fonte: Ance

EDIFICI ESISTENTI, QUALI OPPORTUNITÀ ?

ABITAZIONI IN EDIFICI AD USO ABITATIVO (occupate e non occupate) PER EPOCA DI COSTRUZIONE IN ITALIA – Composizione %

31.138. 278 abitazioni



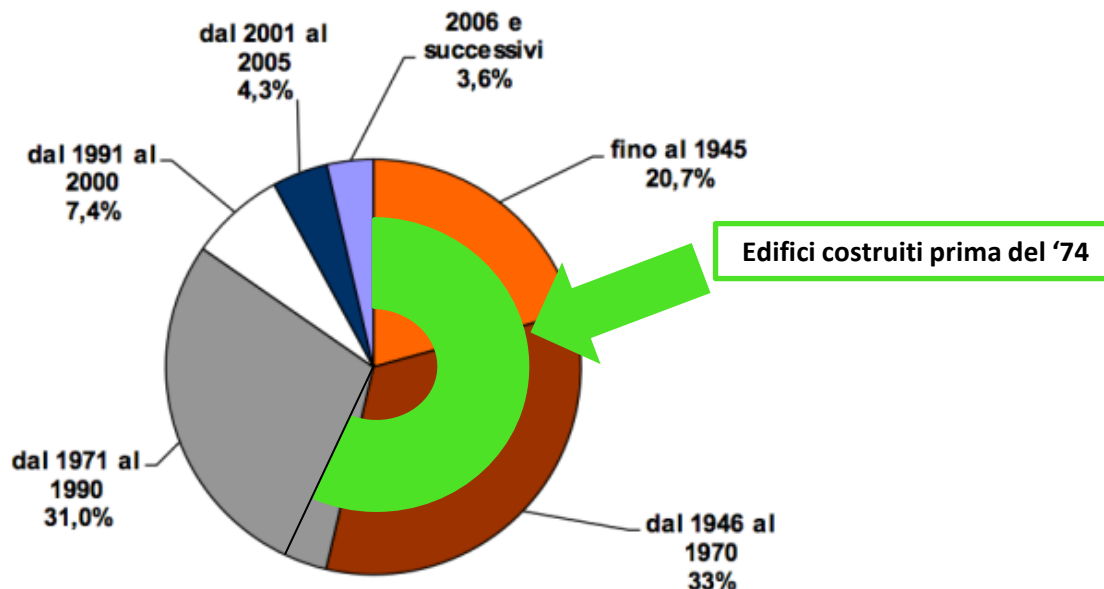
Elaborazioni Ance su dati Istat- Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011

Si stima che circa il 65% delle abitazioni ed il **68% degli edifici residenziali** sia stato **costruito prima** dell'entrata in vigore della **normativa antisismica** per nuove costruzioni (1974)

EDIFICI ESISTENTI, QUALI OPPORTUNITÀ ?

ABITAZIONI IN EDIFICI AD USO ABITATIVO (occupate e non occupate) PER EPOCA DI COSTRUZIONE IN ITALIA – Composizione %

31.138. 278 abitazioni



Elaborazioni Ance su dati Istat- Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011

Si stima che circa il 65% delle abitazioni ed il **68% degli edifici residenziali** sia stato **costruito prima** dell'entrata in vigore della **normativa antisismica** per nuove costruzioni (1974)

EDIFICI ESISTENTI, QUALI OPPORTUNITÀ ?

**Ristrutturazione
edilizia**

**Riqualificazione
energetica
Ecobonus**

**Misure
antisismiche
Sismabonus**

EDIFICI ESISTENTI, QUALI INTERVENTI ?

Ristrutturazione edilizia

Riqualificazione energetica Ecobonus

Misure antisismiche Sismabonus

detrazione

50%

65-75%

50-85%

importo massimo

96.000
euro/unità immobiliare

30.000-100.000
euro

96.000
euro/unità immobiliare

n. quote annuali

10

10

5

note applicative

ristrutturare le abitazioni o le parti comuni di edifici residenziali

miglioramento energetico degli edifici esistenti

miglioramento antisismico delle unità abitative e produttive in zona sismica 1, 2 e 3

EDIFICI ESISTENTI, QUALI INTERVENTI ?

**Ristrutturazione
edilizia**

**Riqualificazione
energetica
Ecobonus**

**Misure
antisismiche
Sismabonus**

CLASSIFICAZIONE SISMICA

DM 'Sisma bonus' 65/2017

attua

- **Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni**
- **il 'Sismabonus' della legge di bilancio 2017**

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Gli effetti della classificazione

- Sensibilizzazione e quindi prevenzione del rischio sismico
- Indicatore della qualità della costruzione
- Applicazione del 'Sisma bonus' e delle detrazioni fiscali
- Mappatura comunale e nazionale della sicurezza degli edifici
- Influenza del valore di mercato di un immobile

SISMABONUS

- comuni in **zona sismica 1, 2 e 3** (72% comuni d'Italia)
 - le spese sostenute dal 2017 al 2021 per interventi di messa in sicurezza relativi al rischio sismico di una costruzione sono detraibili da IRPEF o IRES, fino a **96mila euro** per unità immobiliare.
 - detrazioni in funzione dei miglioramenti apportati alla Classe di Rischio:
 - 50%** per interventi che **non migliorano la Classe di Rischio**
 - 70%** per interventi che **migliorano di una Classe di Rischio**
 - 80%** per interventi che **migliorano di due o più Classi di Rischio**
- Nel caso di interventi in condomini le detrazioni del 70% e 80% diventano del **75%** e **85%** se gli interventi riguardano le **parti comuni dell'edificio**.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Linee Guida

Valutazione della **Classe di Rischio** con due parametri

- **PAM** Perdita Annuale Media attesa

è un indicatore economico che lega alle capacità della struttura per ciascun Stato Limite una % del Costo di Ricostruzione

- **IS-V** Indice di Sicurezza per lo SLV

è un indicatore noto anche come 'Indice di Rischio' che esprime la vulnerabilità della costruzione ed è utilizzato per limitare la perdita di vite umane

