

LA PREVENZIONE SISMICA, IL SISMA BONUS E LE TECNICHE INNOVATIVE  
DUREVOLI E CERTIFICATE PER GLI INTERVENTI DI PROTEZIONE DEL  
PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE



## Sisma Bonus: Prevenzione e strategie di intervento

**Prof. MARCO DI LUDOVICO**

*University of Naples Federico II*

*Department of Structures for Engineering and Architecture*

*Email: [diludovi@unina.it](mailto:diludovi@unina.it)*



# SISMABONUS: LEGGE BILANCIO 2017



Governo Italiano  
Presidenza del Consiglio dei Ministri

Il Presidente

Il Governo

## Sisma bonus, le novità nella Legge di Bilancio 2017

Prorogata fino al 31 dicembre 2021 la detrazione per gli interventi di

*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*



Ministero delle  
Infrastrutture e dei  
Trasporti

## Al via la classificazione del Rischio Sismico delle costruzioni per prevenzione e Sismabonus

*Articolo 1, comma 2, lettera c) L. Stabilità 2017*

*Roma, 28 febbraio 2017*

*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

## LINEE GUIDA PER L'ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO SISMICO

***(Legge di Stabilità 2017, « SISMABONUS»)***

***Approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 20 febbraio  
2017, Presidente Massimo SESSA;***

***DM del Ministro Delrio il 28 febbraio 2017 (e 7 marzo 2017)***

# SISMABONUS: LEGGE DI BILANCIO 2017

## Detrazioni premianti con il Sismabonus della Stabilità 2017

Rispetto alle ristrutturazioni senza variazione di classe (50% quota di detrazione) le detrazioni per la prevenzione sismica aumentano notevolmente qualora si migliori l'edificio di una o due classi di Rischio Sismico

### CONDOMINI

#### SGRAVIO FISCALE

75% per incremento di una classe di rischio sismico

85% per incremento di almeno due classi di rischio

### CASE INDIPENDENTI

#### SGRAVIO FISCALE

70% per incremento di una classe di rischio sismico

80% per incremento di almeno due classi di rischio

Spesa  
incentivabile  
96.000 euro/u.i. e  
rimborso in  
cinque anni

# SISMABONUS: LEGGE DI BILANCIO 2017

Misure antisismiche	fino al 31 dicembre 2016	2017-2021
percentuale di detrazione	65%	50% 70% (75% per gli edifici condominiali) se, a seguito degli interventi, si passa a una classe di rischio inferiore 80% (85% per gli edifici condominiali) se, a seguito degli interventi, si passa a due classi di rischio inferiori
importo massimo su cui calcolare la detrazione	96.000	96.000 per gli interventi sulle parti comuni di edifici condominiali, 96.000 moltiplicato per il numero delle unità immobiliari dell'edificio
ripartizione della detrazione	10 quote annuali	5 quote annuali
zona sismica in cui deve trovarsi l'immobile	zone 1 e 2	zone 1, 2 e 3
utilizzo dell'immobile	abitazione principale o attività produttive	qualsiasi immobile a uso abitativo (non solo l'abitazione principale) e immobili adibiti ad attività produttive

Fonte: Agenzia delle Entrate

# SISMABONUS: LEGGE DI BILANCIO 2017

## Acquisto di case antisismiche

MISURA DELLA DETRAZIONE	IMPORTO MASSIMO	LE CONDIZIONI
75% del prezzo di acquisto (se si passa a una classe di rischio inferiore)	96.000 euro per ogni unità immobiliare	<ul style="list-style-type: none"><li>• gli immobili interessati sono quelli che si trovano nei Comuni ricadenti in una zona classificata "a rischio sismico 1"</li><li>• devono far parte di edifici demoliti e ricostruiti per ridurre il rischio sismico</li><li>• i lavori devono essere stati effettuati da imprese di costruzione e ristrutturazione immobiliare che entro 18 mesi dal termine dei lavori vendono l'immobile</li></ul>
85% del prezzo di acquisto (se si passa a due classi di rischio inferiori)		

Nei Comuni che si trovano in zone classificate a "rischio sismico 1", chi compra l'immobile nell'edificio ricostruito può usufruire di una detrazione pari, rispettivamente, al 75 o all'85% del prezzo di acquisto della singola unità immobiliare, come riportato nell'atto pubblico di compravendita, entro un'ammontare massimo di 96.000 euro.

Fonte: Agenzia delle Entrate

# SISMABONUS: LEGGE BILANCIO 2018



Governo Italiano  
Presidenza del Consiglio dei Ministri

## Legge di Bilancio 2018

È in vigore dal 1° gennaio la Legge di Bilancio 2018, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2018 e bilancio pluriennale per il triennio 2018-2020 (L. 27 dicembre 2017, n. 205 pubblicata nella G.U. n.302 del 29/12/2017).

**27 dicembre 2017**

Il relativo disegno di legge, approvato dal [Consiglio dei Ministri del 16 ottobre 2017](#), è stato presentato dal Presidente Gentiloni e dal Ministro dell'Economia Padoan nel corso della successiva [conferenza stampa](#).

## AGEVOLAZIONI PER LA CASA

- Sono prorogate al 31 dicembre 2018 le **detrazioni per interventi di ristrutturazione edilizia**, per l'acquisto di mobili ed elettrodomestici (**bonus mobili**) e, con alcune novità, quelle per l'efficientamento energetico degli edifici (**ecobonus**).
- Per le spese relative agli **interventi finalizzati congiuntamente alla riduzione del rischio sismico e alla riqualificazione energetica**, effettuati su parti comuni di edifici condominiali nelle zone sismiche 1, 2 e 3, in alternativa alle detrazioni previste dall'ecobonus e dal sisma bonus, si può usufruire di una detrazione dell'80% o dell'85% se gli interventi adottati comportano una riduzione del rischio sismico rispettivamente di una o due classi.

**Sisma&Eco Bonus**  
**Zone sismiche 1,2,3**  
**Detrazione 80% - 85%**  
**(riduzione di una o più classi di rischio sismico)**

# SISMABONUS: LEGGE BILANCIO 2017

Febbraio 2017, nasce il

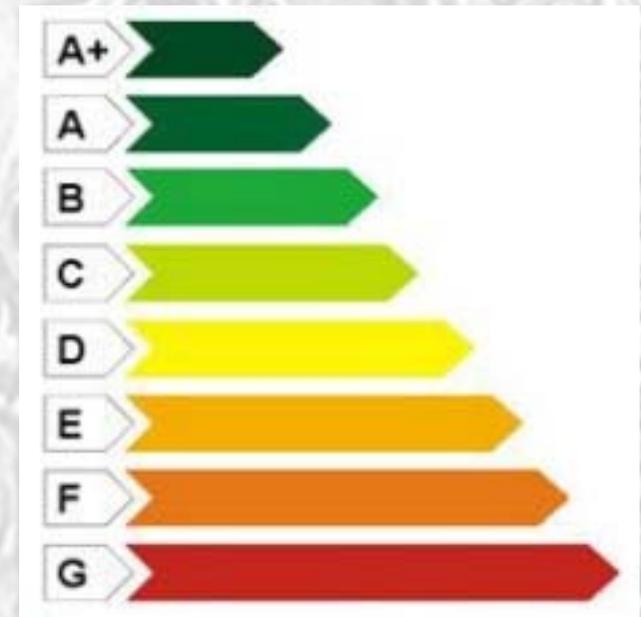
## SISMABONUS

D.M. 58 – 28/02/2017

- Incentivi fiscali per interventi di rafforzamento sismico

**LINEE GUIDA PER L'ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO SISMICO**

- Definizione classe di rischio (da **A+** a **G**)
- Valutazione incremento di classe a seguito di interventi
- Metodo semplificato e metodo convenzionale per determinazione classe



# CLASSI DI RISCHIO

➤ Come si calcola la classe di rischio?

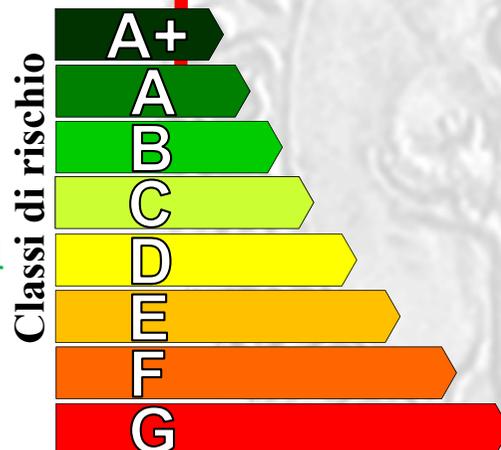
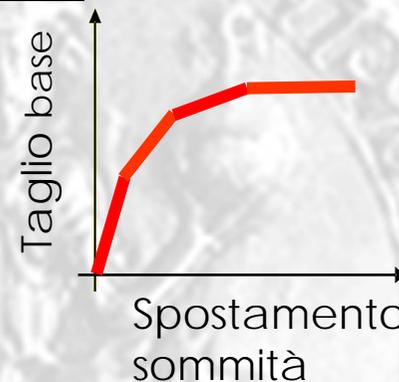
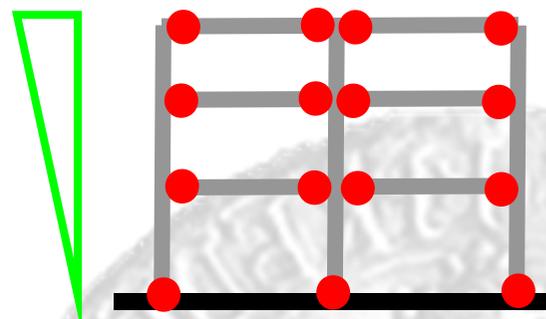
Classe minima tra quella relativa a:

*Analisi delle perdite attese*



**Calcolo Perdita Annua  
Media Attesa: PAM  
Classe PAM**

*Indice di sicurezza*



**Calcolo sicurezza  
allo SLV  
Classe IS-V**

# CLASSI DI RISCHIO

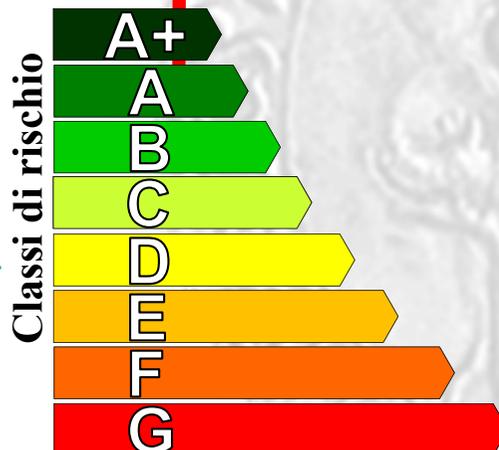
➤ Come si calcola la classe di rischio?

Classe minima tra quella relativa a:

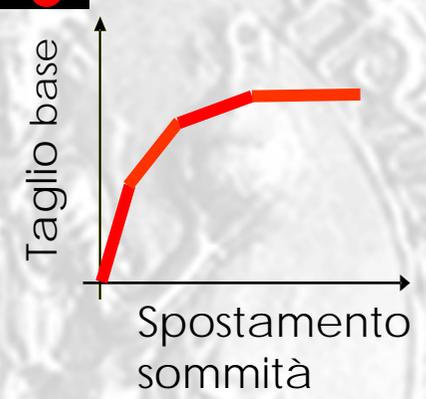
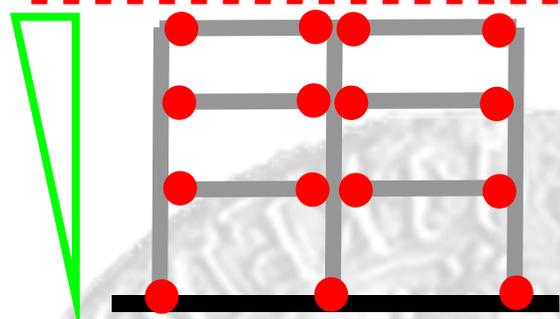
*Analisi delle perdite attese*



**Calcolo Perdita Annua  
Media Attesa: PAM  
Classe PAM**



**Indice di sicurezza**



**Calcolo sicurezza  
allo SLV  
Classe IS-V**

# INTRODUZIONE - STATI LIMITE

- *Cosa cambia rispetto alla valutazione della sicurezza di un edificio esistente?*

## D.M. 14.01.08 – CAP. 8

### 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La **valutazione della sicurezza** e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti **potranno essere** eseguiti con riferimento ai soli **SLU (Stati Limiti Ultimi)**.

Nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli **SLE (Stati limiti Esercizio)** i **relativi livelli di prestazione** possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto:

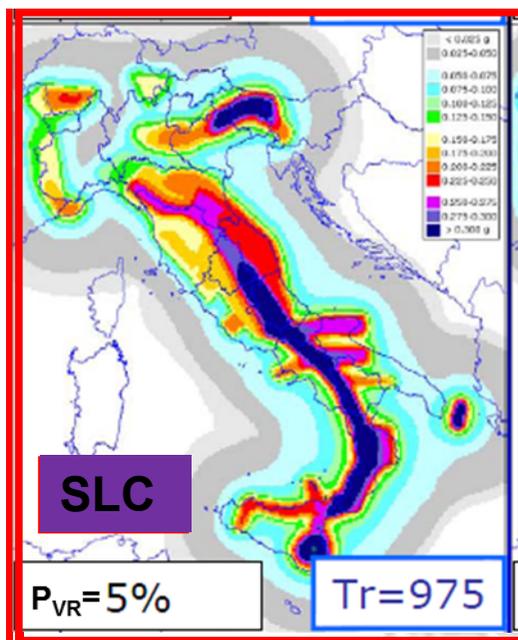
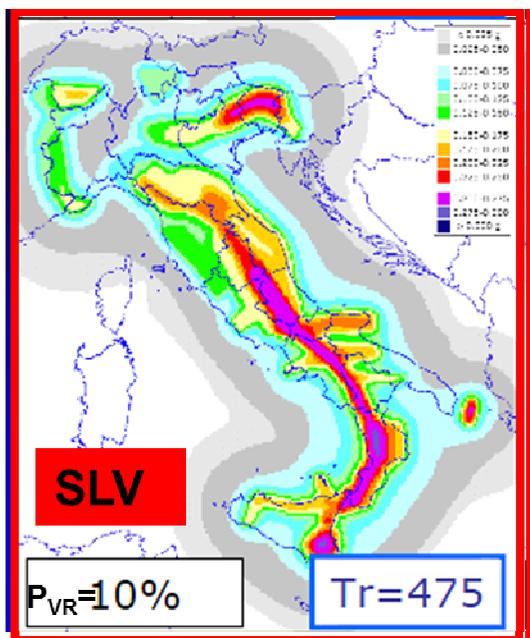
- alla condizione di **Salvaguardia della Vita Umana (SLV)**
- o in alternativa, alla **Condizione di Collasso (SLC)**.