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Linee Guida

Valutazione della Classe di Rischio con **due metodi**

- **metodo semplificato**

è una valutazione speditiva della Classe di Rischio in funzione della Classe PAM*, solo per costruzioni in muratura e relativamente a indagini e interventi di tipo locale

- **metodo convenzionale**

si basa sui metodi di valutazione definiti in NTC, definisce una Classe di Rischio per la costruzioni come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V

METODO SEMPLIFICATO

Classi PAM*

8 classi da A⁺ a G basate sulla classificazione di vulnerabilità dei sistemi costruttivi murari e sulla zona sismica in cui ricade il sito, questi i passaggi per definirle

1. si individua la tipologia strutturale che meglio descrive la costruzione e gli eventuali fattori che determinano un peggioramento della valutazione secondo le indicazioni delle line guida

METODO SEMPLIFICATO

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	- 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 ₄			
	mattoni di terra cruda (adobe)	- 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 ₄			
	pietra sbazzata	- 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 ₄	Ribaltamento delle pareti	- Scarsa qualità costruttiva - Elevato degrado e/o danneggiamento - Spinte orizzontali non contrastate - Pannelli murari male ammorzati tra loro - Orizzontamenti male ammorzati 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 ₄ a V ₅
	mattoni o pietra lavorata	Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidità nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V ₄			
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio	V ₄	Meccanismi parziali o di piano	- Scarsa qualità costruttiva - Elevato degrado e/o danneggiamento - Pannelli murari male ammorzati tra loro - Orizzontamenti male ammorzati 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
	mattoni + solai d'elevata rigidità nel proprio piano medio	- 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	- Scarsa qualità costruttiva - Elevato degrado e/o danneggiamento - Pannelli murari male ammorzati tra loro - Orizzontamenti male ammorzati 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	- 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	- 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

METODO SEMPLIFICATO

mattoni o pietra lavorata		Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti				V_5
CURA	pietra grezza	Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V_4			
	mattoni di terra cruda (adobe)	- Orizzontamenti di legno o di mattoni ma comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti - Eventuale presenza di telai di legno	V_4			
	pietra sbazzata	- Accorgimenti per aumentare la resistenza (ad es. listature) - Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V_5	Ribaltamento delle pareti	- Scarsa qualità costruttiva - Elevato degrado e/o danneggiamento - Spinte orizzontali non contrastate - Pannelli murari male ammorsati tra loro - Orizzontamenti male ammorsati alle pareti - Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni	da V_5 a V_6
	mattoni o pietra lavorata	Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti	V_5			
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio	V_4	Meccanismi parziali o di piano	- 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
Ribaltamento delle pareti		- Scarsa qualità costruttiva - Elevato degrado e/o danneggiamento - Spinte orizzontali non contrastate - Pannelli murari male ammorsati tra loro - Orizzontamenti male ammorsati alle pareti - Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni				da V_5 a V_6
Meccanismi parziali o di piano		- 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

METODO SEMPLIFICATO

Classi PAM*

2. si definisce la **Classe PAM*** secondo le seguenti relazioni

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			

METODO SEMPLIFICATO

Interventi

- **interventi locali** che migliorano la vulnerabilità e quindi **modificano PAM***
- possibilità di **migliorare una sola Classe di Rischio**

METODO SEMPLIFICATO

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
MURATURA	INERTI/MAGLIA MURARIA			
	pietra grezza	Non applicabili (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V ₆
	mattoni di terra cruda (adobe)			
	pietra sbazzata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE - Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate - Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate - Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) - Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI - Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	- Perseguire un comportamento d'insieme "regolare" e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V ₆ a V ₅
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE - Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate - Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate - Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) - Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI - Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	- Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V ₅ a V ₄
		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE - Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate - Messa in sicurezza di elementi non strutturali	- Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	da V ₄ a V ₃
	mattoni o pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE - Ripristino dei danni o delle zone degradate - Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate - Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) - Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI - Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	- Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V ₆ a V ₅

METODO SEMPLIFICATO

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITA'
	INERTI/MAGLIA MURARIA			
	mattoni o pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE - Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate - Messa in sicurezza di elementi non strutturali	- Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Ridurre al minimo il rischio di danno agli	da V ₄ a V ₃
o pietra orata		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE - Ripristino dei danni o delle zone degradate - Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate - Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) - Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI - Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	- Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	
o pietra orata		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE - Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate - Messa in sicurezza di elementi non strutturali	- Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".⁽¹⁰⁾ - Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	
	rinforzata e/o confinata	INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI - Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE - Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate - Messa in sicurezza di elementi non strutturali	locali e/o fuori piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali - Perseguire un comportamento regolare della struttura.⁽¹⁰⁾ - Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	da V ₃ a V ₂

METODO CONVENZIONALE

Classi PAM

8 classi da A⁺ a G basate sui Costi di Ricostruzione di Aquila 2009, si valutano con questi passaggi:

1. analisi della struttura e definizione delle accelerazioni al suolo di capacità PGA_C per ciascuno stato limite
2. valutazione dei periodi di ritorno T_{rC} corrispondenti alle PGA_C come $T_{rC} = T_{rD} (PGA_C/PGA_D)^\eta$
3. per ogni T_{rC} si definisce una frequenza media annuale di superamento λ come $\lambda = 1/T_{rC}$