**E ora?.....per la definizione del PAM e quindi della classe di rischio è necessaria la valutazione anche allo SLE (Stato limite di Esercizio, almeno allo SLD)**



# AZIONE SISMICA – Spettro Elastico

\*  $V_R = 50$  anni per edifici ordinari di classe II ( $V_N=50$ ;  $C_u=1$ )



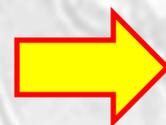
$P_{VR}$  Probabilità di superamento nel periodo di riferimento

$T_R$  Periodo di ritorno dell'azione sismica

New

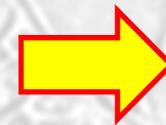
$\lambda =$  frequenza media annua di superamento ( $1/T_R$ )

**SLV**  $P_{VR} = 10\%$   $T_R = 475$  anni



$\lambda = 0,21\%$

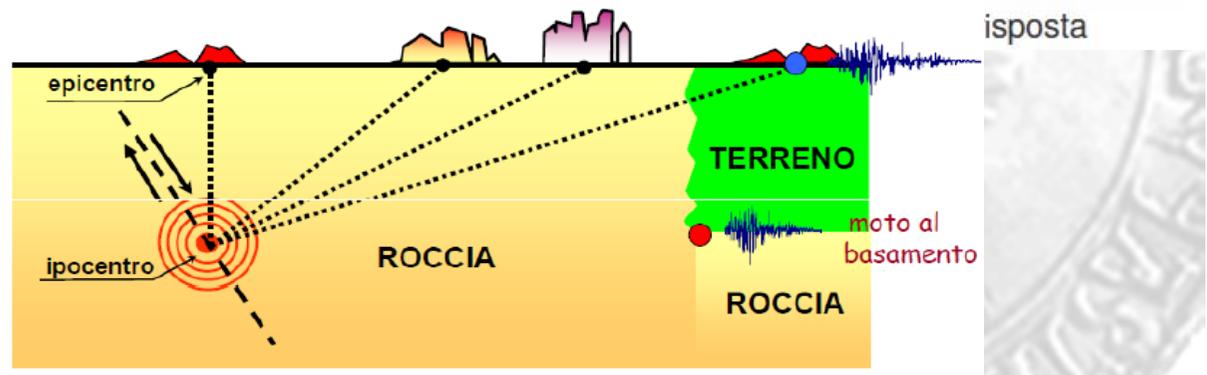
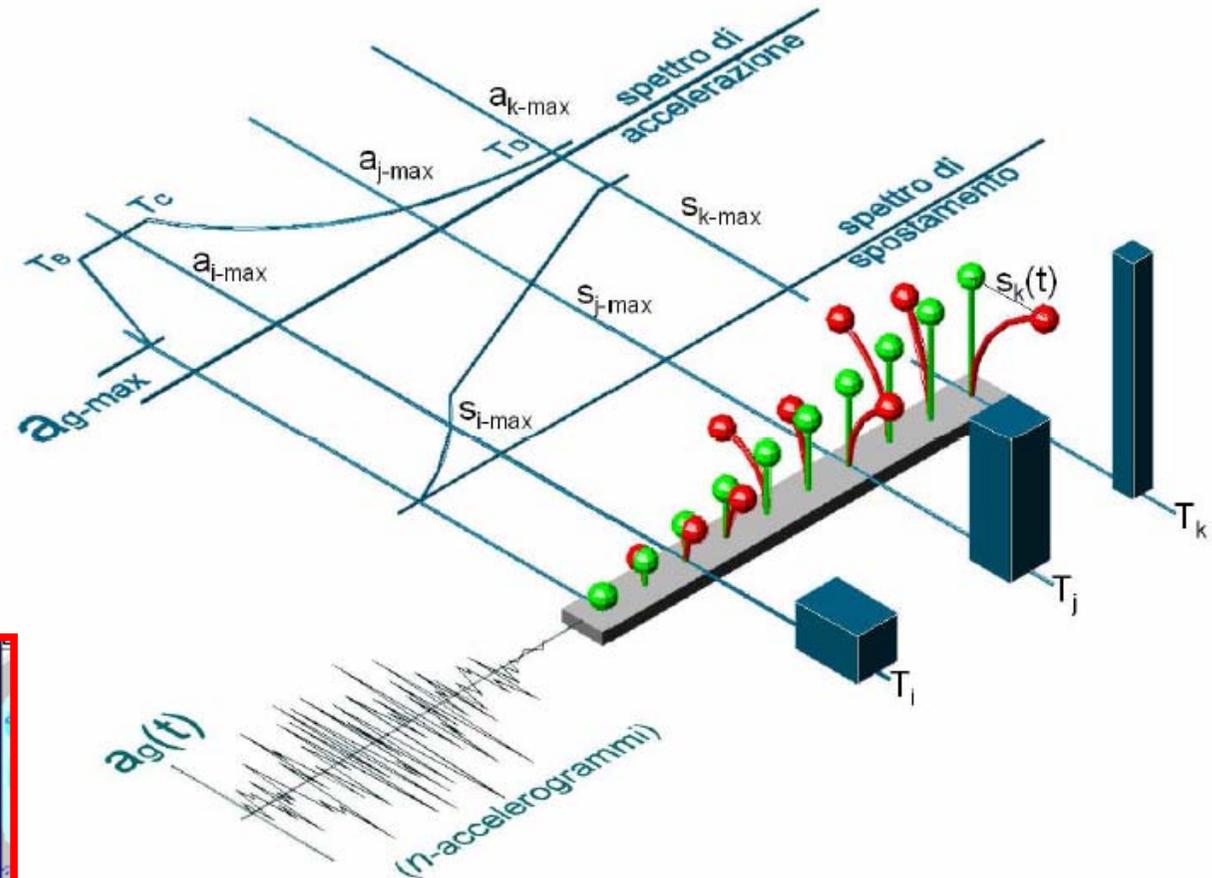
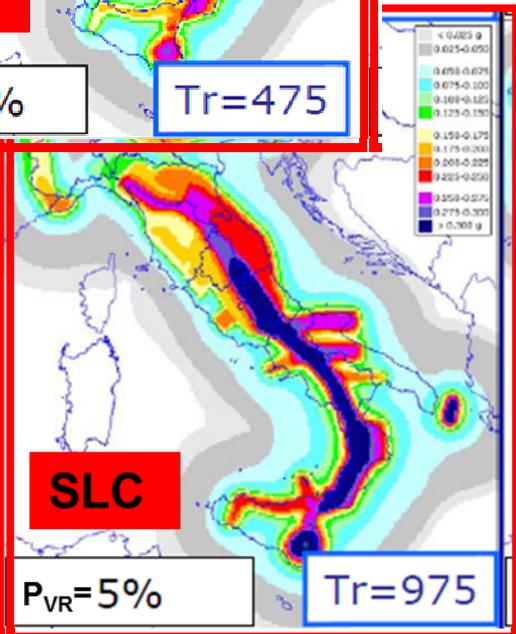
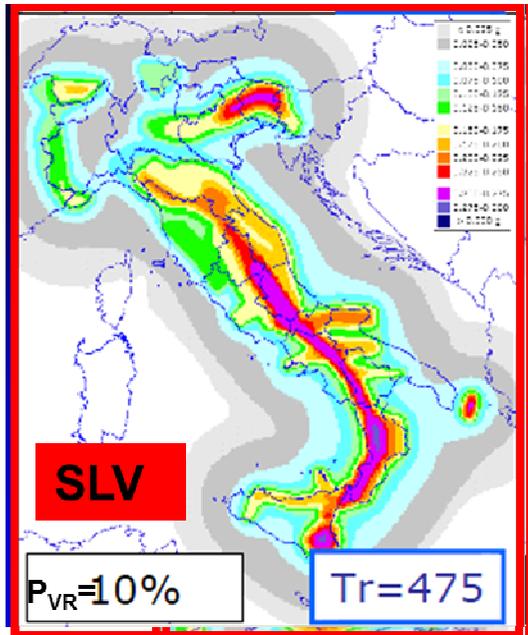
**SLC**  $P_{VR} = 5\%$   $T_R = 975$  anni



$\lambda = 0,10\%$

# AZIONE SISMICA – Spettro Elastico

\*  $V_R = 50$  anni per edifici ordinari di classe II ( $V_N=50$ ;  $C_u=1$ )



# CLASSI DI RISCHIO

## ➤ Come si calcola la classe di rischio?

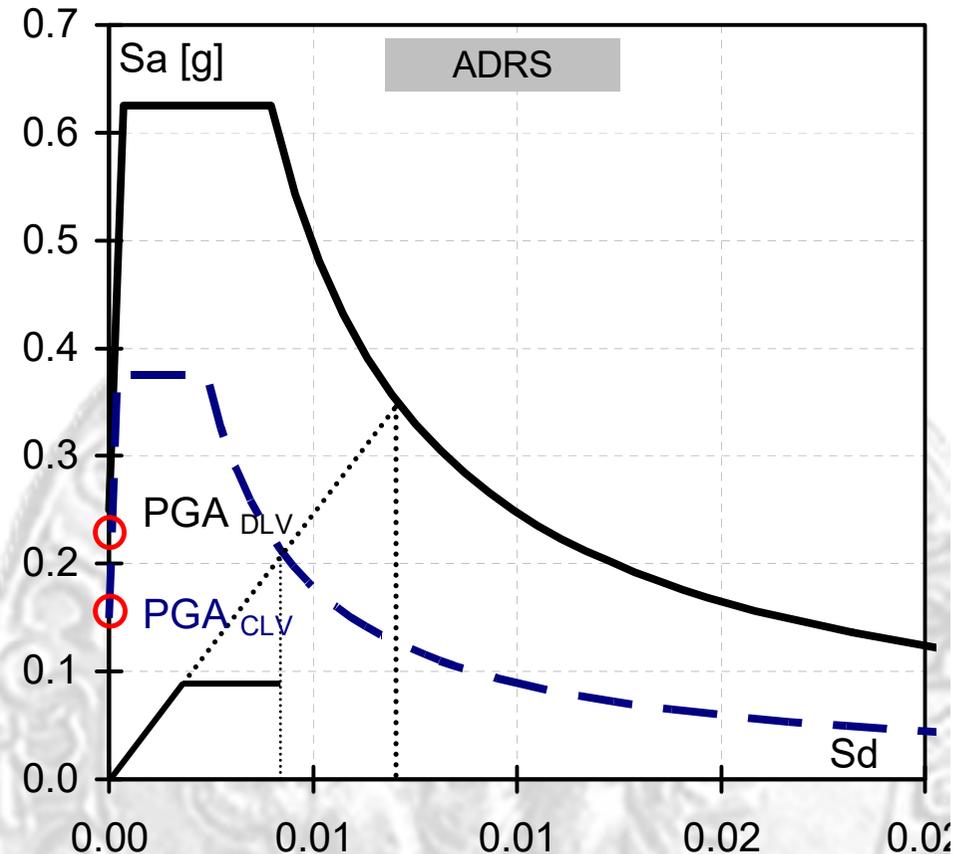
**Indice di sicurezza**

**Calcolo sicurezza allo SLV**  
**Classe IS-V**

$$IS-V = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}}$$

$PGA_{DLV}$  = accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento che ha una probabilità di essere superato pari al 10% ( $P_{vr}=10\%$ ) in un tempo pari al periodo di riferimento dell'opera (SLV)

$PGA_{CLV}$  = accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento che può essere sostenuta dalla struttura senza attingere meccanismi di crisi



# CLASSI DI RISCHIO

## ➤ Come si calcola la classe di rischio?

**Classe minima tra quella relativa a:**

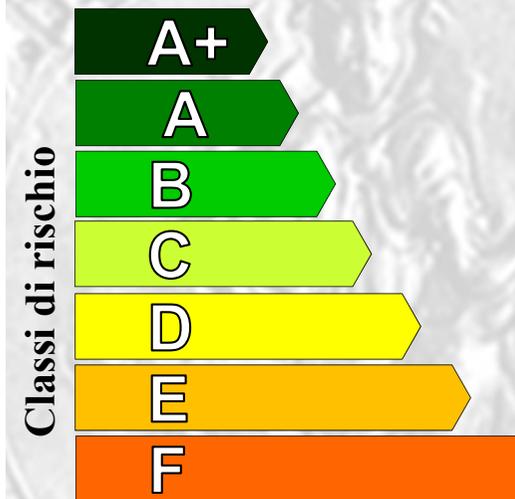
**Indice di sicurezza**

**Calcolo sicurezza allo SLU**

**Classe IS-V**

$$IS-V = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}}$$

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	$A^+_{IS-V}$
$100\% \leq IS-V < 80\%$	$A_{IS-V}$
$80\% \leq IS-V < 60\%$	$B_{IS-V}$
$60\% \leq IS-V < 45\%$	$C_{IS-V}$
$45\% \leq IS-V < 30\%$	$D_{IS-V}$
$30\% \leq IS-V < 15\%$	$E_{IS-V}$
$IS-V \leq 15\%$	$F_{IS-V}$



Un edificio di nuova progettazione ricade in classe IS-V: A

# Classe di rischio – Indice di sicurezza

➤ E per un edificio esistente?