METODO CONVENZIONALE

Classi PAM

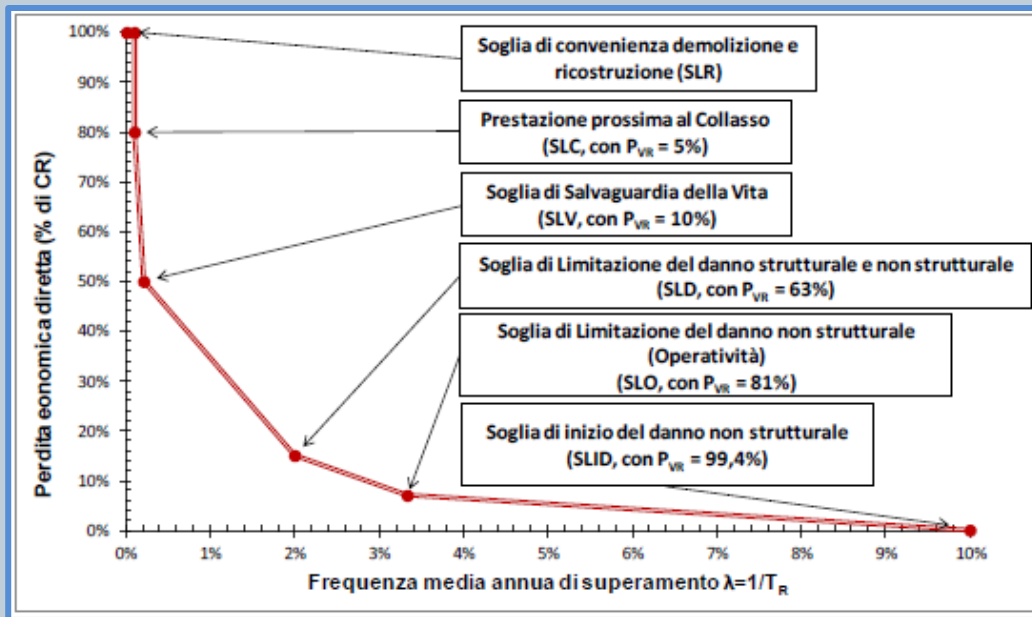
4. si associa ad ogni λ un valore di PAM come %CR, considerando i due Stati Limite aggiuntivi SLR e SLID

Stato Limite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

METODO CONVENZIONALE

Classi PAM

5. si diagramma la spezzata in funzione di λ e PAM e si calcola il PAM totale come integrale dell'area



METODO CONVENZIONALE

Classi PAM

5. si associa al valore di PAM la relativa Classe

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}

METODO CONVENZIONALE

Classi IS-V

7 classi da A⁺ a F basate sulla percentuale del rapporto tra capacità e domanda della struttura in termini di PGA per lo SLV

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A ⁺ _{IS-V}
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A _{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B _{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C _{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D _{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E _{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F _{IS-V}

METODO CONVENZIONALE

Interventi

- interventi locali o globali che **modificano PAM o IS-V**
- possibilità di **migliorare una o più Classi di Rischio**
- valutazione della Classe di Rischio finale **sempre con verifica globale** della costruzione

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Capannoni industriali

*‘[...] è possibile ritenere valido il **passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore** eseguendo solamente interventi locali di rafforzamento, anche in assenza di una preventiva attribuzione della Classe di Rischio [...]’ se sono **eliminate tutte le seguenti criticità**:*

- carenze nelle unioni tra elementi strutturali
- carenza della connessione tra il sistema di tamponatura esterna degli edifici prefabbricati e la struttura portante;
- carenza di stabilità dei sistemi presenti internamente al capannone industriale, quali macchinari, impianti e/o scaffalature

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Edifici in calcestruzzo armato

*‘[...] è prevista la possibilità di ritenere valido **il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore**, eseguendo solamente interventi locali di rafforzamento ed anche in assenza di una preventiva attribuzione della Classe di Rischio. Ciò è possibile soltanto se la struttura è stata originariamente concepita con la presenza **di telai in entrambe le direzioni** e se saranno eseguiti **tutti gli interventi seguenti***

- confinamento di tutti i nodi perimetrali non confinati dell’edificio;*
- opere volte a scongiurare il ribaltamento delle tamponature, compiute su tutte le tamponature perimetrali presenti sulle facciate;*
- eventuali opere di ripristino delle zone danneggiate e/o degradate.’*

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

La vulnerabilità sismica è la predisposizione di una costruzione a subire danneggiamenti e crolli. Quanto più un edificio è vulnerabile tanto maggiori saranno le conseguenze sulla struttura.



Analisi lineare e non lineare

$$V = \left(\frac{R_d}{E_d} \right)_{min}$$

$$\alpha_{PGA} = \frac{PGA_{(C)}}{PGA_{(D)}}$$

$$\alpha_{TR} = \frac{T_{R(C)}}{T_{R(D)}}$$

INDICE DI VULNERABILITA'

Rapporto tra l'azione sismica corrispondente al raggiungimento della **capacità** della struttura e la **domanda** sismica allo stato limite ultimo.

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza ogni volta che

- si eseguono **interventi sulla struttura**

ma anche quando ricorre una di queste condizioni:

- **Riduzione della capacità** resistente e/o deformativa
- **Provati gravi errori** di progetto o costruzione.
- **Variazione della classe d'uso.**
- **Interventi su elementi non strutturali** se modificano capacità o rigidità di elementi strutturali.

CATEGORIE DI INTERVENTO

- **RIPARAZIONI o INTERVENTI LOCALI** per un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti
- **MIGLIORAMENTO** aumentare la sicurezza strutturale
- **ADEGUAMENTO** conseguire i livelli di sicurezza richiesti dalla norma

NUOVE NTC: EDIFICI ESISTENTI

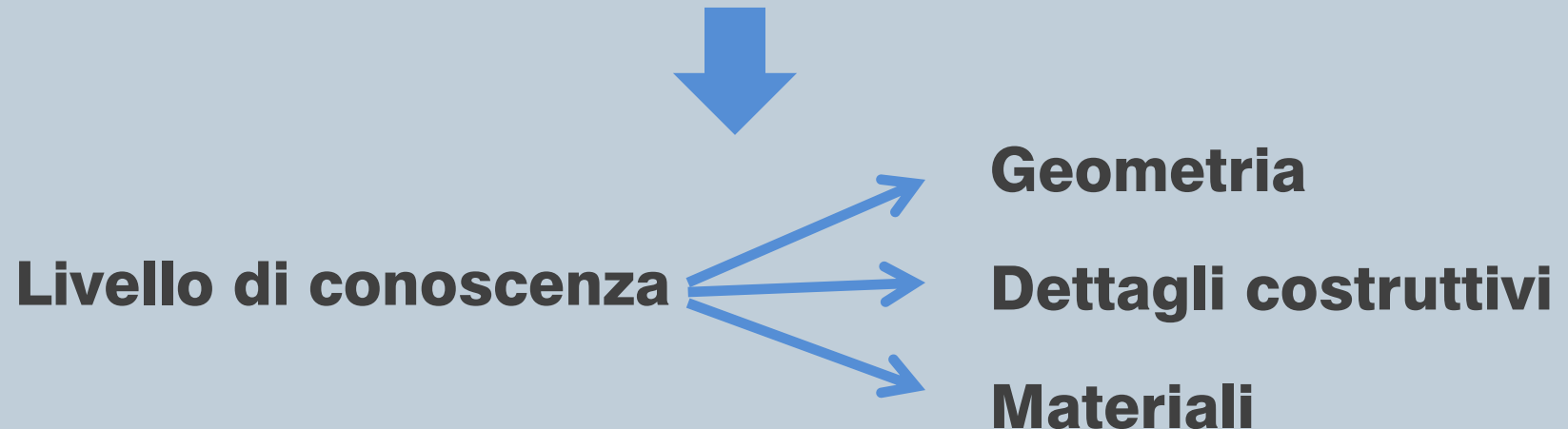
Introdotta il parametro ζ_E come rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e quella che si utilizzerebbe per il progetto di nuova costruzione.

Maggiori specifiche per gli interventi:

- **riparazione o intervento locale:** non peggiorare e/o migliorare le condizioni di sicurezza preesistenti
- **intervento di miglioramento:** aumentare la sicurezza della costruzione
 - classe II e III $\zeta_E \geq 0,1$
 - classe III ad uso scolastico e IV $\zeta_E \geq 0,6$
 - strutture isolate $\zeta_E \geq 1,0$
- **intervento di adeguamento:** raggiungere livelli di sicurezza chiesti dall' NTC
 - soprelevazione $\zeta_E \geq 1,0$
 - ampliamento che modifica la struttura $\zeta_E \geq 1,0$
 - incremento dei carichi $> 10 \%$ (valutati in SLE rara) $\zeta_E \geq 0,8$
 - trasformazione della costruzione $\zeta_E \geq 1,0$
 - variazione di classe in III, III ad uso scolastico e IV $\zeta_E \geq 0,8$

LIVELLO DI CONOSCENZA

- **Strutture molto diverse** (modello definito dal Progettista)
- **Analisi storico-critica**
- **Rilievo dell'organismo resistente**
(qualità e stato di conservazione; quadro fessurativo e deformativo e meccanismi)
- **Caratterizzazione dei materiali** (verifiche visive e indagini sperimentali)



LIVELLI DI CONOSCENZA

Livello di con.	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale.	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	1.35
LC2	Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete.	verifiche in situ estese ed Esaustive	Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	1.20
LC3	Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.		Indagini in situ esaustive caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).	1.00

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI: MURATURA

- Resistenza caratteristica a compressione f_k
- Resistenza caratteristica a taglio in assenza di sforzo assiale f_{vk0}
- Moduli di elasticità normale N e tangenziale G