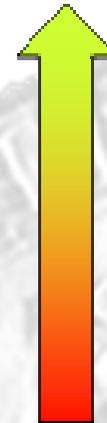
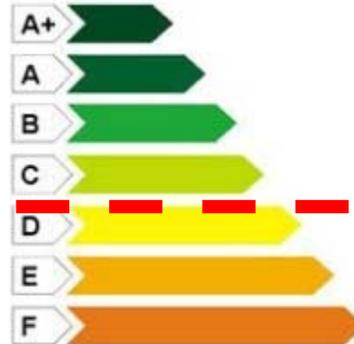
**Indice di sicurezza  
(stato limite ultimo)**

**SLV**

$$IS-V = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}}$$

CLASSI DI RISCHIO SISMICO IN BASE AL IS-V  
«INDICE DI SICUREZZA RISPETTO ALLO SLV»

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

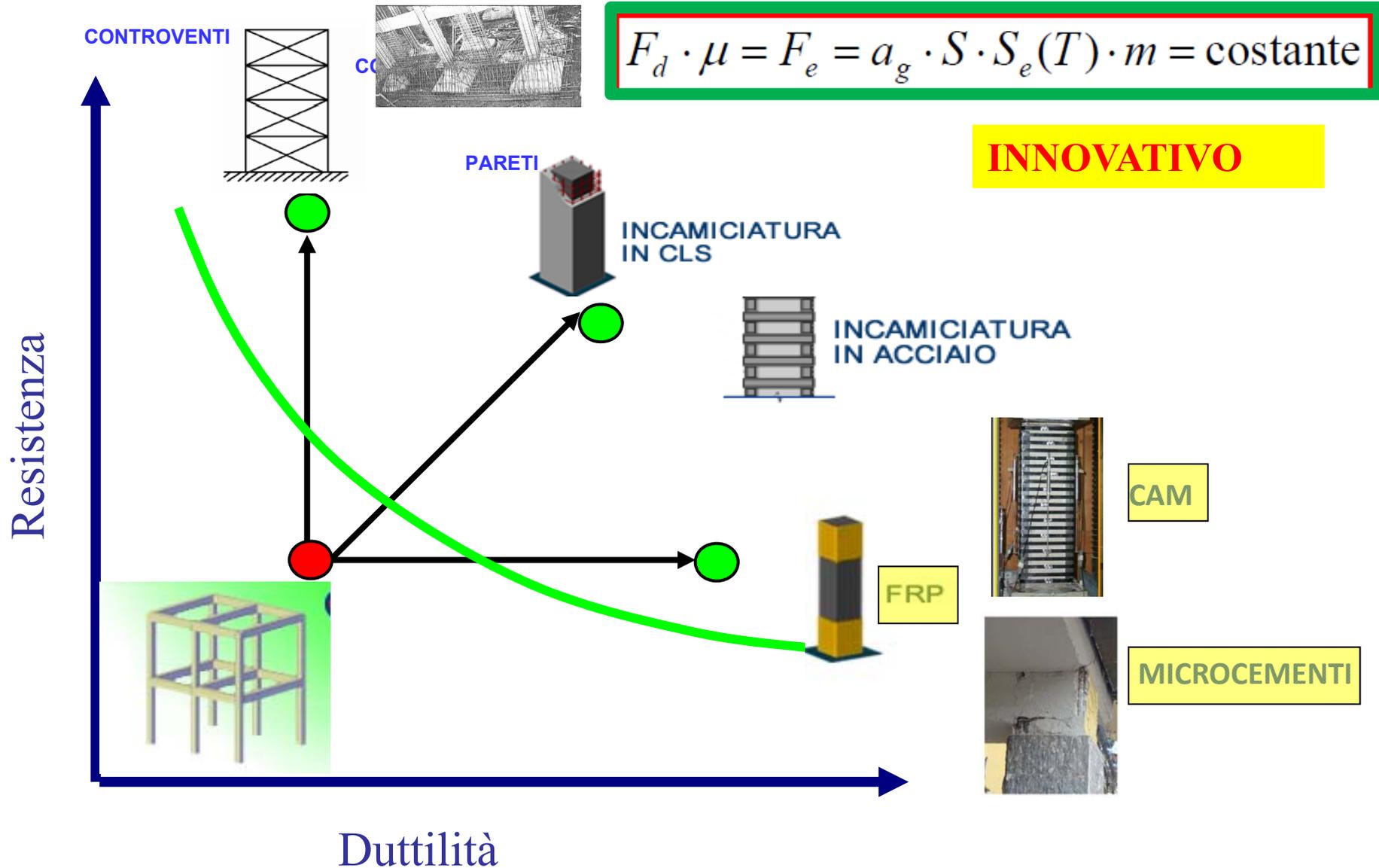


**Come??**



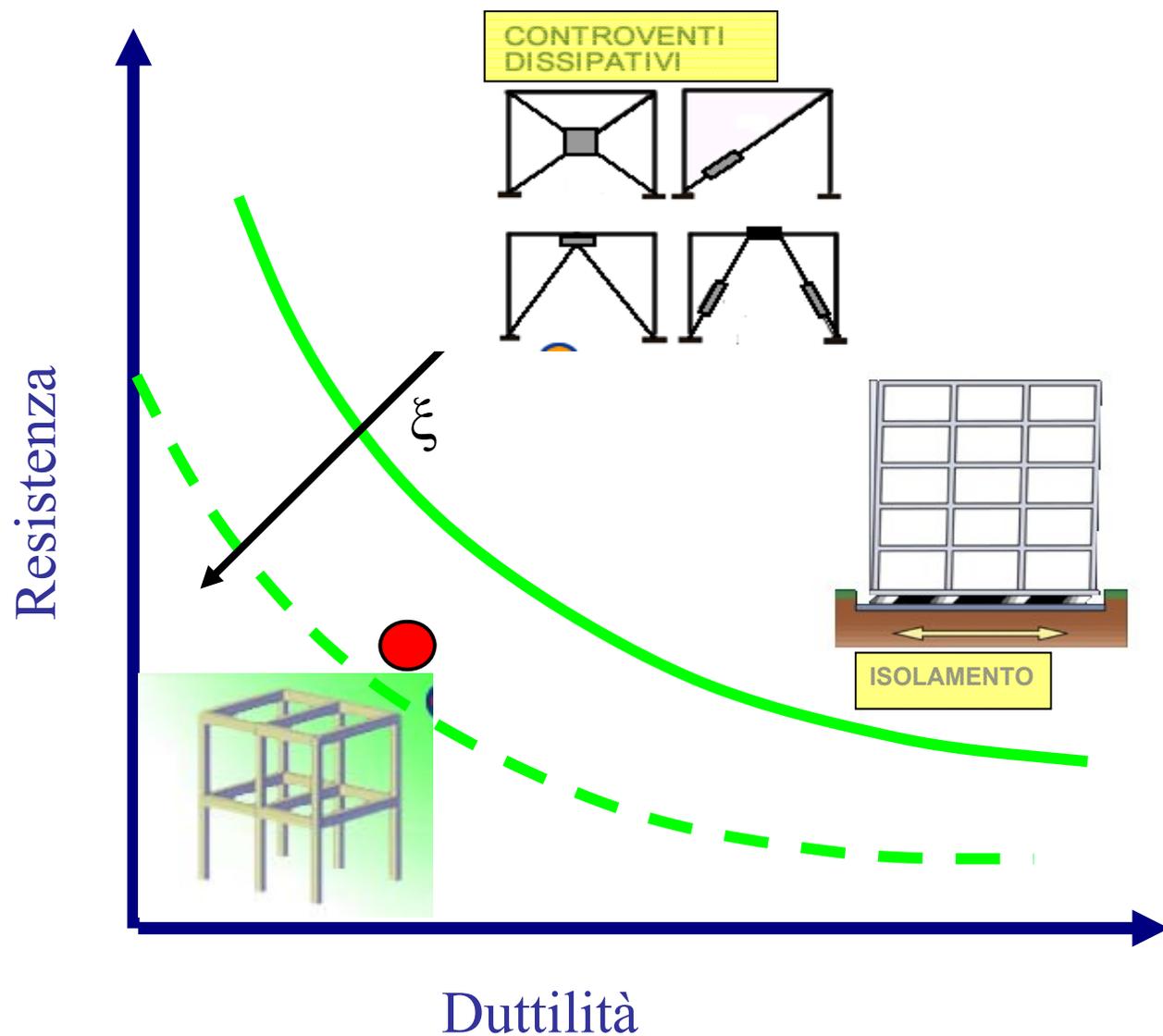
# Edifici in c.a - Interventi

## • Incremento di capacità



# Edifici in c.a. - Interventi

- Riduzione della domanda

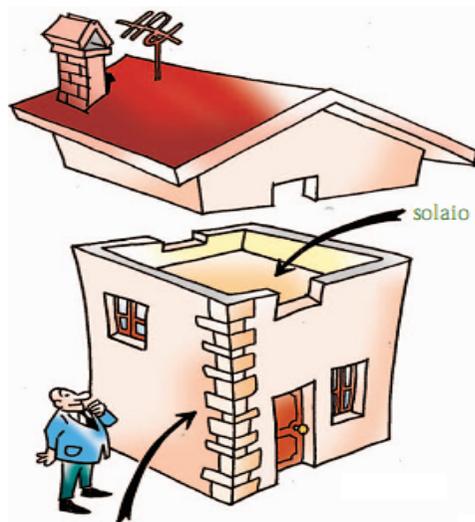
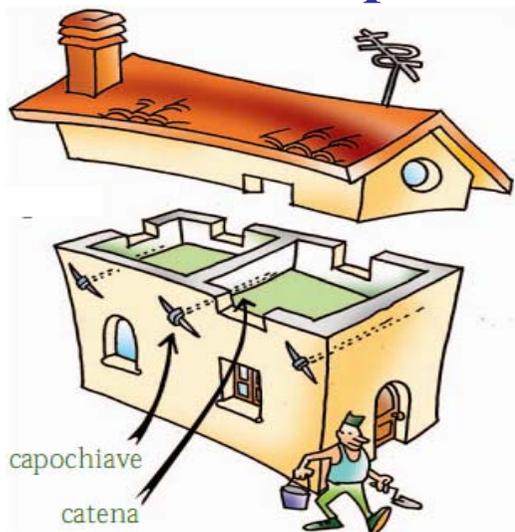


**INNOVATIVO**



# Edifici in muratura - Interventi

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali Edifici in MURATURA



L'AQUILA 2009



AMATRICE 2016



L'AQUILA 2009

# CLASSI DI RISCHIO

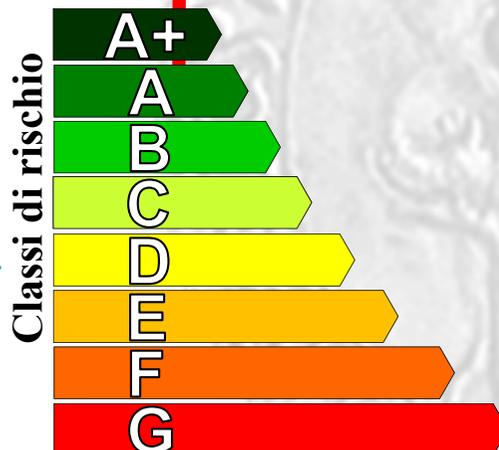
➤ Come si calcola la classe di rischio?

Classe minima tra quella relativa a:

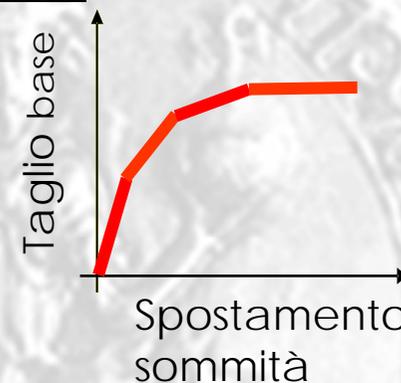
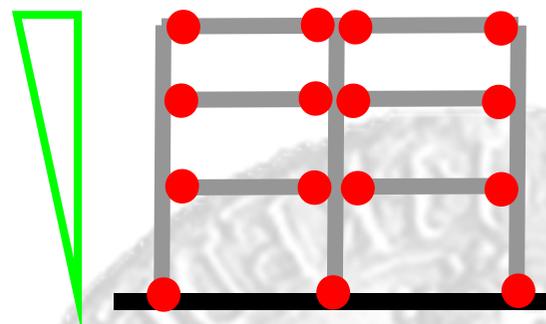
**Analisi delle perdite attese**



**Calcolo Perdita Annua  
Media Attesa: PAM  
Classe PAM**



**Indice di sicurezza**



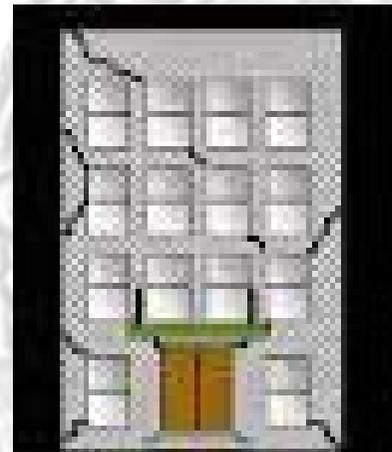
**Calcolo sicurezza  
allo SLV  
Classe IS-V**

# INTRODUZIONE - STATI LIMITE

## ➤ Cosa cambia rispetto alla valutazione della sicurezza di un edificio esistente?

Definizione Stati Limite NTC (2008) – Edificio residenziale ( $V_R=50$  anni)

Stato Limite	Evento	$P_{VR}$	$V_R$ (anni)	$T_R$ (anni)	$\lambda$ (%)
		Probabilità di superamento	Periodo di riferimento	Periodo di ritorno	Frequenza media annua di superamento
<b>SLU</b>	Salvaguardia vita (SLV)	10%	50	475	0.21
		5%	50	975	0.10



(SLV)

Raro

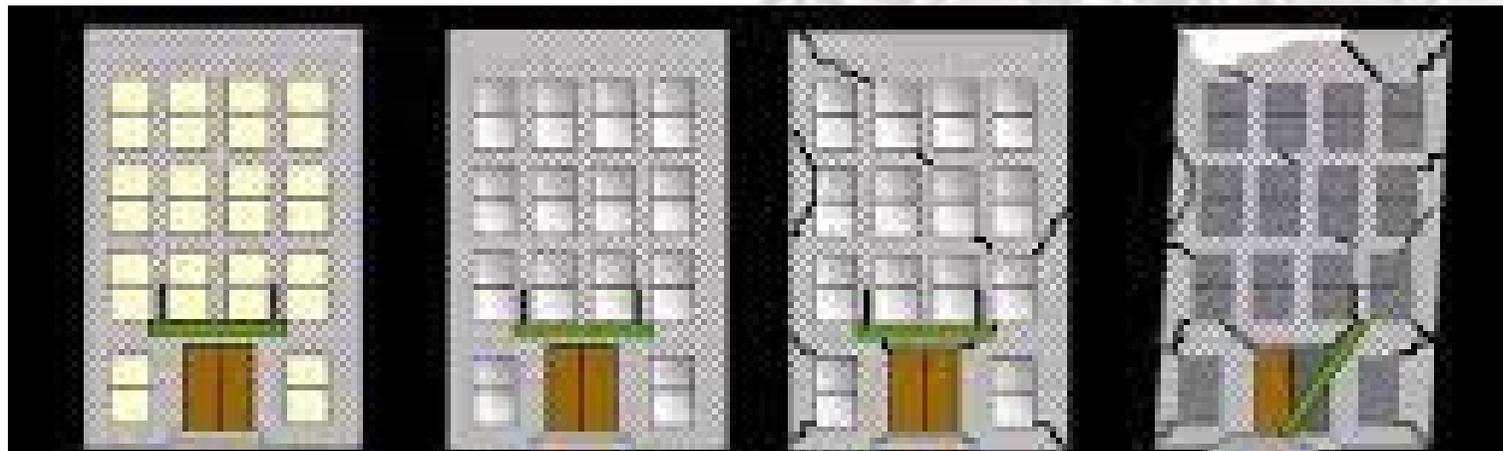


# INTRODUZIONE - STATI LIMITE

- Cosa cambia rispetto alla valutazione della sicurezza di un edificio esistente?