Edifici nuovi

$$f_d = f_k / \gamma_m$$

$$\gamma_m = 2 \text{ (verifiche sismiche)}$$

$$\gamma_m = \text{tra } 2 \text{ e } 3 \text{ (verifiche statiche)}$$

Edifici esistenti

$$f_d = f_m / (FC * \gamma_m)$$

$$\gamma_m = 2 \text{ (verifiche sismiche lineari)}$$

$$\gamma_m = 1 \text{ (verifiche sismiche pushover)}$$

$$\gamma_m = \text{tra } 2 \text{ e } 3 \text{ (verifiche statiche)}$$

$$FC = \text{tra } 1 \text{ e } 1,35$$

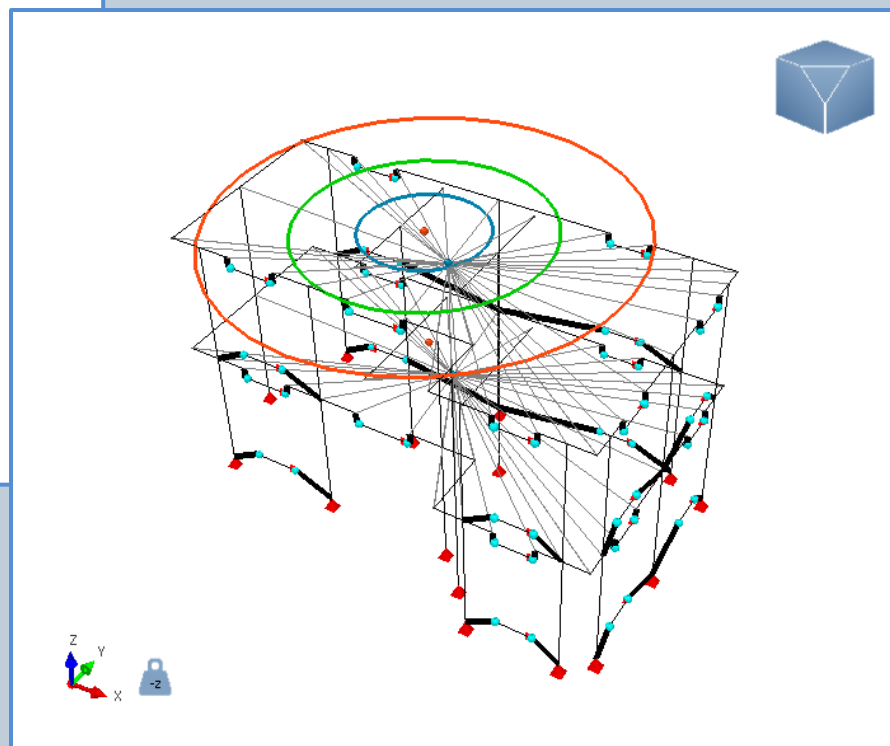
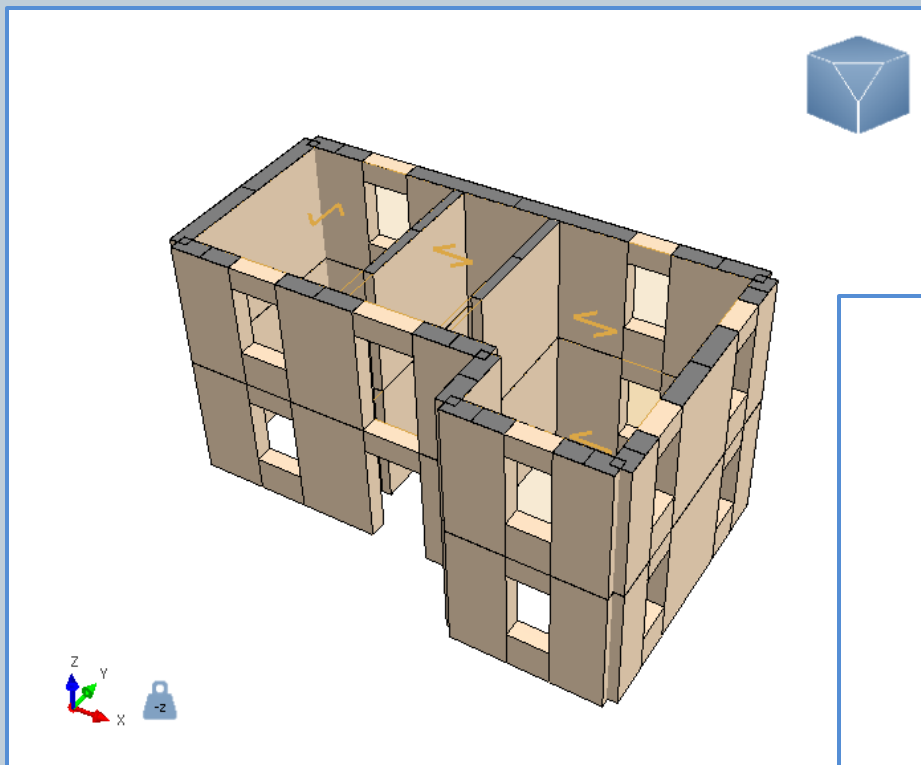
(a seconda del livello di conoscenza)

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

cap 8.5 delle NTC

Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, **il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal Progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale attendibile della costruzione**, tenendo conto delle indicazioni generali di seguito esposte.

MODELLO DI CALCOLO



CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

- Struttura tridimensionale
- Piante compatte e simmetriche
- **Pareti strutturali continue**
- Le pareti devono avere funzione portante e di controventamento
- Coperture ed orizzontamenti non spingenti
- **Piani rigidi**
- **Comportamento scatolare**
- Rispetto dei limiti geometrici (par. 4.5.4 e 7.8.2)

CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

- Il modello della struttura deve essere **tridimensionale** e rappresentare in modo adeguato le **effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza** [...] (NTC 2008, § 7.2.6)
- **Semplicità strutturale**, percorsi delle forze chiari e individuabili
- **Regolarità in pianta**
- **Regolarità in elevazione**

REGOLARITÀ

Regolarità in pianta

- a) distribuzione di masse e rigidezze simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali
- b) rapporto tra i lati di un rettangolo inscrivente inferiore a 4;
- c) rientri o sporgenze inferiori al 25 % della dimensione totale;
- d) orizzontamenti considerati infinitamente rigidi.

Regolarità in altezza

- a) sistemi resistenti verticali estesi per tutta l'altezza della costruzione;
- b) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente;
- c) rapporto tra resistenza effettiva e resistenza di calcolo non significativamente diversi tra orizzontamenti;
- d) restringimenti graduali della sezione orizzontale della costruzione.

LE ANALISI SISMICHE

ANALISI LINEARI



Statica equivalente



Dinamica modale



ANALISI NON LINEARI



Statica
(pushover)

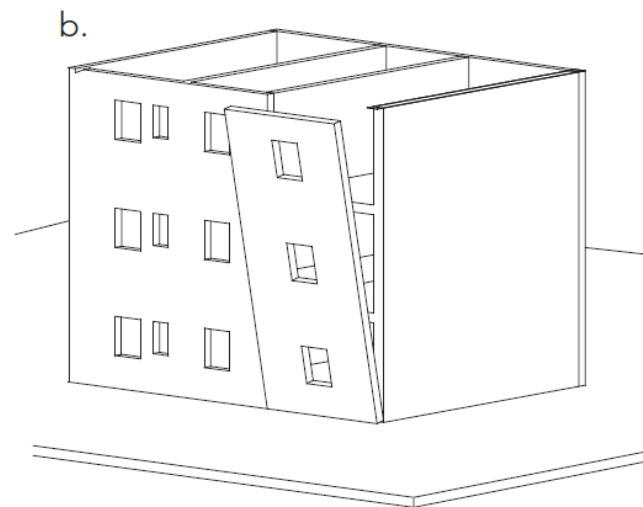
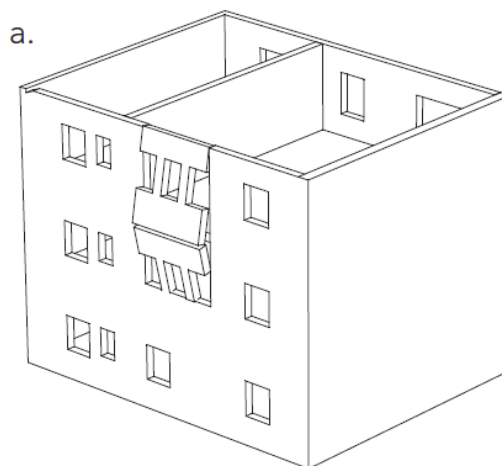