Definizione Stati Limite NTC (2008) – Edificio residenziale ( $V_R=50$  anni)

	Stato Limite	Evento	$P_{VR}$	$V_R$ (anni)	$T_R$ (anni)	$\lambda$ (%)
SLE	Operatività (SLO)	Frequente	81%	50	30	3.3
	Danno (SLD)	Occasionale	63%	50	50	2.0
SLU	Salvaguardia vita (SLV)	Raro	10%	50	475	0.21
	Collasso (SLC)	Molto raro	5%	50	975	0.10



(SLO)

(SLD)

(SLV)

(SLC)

Frequente

Occasion.

Raro

Molto raro

# CLASSI DI RISCHIO

## ➤ Come si calcola la classe di rischio?

**Classe minima tra quella relativa a:**

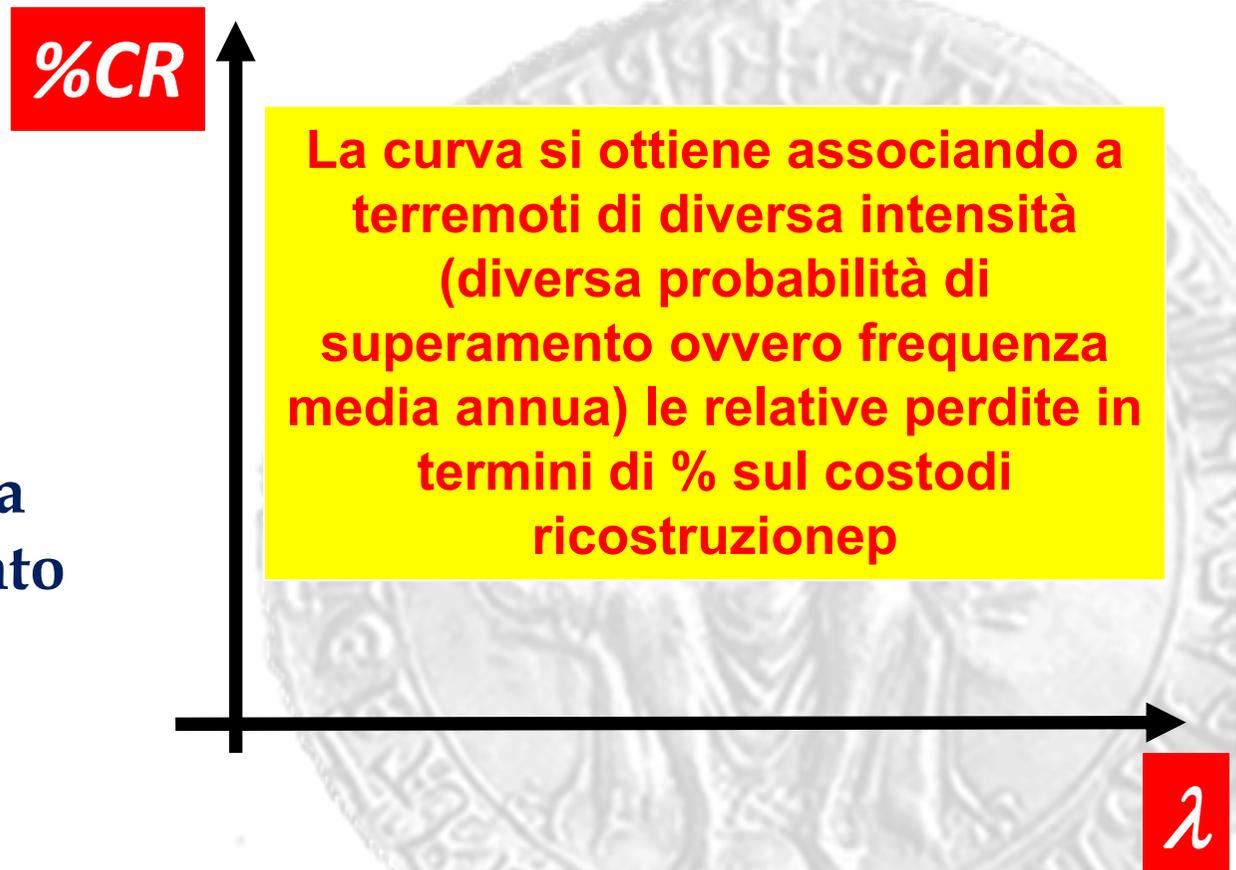
**Analisi delle perdite attese**

**Classe PAM**

Si determina la **Perdita Attesa Media** Annua come l'area sottesa alla curva  $\%CR - \lambda$

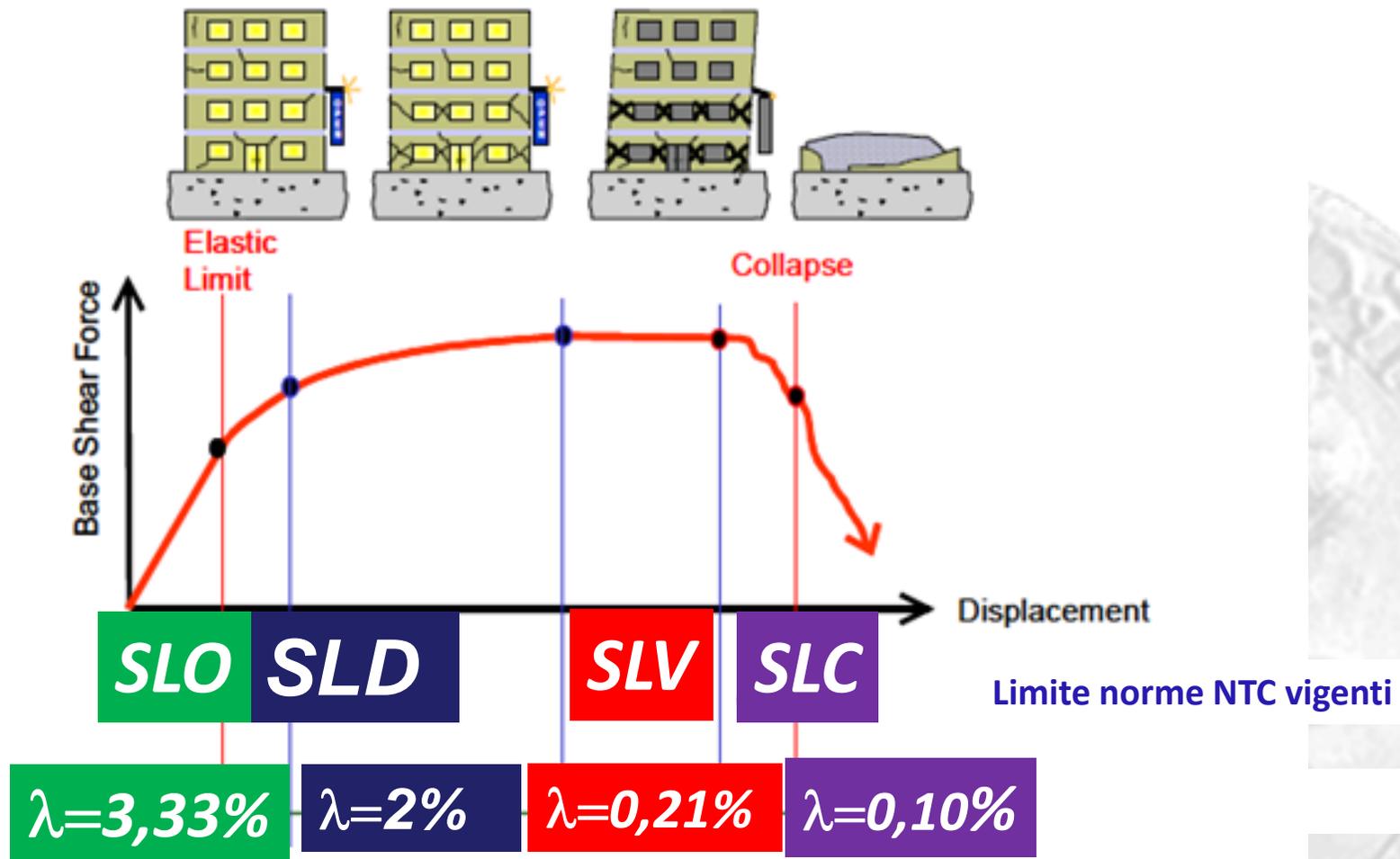
$\%CR = \% \text{ costo di ricostruzione}$

$\lambda = \text{frequenza media annua di superamento}$   
( $1/T_R$ )



# COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO

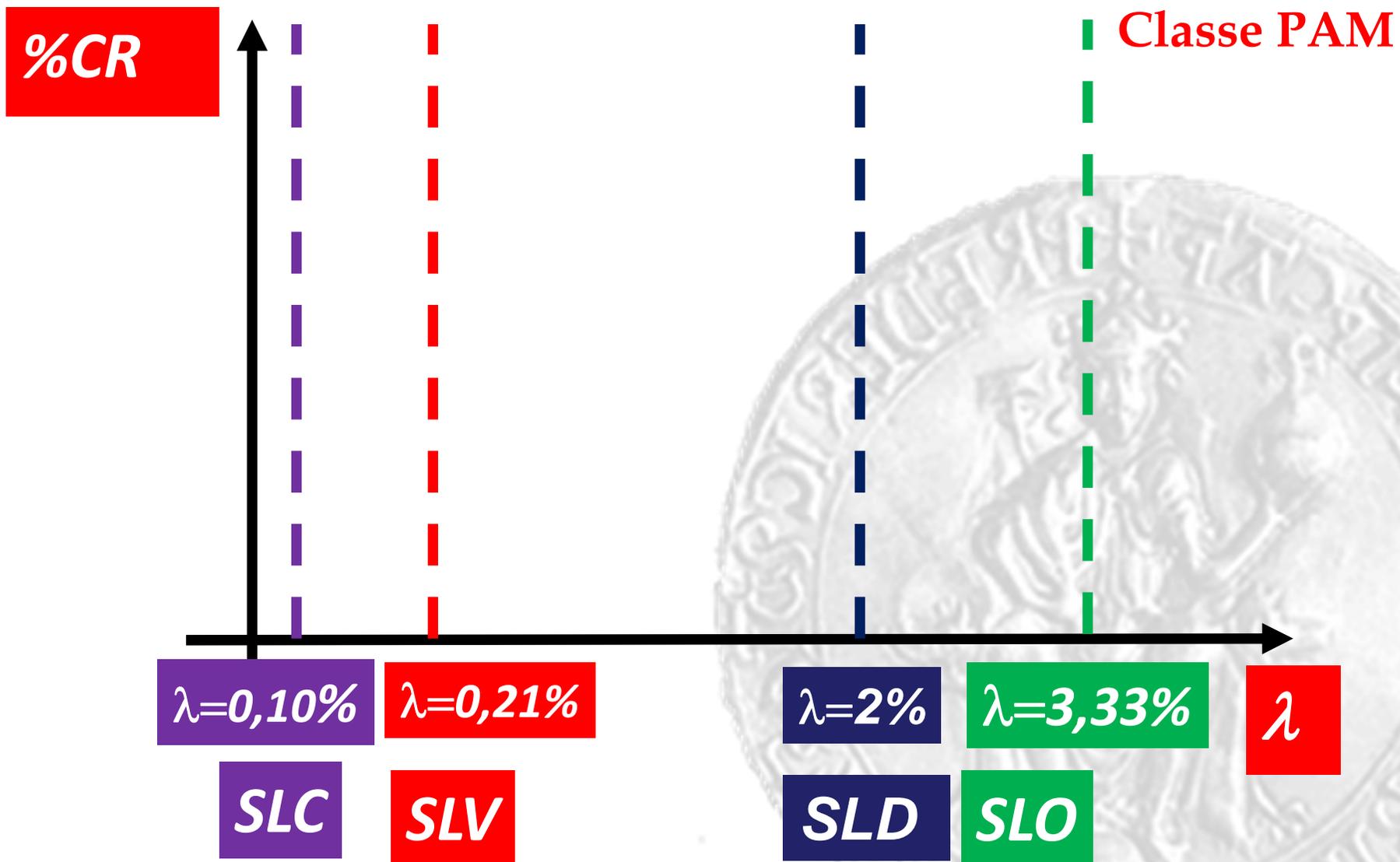
- ✓ Edificio nuovo (progettato in accordo con le NTC)



# CLASSI DI RISCHIO

➤ Come si calcola la classe di rischio?

Classe minima tra quella relativa a:



# COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO

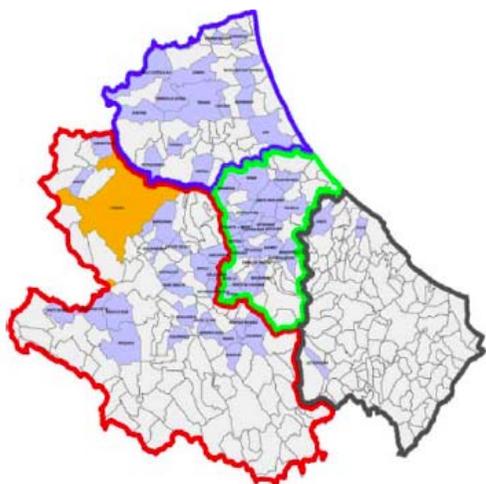
- ✓ Edificio nuovo (progettato in accordo con le NTC)

<b>SLO</b>	<b>Freq. annuale <math>\lambda=3,33\%</math></b>	<b>CR=7%</b>
<b>SLD</b>	<b>Freq. annuale <math>\lambda=2\%</math></b>	<b>CR=15%</b>
<b>SLV</b>	<b>Freq. annuale <math>\lambda=0,21\%</math></b>	<b>CR=50%</b>
<b>SLC</b>	<b>Freq. annuale <math>\lambda=0,10\%</math></b>	<b>CR=80%</b>

LE VALUTAZIONI DI «CR» CALIBRATE SUI DATI DEI RECENTI TERREMOTI ITALIANI (L'AQUILA 2009)

# Danni indotti da sisma

➤ Terremoto di L'Aquila – 3:32 a.m, 6 Aprile, 2009 (Mw=6,3)



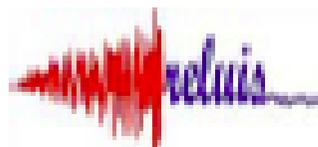
**RICOSTRUZIONE: Edilizia private fuori dai centri storici**

**20.000 pratiche di richiesta contributo**

**5.775 Edifici**

**(4.885 L'Aquila- 920 Altri comuni)**

**Filiera**



reluis FINTECNA CINEAS

Libro bianco  
sulla ricostruzione privata  
fuori dai centri storici  
nei comuni colpiti dal sisma  
dell'Abruzzo del 6 aprile 2009

a cura di  
Mauro Dolce  
Gaetano Manfredi

**Download gratuito**  
[www.reluis.it](http://www.reluis.it)

d/

# Danni indotti da sisma

➤ Terremoto di L'Aquila – 3:32 a.m, 6 Aprile, 2009 (Mw=6,3)



**RICOSTRUZIONE:** Edilizia privata fuori dai centri storici

**Ricostruzione Leggera:** 3.564 Edifici

**Ricostruzione Pesante:** 2.211 Edifici

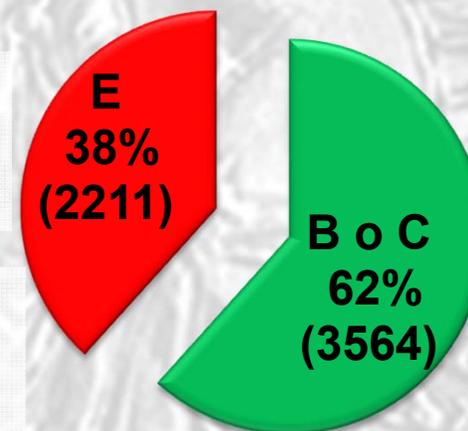
**Agibilità  
Scheda AeDES**

A	Edificio AGIBILE	<input type="checkbox"/>
B	Edificio TEMPORANEAMENTE INAGIBILE (tutto o parte) ma AGIBILE con provvedimenti di pronto intervento	<input type="checkbox"/>
C	Edificio PARZIALMENTE INAGIBILE	<input checked="" type="checkbox"/>
D	Edificio TEMPORANEAMENTE INAGIBILE da rivedere con approfondimento	<input type="checkbox"/>
E	Edificio INAGIBILE	<input type="checkbox"/>
F	Edificio INAGIBILE per rischio esterno	<input type="checkbox"/>



**Esito B or C  
Danno Leggero**

**Esito E  
Danno Severo**



# Danni indotti da sisma

➤ Terremoto di L' Aquila – 3:32 a.m, 6 Aprile, 2009 (Mw=6,3)

**Ricostruzione Leggera: 3.564 Edifici**

**Ricostruzione Pesante: 2.211 Edifici**

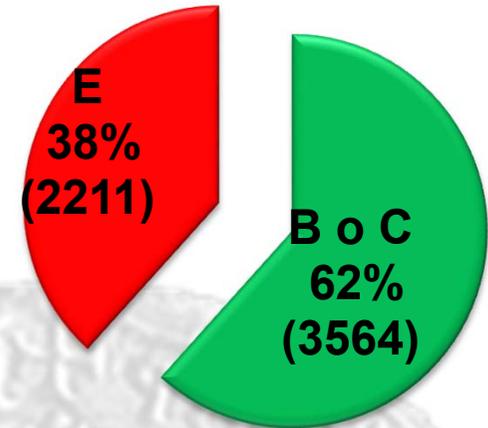


Esito B or C

Danno Leggero

Esito E

Danno Severo



Esito di agibilità	Tipologia costruttiva	N° edifici [-]	Costo mediano di riparazione [€/mq]	16p.le	84p.le	COV
B o C	c.a./mur	1598	196	82	315	64%
E	c.a./mur	447	498	310	685	37%

costo di ricostruzione di circa 1,200 €/mq:

**SLD**

Esito B-C  $196 / 1200 = 16\% \text{ CR}$

6% - 24%

**SLV**

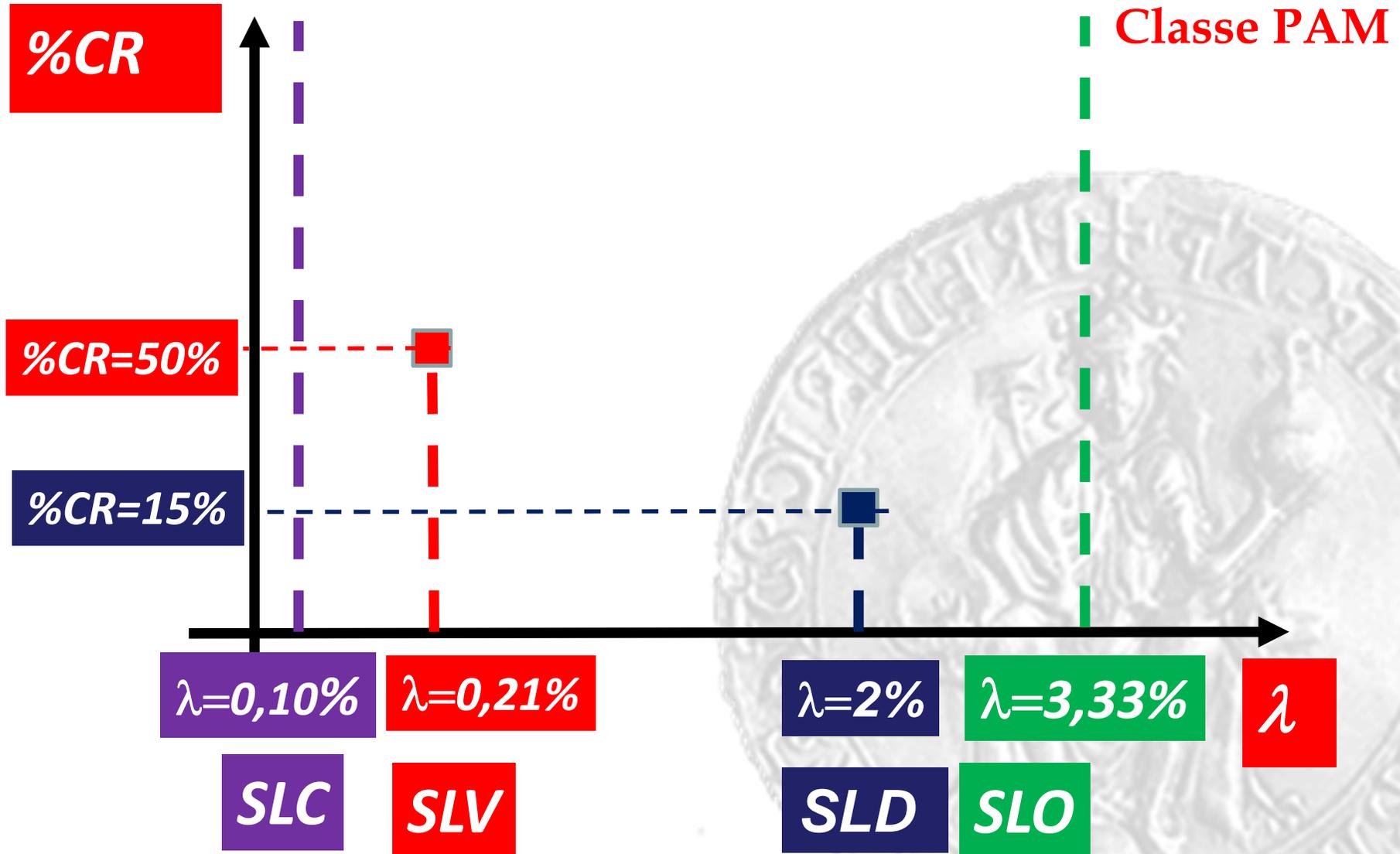
Esito E  $533 / 1200 = 42\% \text{ CR}$

28% - 60%

# CLASSI DI RISCHIO

➤ Come si calcola la classe di rischio?

Classe minima tra quella relativa a:

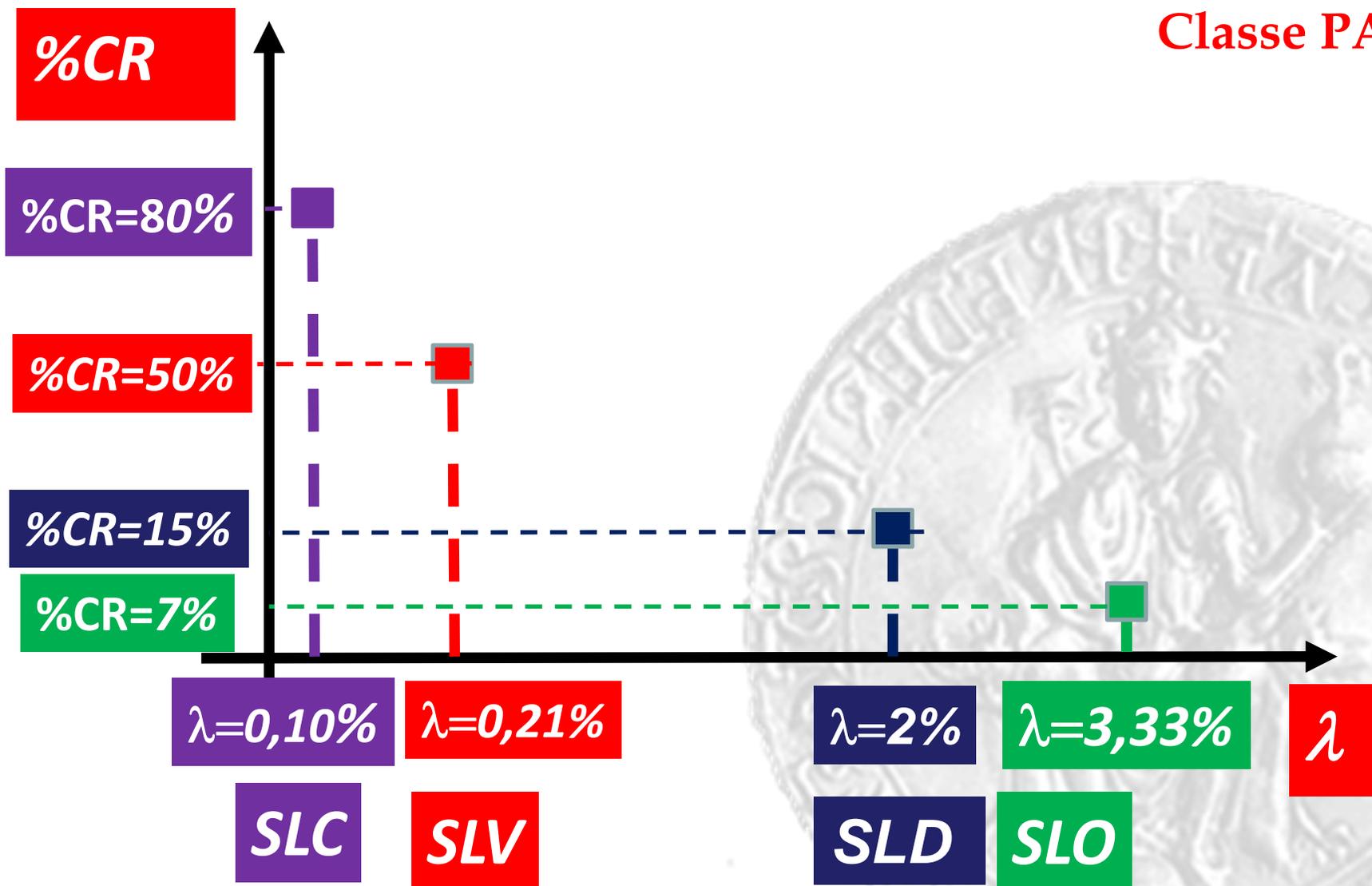


# CLASSI DI RISCHIO

➤ Come si calcola la classe di rischio?