Dinamica

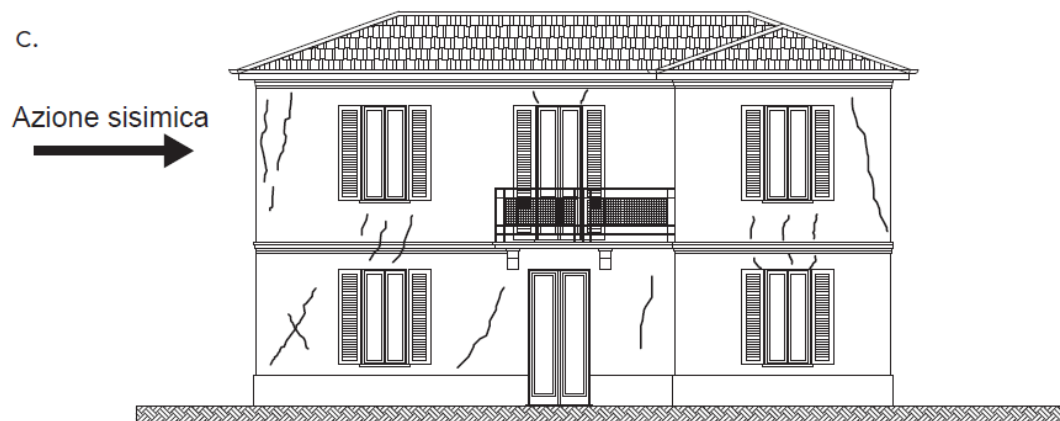
Fattore di struttura q (non linearità del materiale)

METODI DI ANALISI PER MECCANISMI DI DANNO

Meccanismi
fuori piano



Meccanismi
nel piano



MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

Verifiche obbligatorie per edifici esistenti ai sensi del C8.7.1.1

Verifiche secondo C8.7.1.6 e appendice C8A4

Analisi cinematica lineare

- Definire lo schema statico del cinematismo
- Definire il moltiplicatore di collasso I che attiva il meccanismo, applicando il Principio dei Lavori Virtuali
- Verificare che: $a^* > a$

a^* = accelerazione spettrale

a = accelerazione di riferimento

RIBALTAMENTO SEMPLICE

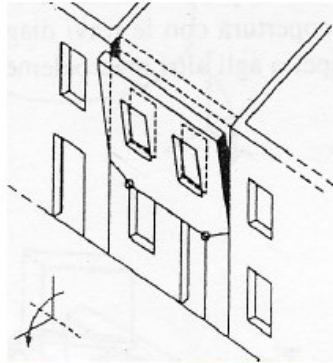
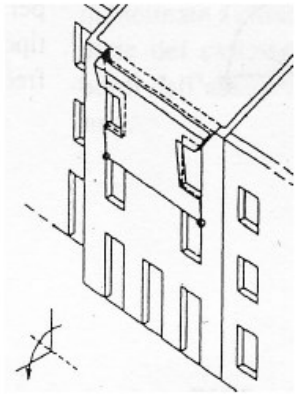
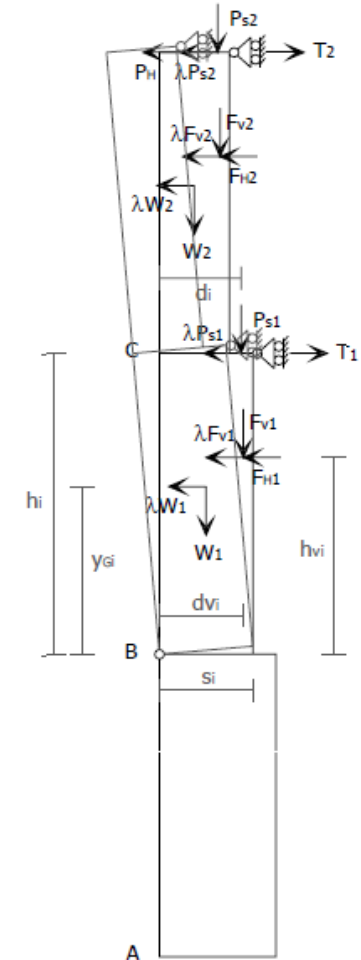


Fig. 1.1 – Meccanismo di ribaltamento semplice
(Foto da: MEDEA - Zuccaro, Papa - 2003, DPC)



$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{s_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot d_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot d_i + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i - \sum_{i=1}^n F_{Hi} \cdot h_{Vi} - P_H \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{Gi} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot h_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot h_i}$$

FLESSIONE ORIZZONTALE

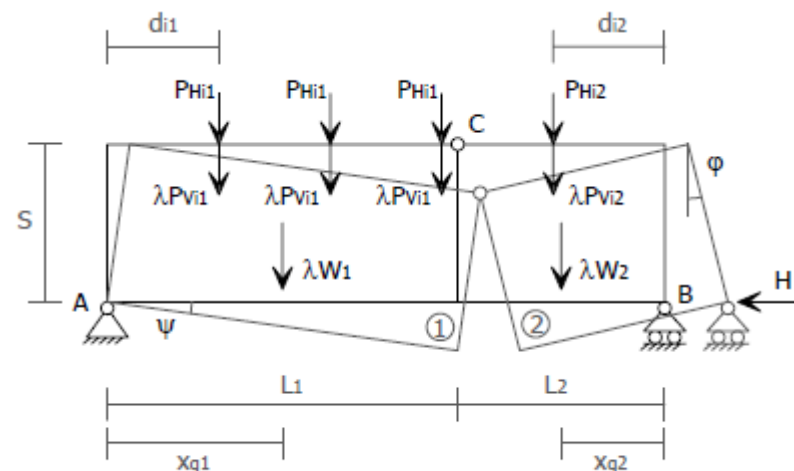
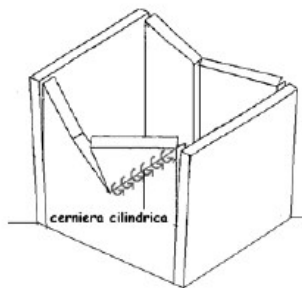
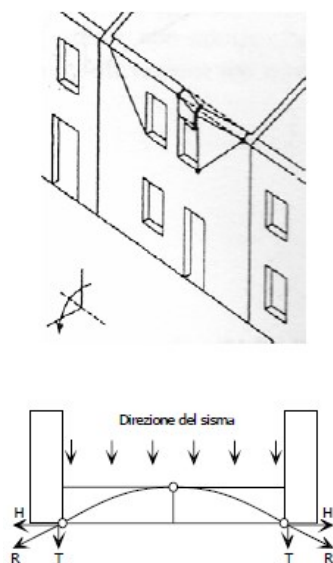