Classe minima tra quella relativa a:

Classe PAM



# COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO

- ✓ Edificio nuovo (progettato in accordo con le NTC)

**SLID**

**Freq. annuale  $\lambda=10\%$**

**CR=0%**

Danno Iniziale

**SLO**

**Freq. annuale  $\lambda=3,33\%$**

**CR=7%**

**SLD**

**Freq. annuale  $\lambda=2\%$**

**CR=15%**

**SLV**

**Freq. annuale  $\lambda=0,21\%$**

**CR=50%**

**SLC**

**Freq. annuale  $\lambda=0,10\%$**

**CR=80%**

**SLR**

**Freq. annuale  $\lambda=0\%$**

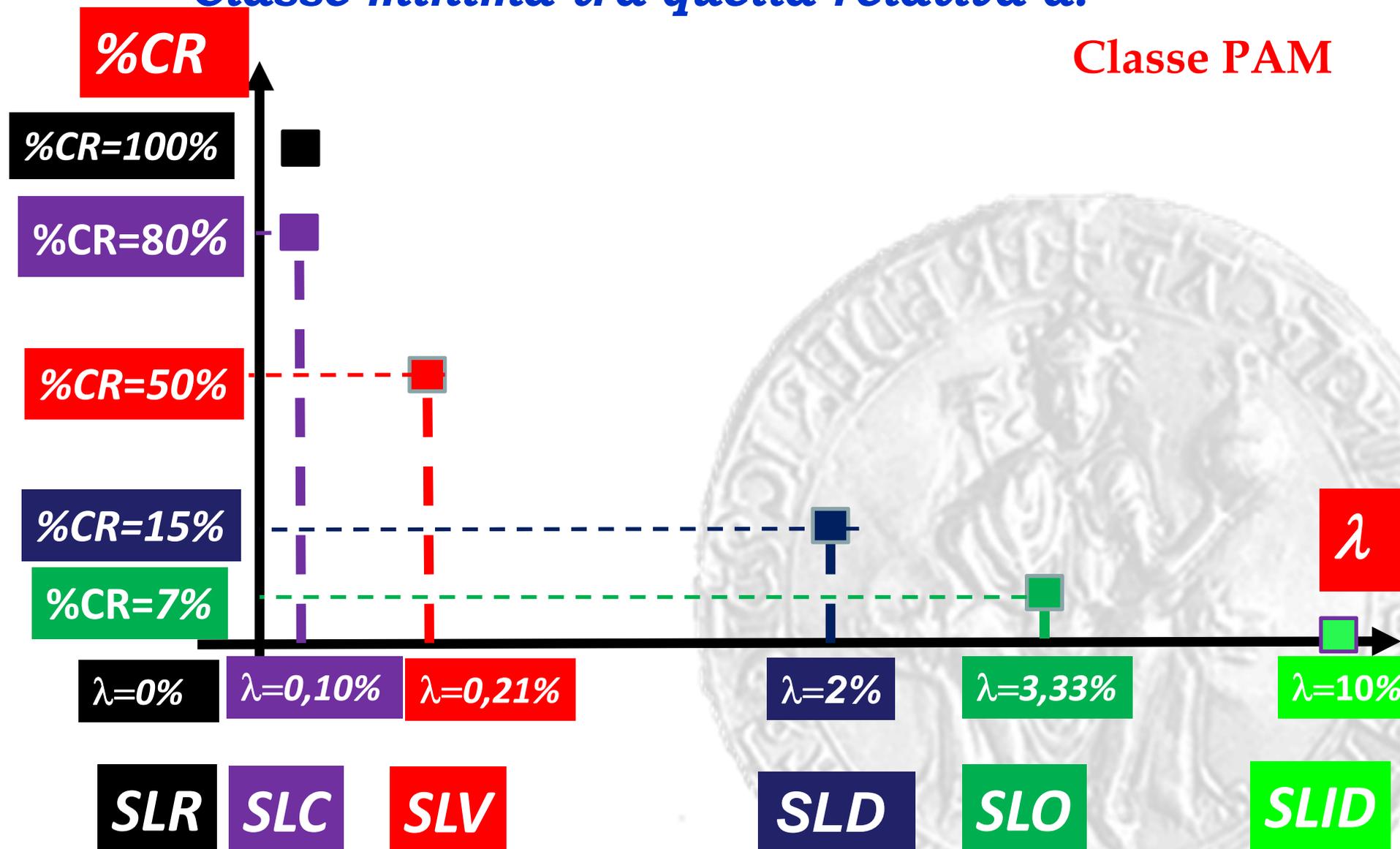
**CR=100%**

Demolizione/Ricostruzione

# CLASSI DI RISCHIO

➤ Come si calcola la classe di rischio?

Classe minima tra quella relativa a:

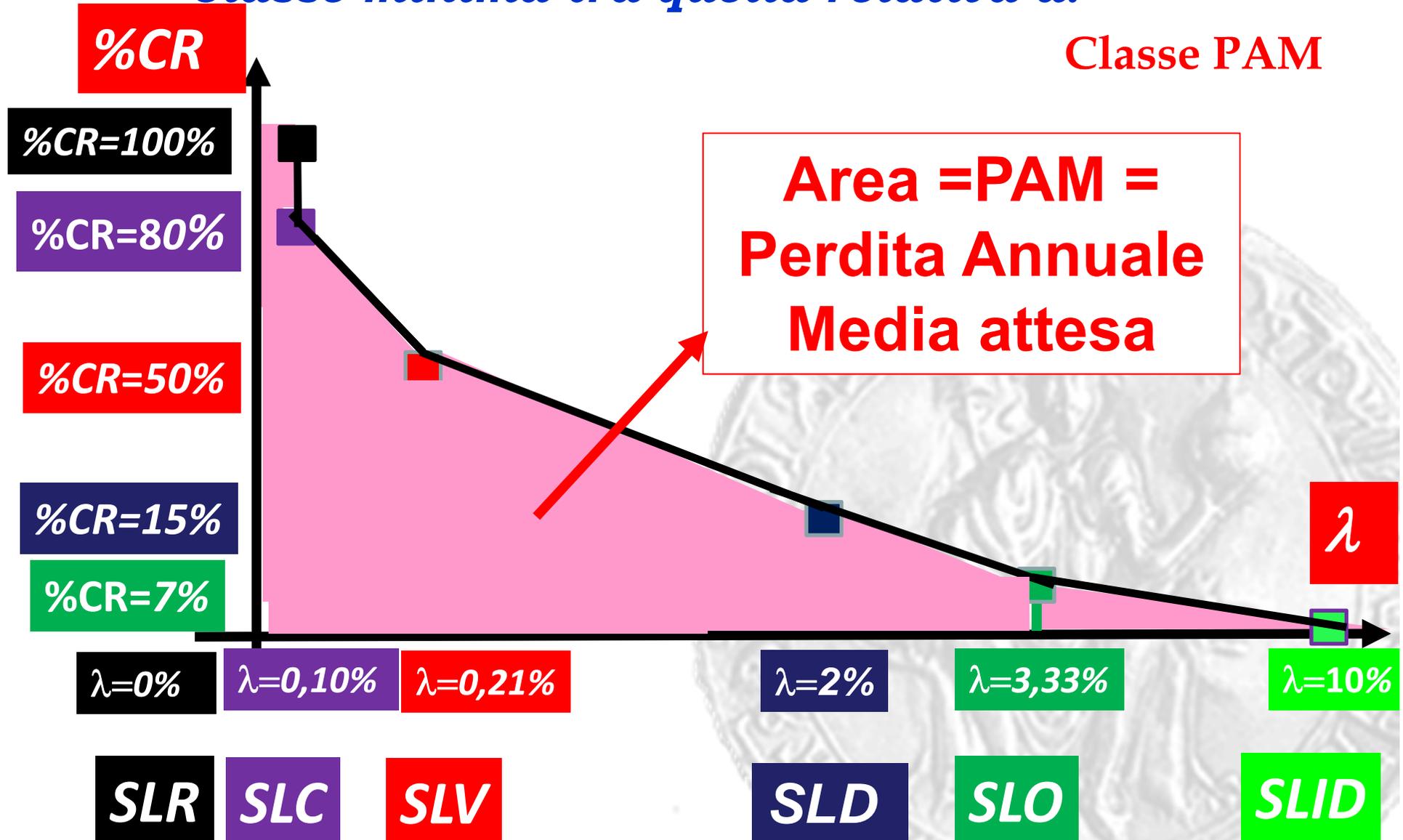


# CLASSI DI RISCHIO

➤ Come si calcola la classe di rischio?

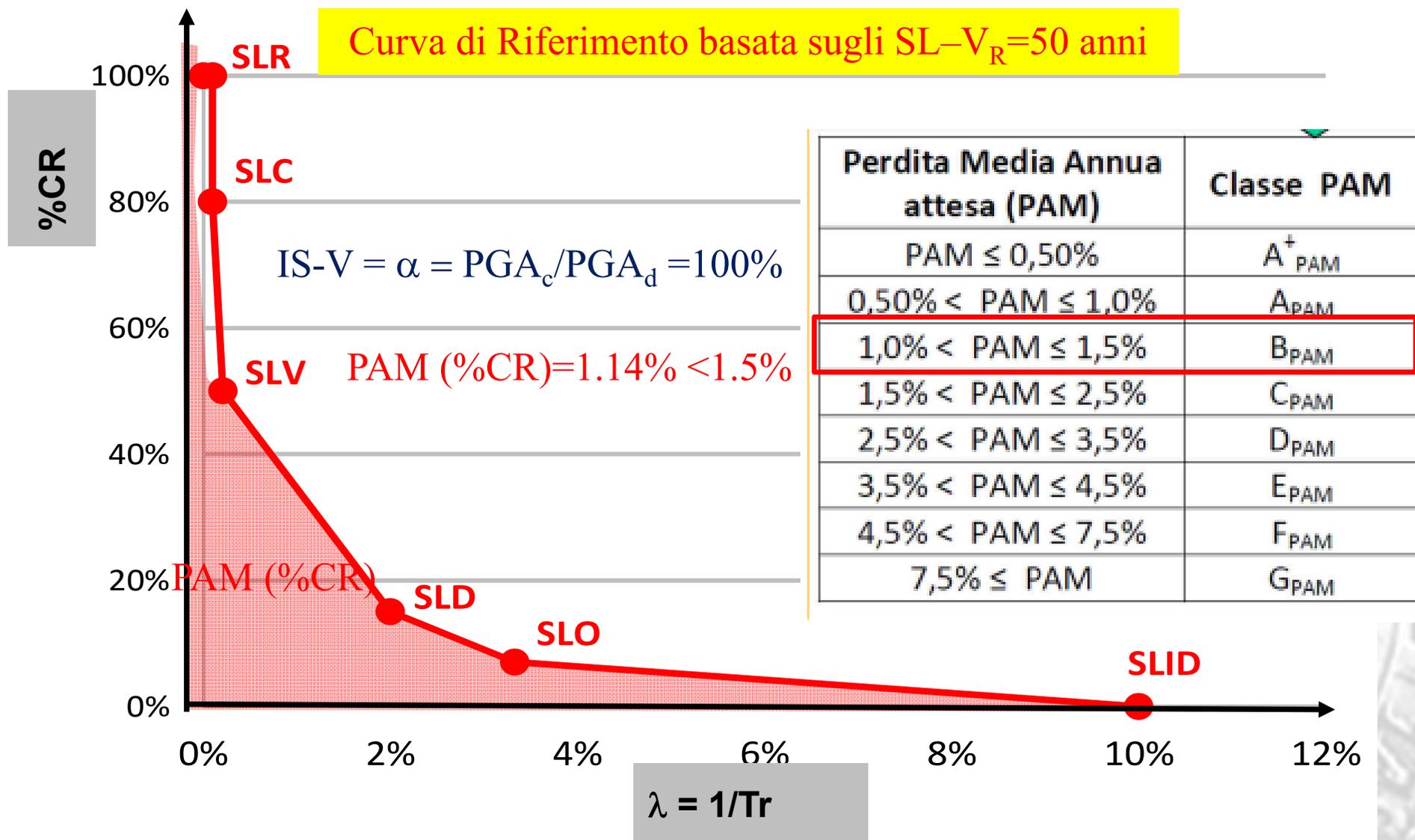
Classe minima tra quella relativa a:

Classe PAM



# COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO

✓ Edificio nuovo (progettato in accordo con le NTC)



# COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO

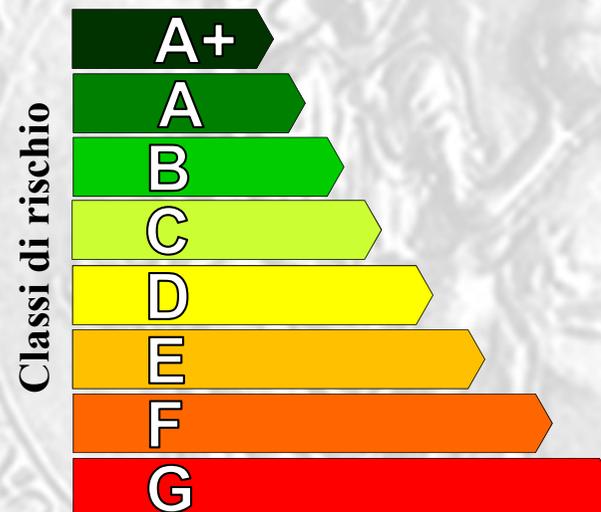
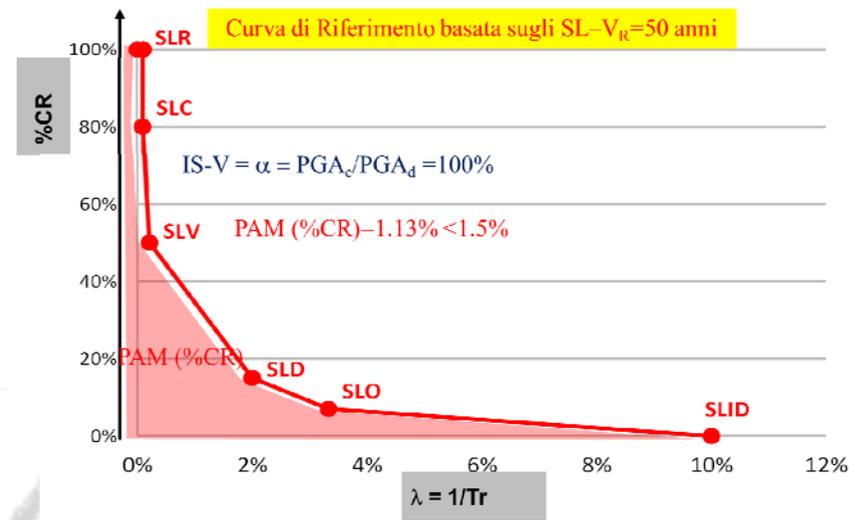
✓ Edificio nuovo (progettato in accordo con le NTC)

## Analisi delle perdite attese

Un edificio di nuova progettazione ricade in classe

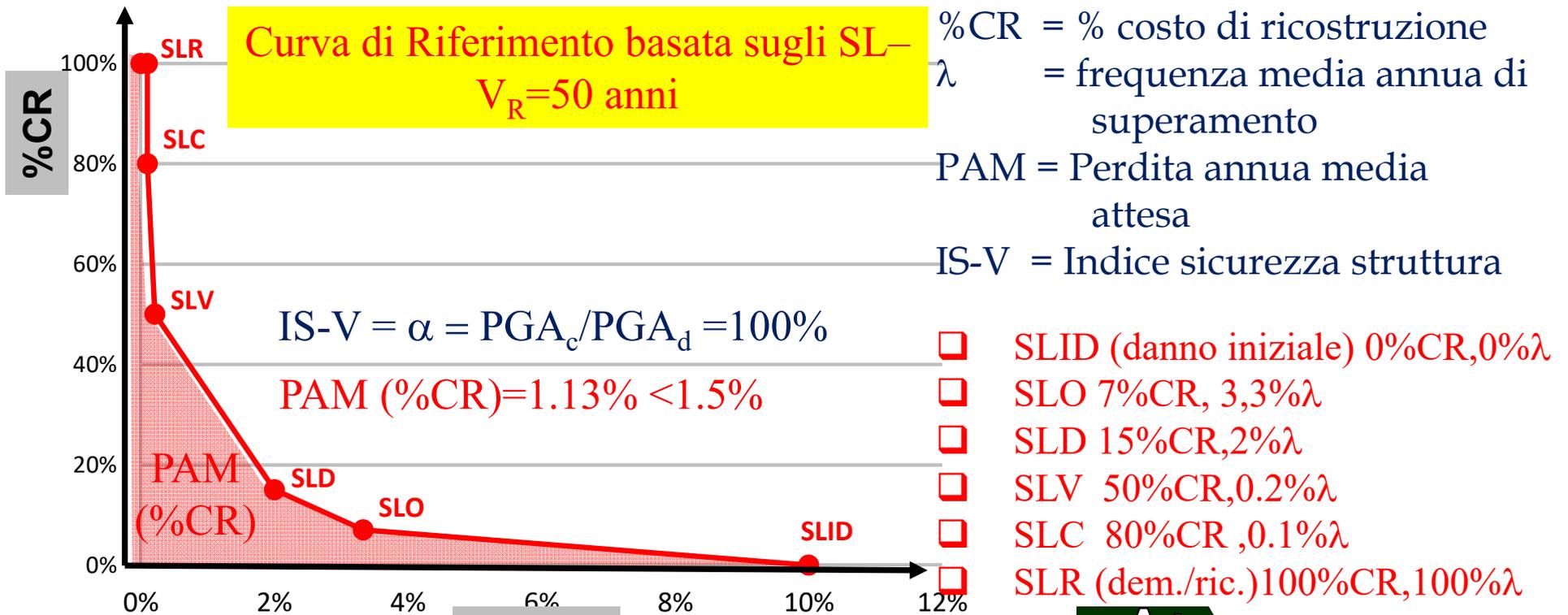
**Classe PAM: B**

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



# COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO

✓ Edificio nuovo (progettato in accordo con le NTC)



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

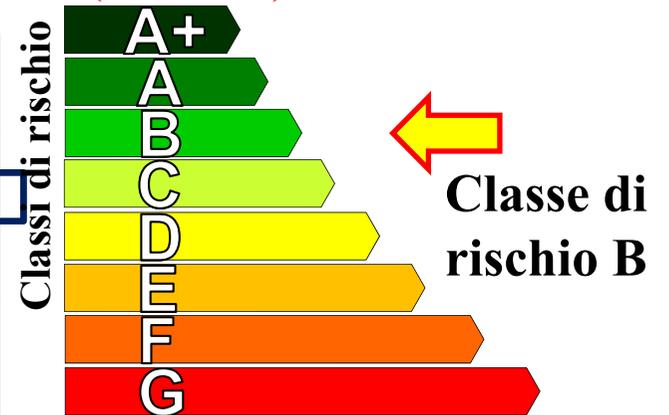
$\lambda = 1/\text{Tr}$

IS-V: A

PAM: B

Classe di rischio B

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < \text{IS-V}$	$A^+_{\text{IS-V}}$
$100\% \leq \text{IS-V} < 80\%$	$A_{\text{IS-V}}$
$80\% \leq \text{IS-V} < 60\%$	$B_{\text{IS-V}}$
$60\% \leq \text{IS-V} < 45\%$	$C_{\text{IS-V}}$
$45\% \leq \text{IS-V} < 30\%$	$D_{\text{IS-V}}$
$30\% \leq \text{IS-V} < 15\%$	$E_{\text{IS-V}}$
$\text{IS-V} \leq 15\%$	$F_{\text{IS-V}}$



# CLASSE DI RISCHIO

➤ E per un edificio esistente?

*Analisi delle perdite attese*

Classe PAM: ?

PER LA STRUTTURA ESISTENTE E PER LA STRUTTURA RINFORZATA, I PUNTI FONDAMENTALI, CHE TUTTI I PROGETTISTI DOVRANNO CALCOLARE SONO:

**SLD**

**Freq. annuale  $\lambda_{SLD}$**

**CR=15%**

**SLV**

**Freq. annuale  $\lambda_{SLV}$**

**CR=50%**

LE VALUTAZIONI DI «CR» RISULTANO, A PARERE DELLA COMMISSIONE, SUFFICIENTEMENTE ROBUSTE ED AFFIDABILI, PERCHE'...

# CLASSE DI RISCHIO

➤ E per un edificio esistente?

Analisi delle perdite attese

Classe PAM: ?

**CALCOLATO  $\lambda_{SLD}$**

**CALCOLATO  $\lambda_{SLV}$**

**SLO**      **SI STIMA ( o si calcola)**

**SLC**      **SI STIMA ( o si calcola)**

«Laddove si valuti il PAM ricorrendo alla determinazione dei punti corrispondenti a soli due stati limite, ai  $\lambda$  degli altri due stati limite potranno essere attribuiti i valori:

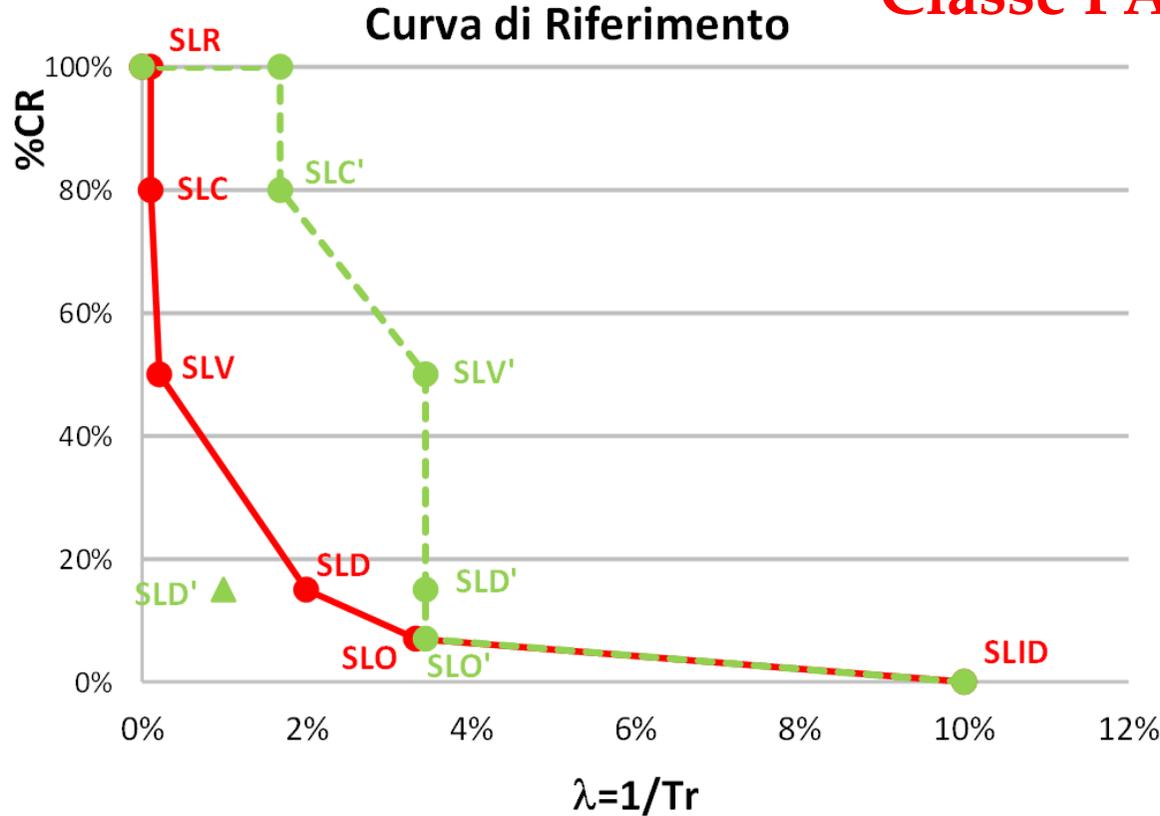
$$\lambda_{SLO} = 1,67\lambda_{SLD}, \lambda_{SLC} = 0,49\lambda_{SLV}»$$

# CLASSE DI RISCHIO

➤ E per un edificio esistente?

Analisi delle perdite attese

Classe PAM: ?



**SLV**

**SLD**

In pratica oltre alla capacità allo SLV (già calcolata per IS – V) è necessario solo calcolare la capacità per SLD. I punti relativi a SLO e SLC sui possono determinare mediante relazioni semplificate

**SLO**

**SLC**

$$\lambda_{SLO} = 1.67 * \lambda_{SLD}$$

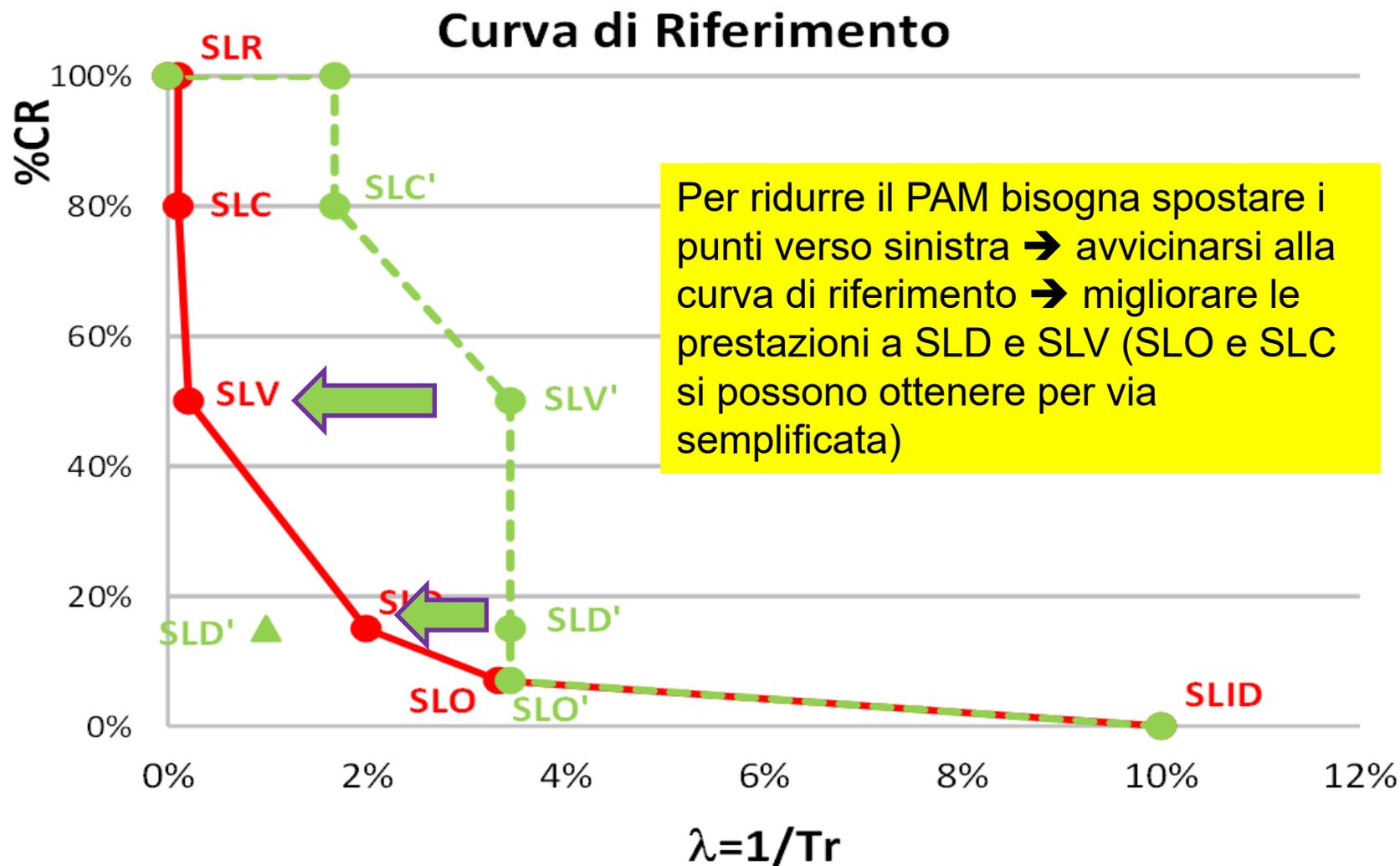
$$\lambda_{SLC} = 0.49 * \lambda_{SLV}$$

# CLASSE DI RISCHIO

➤ E per un edificio esistente?

Analisi delle perdite attese

Classe PAM: ?