Fig. 1.3 – Meccanismi di flessione orizzontale

(Foto da: MEDEA - Zuccaro, Papa - 2003, DPC)

FLESSIONE VERTICALE

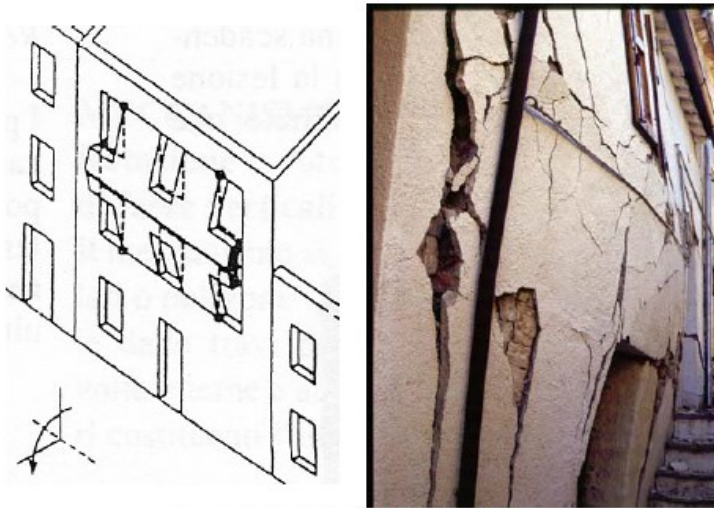
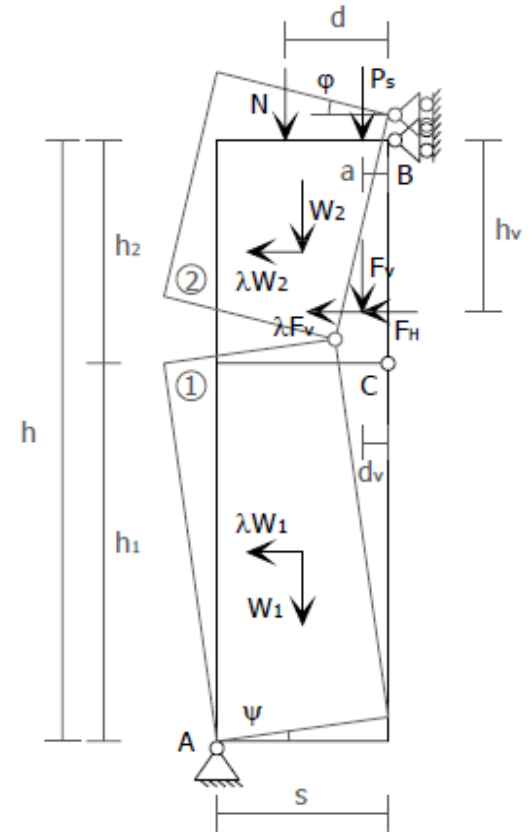
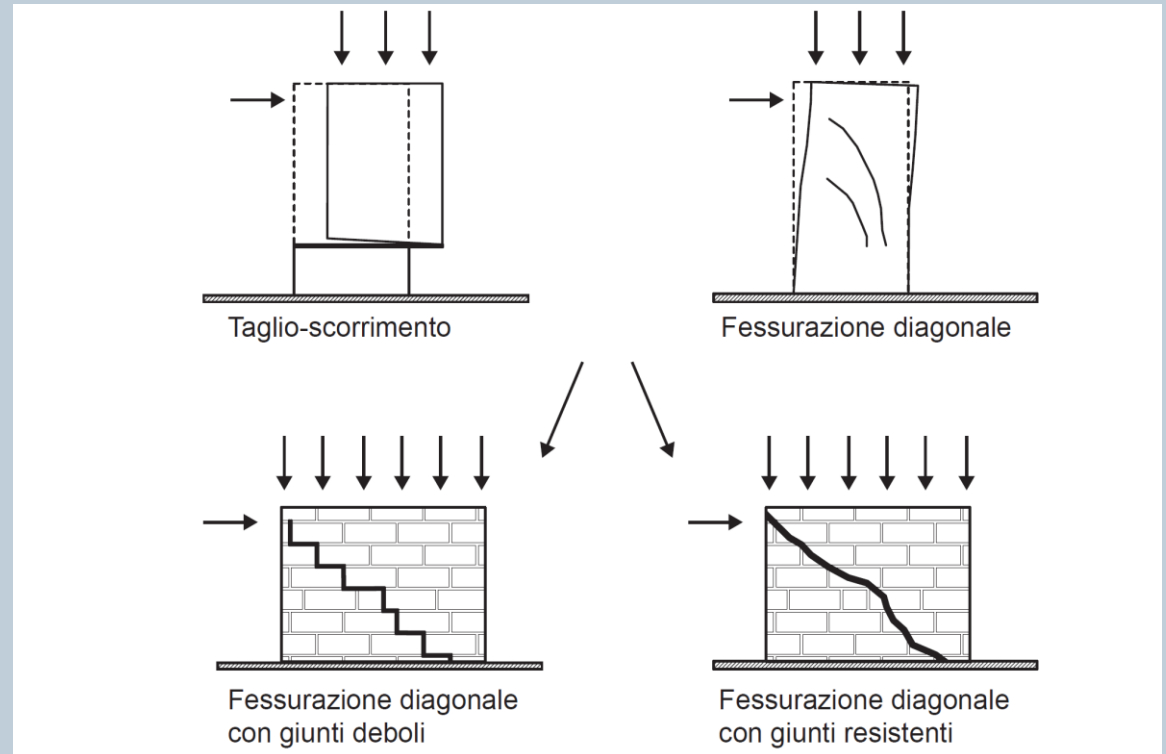
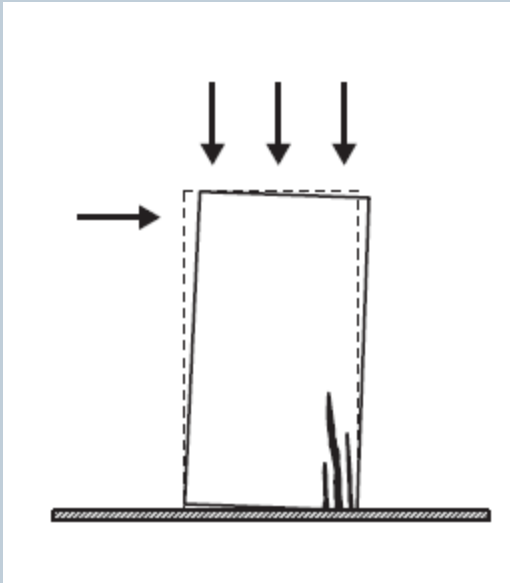


Fig. 1.2 – Meccanismi di flessione verticale
(Foto da: MEDEA - Zuccaro, Papa - 2003, DPC)



ANALISI LINEARE - EDIFICI IN MURATURA



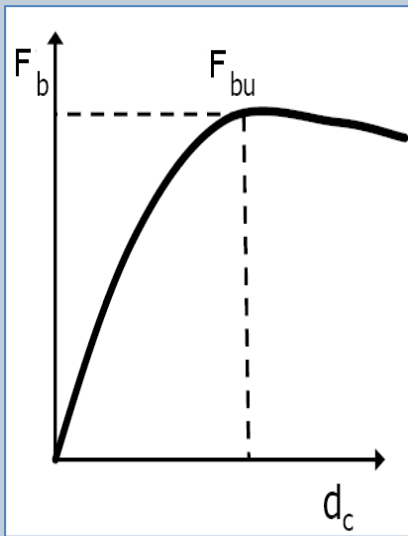
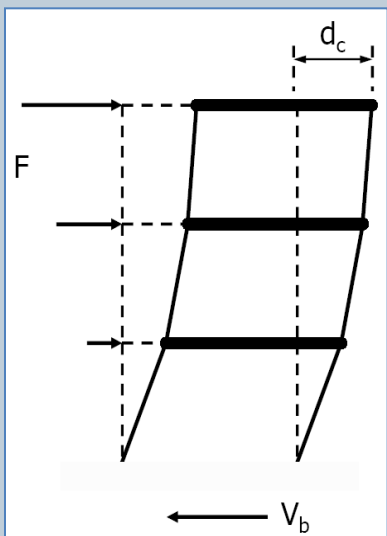
ANALISI LINEARE

Verifiche SLU secondo 4.5.6 (analisi statica) e 7.8.2 (analisi sismica)

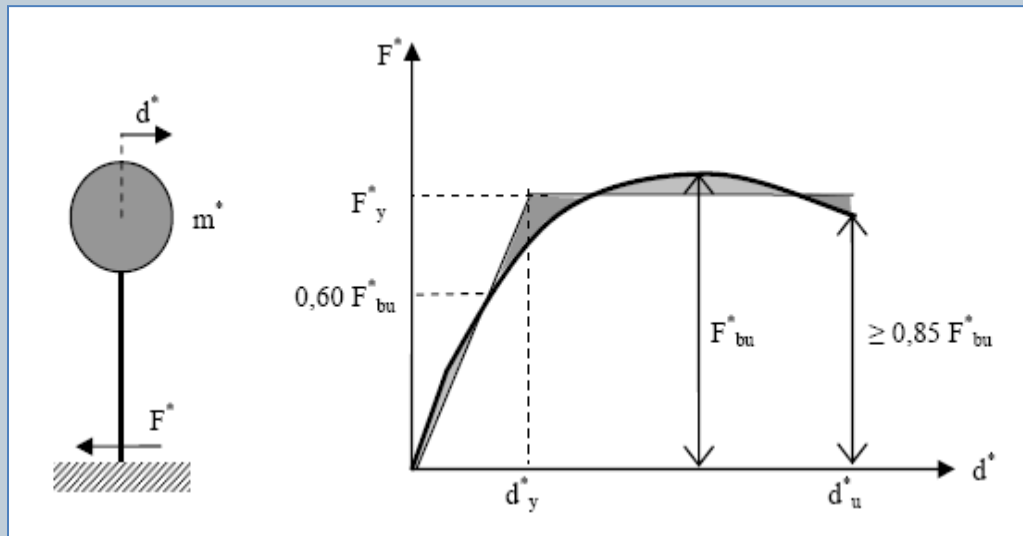
- Verifiche a pressoflessione nel piano dei setti
- Verifiche a pressoflessione fuori piano dei setti
- Verifiche a taglio nel piano dei setti
- Verifiche a flessione delle travi di accoppiamento (se considerate)
- Verifiche a taglio delle travi di accoppiamento (se considerate)

ANALISI NON LINEARE

Consiste nell'applicazione di un sistema di forze orizzontali distribuite F_b con distribuzione lineare (distribuzione 1) o costante sull'altezza (distribuzione 2) monotonamente crescenti fino al raggiungimento del collasso:



Curva di capacità resistente del sistema anelastico ad n gdl



sistema ad 1 gdl con comportamento bilineare equivalente

condizione di verifica **$d^*u > d^*max$**



Piedilama (Arquata del Tronto)
Dicembre 2016
foto: Ing. Stefania Arangio



Piedilama (Arquata del Tronto)
Dicembre 2016
foto: Ing. Stefania Arangio



Piedilama (Arquata del Tronto)
Dicembre 2016
foto: Ing. Stefania Arangio



Piedilama (Arquata del Tronto)
Dicembre 2016
foto: Ing. Stefania Arangio



Piedilama (Arquata del Tronto)
Dicembre 2016
foto: Ing. Stefania Arangio