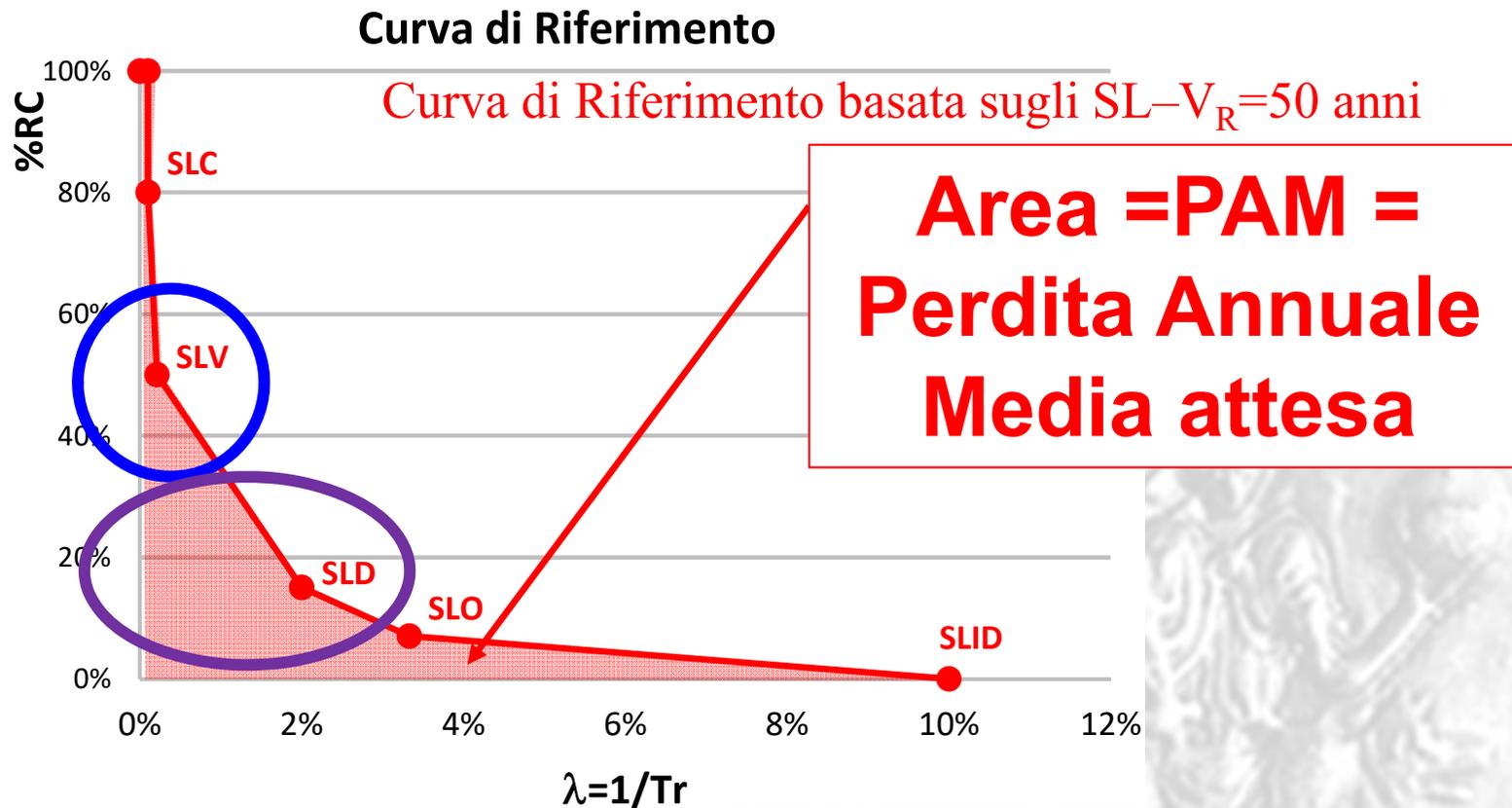


# CLASSE DI RISCHIO

➤ E per un edificio esistente?

Analisi delle perdite attese

Classe PAM: ?



Se si dimezza la frequenza SLV il PAM cambia poco

Se si dimezza la frequenza SLD il PAM cambia molto

# CLASSE DI RISCHIO

## ➤ E per un edificio esistente?

### Analisi delle perdite attese

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A+
$0,5\% < PAM \leq 1,0\%$	A
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	<b>B</b>
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F
$7,5\% < PAM$	G

### Indice di sicurezza

Indice di Sicurezza (IS-V)	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	<b>A+</b>
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E
$IS-V \leq 15\%$	F

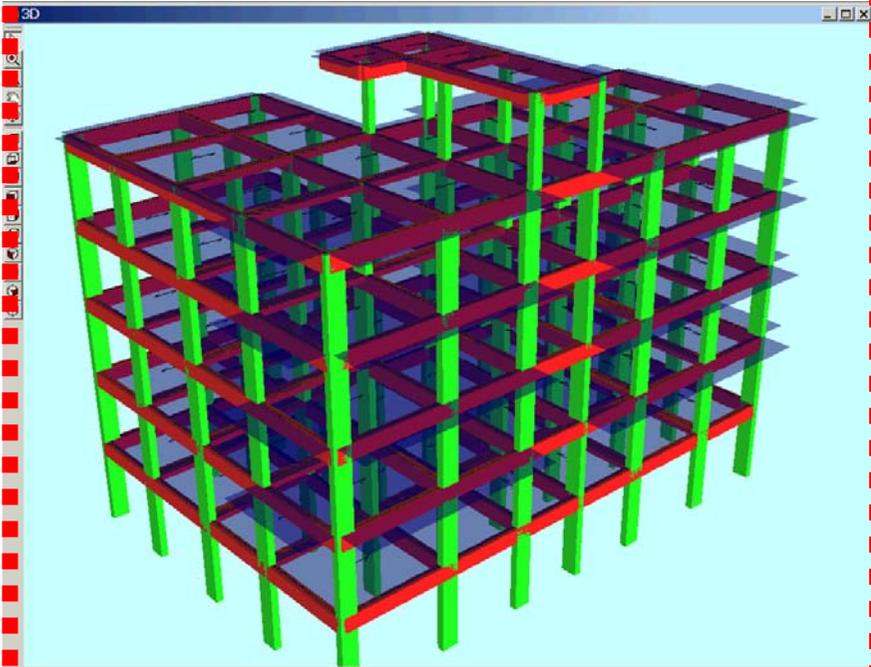
1) Un progetto di rinforzo corretto migliora il PAM in modo equilibrato e tende a verificare anche IS-V

2) IS-V corregge progetti troppo sbilanciati verso lo SLD, che non garantirebbero adeguatamente la Salvaguardia della Vita

# METODO SEMPLIFICATO

## ➤ EDIFICI IN C.A.

Edifici in CEMENTO  
ARMATO



Schema Strutturale a  
RESISTENZA CONCENTRATA

## VULNERABILITÀ SISMICA

➤ **Interventi locali** mirati alla eliminazione delle maggiori fonti di vulnerabilità e criticità per l'incolumità degli occupanti (non è necessaria la valutazione del comportamento globale della struttura)

**Incremento di 1 classe**

# EDIFICI ESISTENTI – C.A

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali

Edifici in C. A.

L'Aquila, 2009

- I nodi trave-pilastro



Assenza di staffe nel nodo



Instabilità armatura pilastro passante nel n

# EDIFICI ESISTENTI – C.A

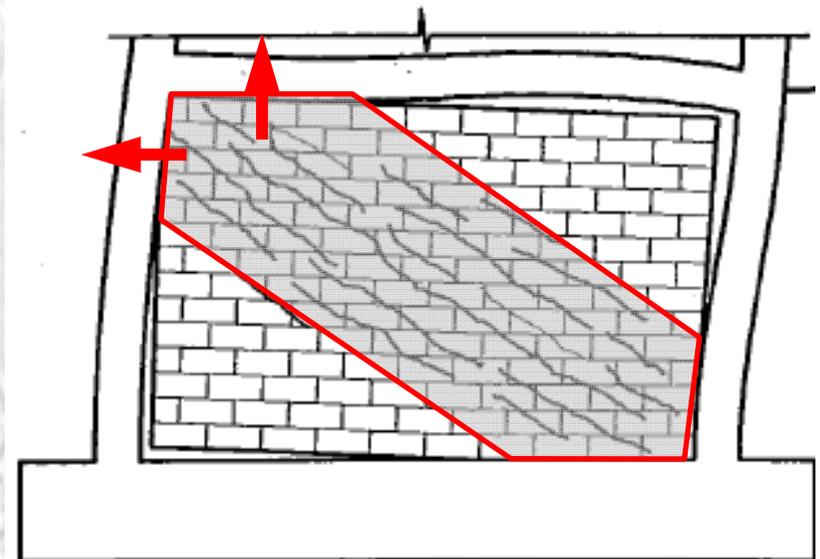
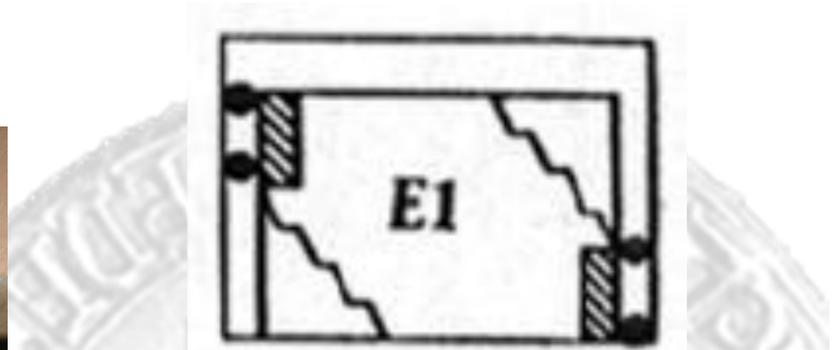
## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali

Edifici in C. A.

L'Aquila, 2009

- I nodi trave-pilastro

### Interazione con tamponature



# EDIFICI ESISTENTI – C.A

## ➤ Collassi tipici e deficienze strutturali

Edifici in C. A.

L'Aquila, 2009

■ Elementi non strutturali



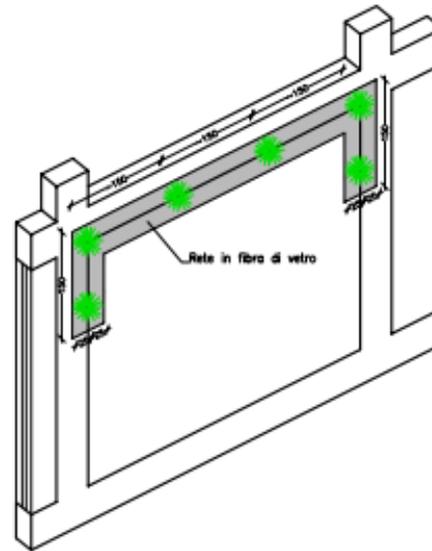
Discontinuità prodotte dalle aperture.

Ribaltamento della fodera esterna della tamponatura

# METODO SEMPLIFICATO

## ➤ EDIFICI IN C.A.

- **Interventi locali** (non è necessaria la valutazione del comportamento globale della struttura)
- E' possibile passare alla classe di rischio immediatamente superiore se:
  - **Presenza di telai in entrambe le direzioni**
  - **Confinamento di tutti i nodi perimetrali non confinati dell'edificio**
  - **Anti-ribaltamento su tutte le tamponature di facciata**
  - **Ripristino di eventuali zone danneggiate o degradate**

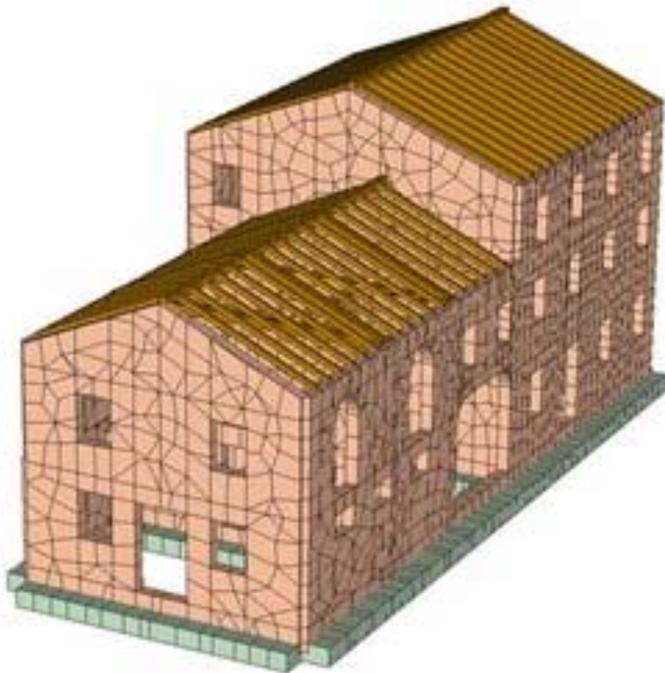


**Incremento di 1 classe**

# METODO SEMPLIFICATO

## ➤ EDIFICI IN C.A.

### Edifici in MURATURA



Schema Strutturale a  
RESISTENZA DISTRIBUITA

### VULNERABILITÀ SISMICA

➤ **Interventi locali** mirati alla eliminazione delle maggiori fonti di vulnerabilità e criticità per l'incolumità degli occupanti (non è necessaria la valutazione del comportamento globale della struttura)

**Incremento di 1 classe**

# SISMABONUS METODO SEMPLIFICATO

## ➤ EDIFICI IN MURATURA

- Valutazione classe di Vulnerabilità  $V_1$ - $V_6$  (tipologia muraria, caratteristiche strutturali, peculiarità negative)
- Interventi atti a ridurre la vulnerabilità (Riduzione di una classe di vulnerabilità)
- Calcolo classe di rischio pre e post intervento (tabella 5)

Determinazione della tipologia strutturale e della classe di vulnerabilità

Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	$V_6$ (=A <sub>EMS</sub> )	$V_5$ (=B <sub>EMS</sub> )	$V_4$ (=C <sub>EMS</sub> )	$V_3$ (=D <sub>EMS</sub> )	$V_2$ (=E <sub>EMS</sub> )	$V_1$ (=F <sub>EMS</sub> )
Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
Muratura di pietra sbazzata	—○					
Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	—○—					
Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—	○				
Muratura di mattoni e solai di rigidezza elevata		—○—				
Muratura rinforzata e/o confinata		—○—				

Figura 2 – Approccio semplificato per l'attribuzione della Classe di Vulnerabilità agli edifici in muratura

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*	$7,5\% \leq PAM$	$V_6$			

Tabella 5 – Classe PAM attribuita in funzione della classe di vulnerabilità assegnata all'edificio e della zona sismica in cui lo stesso è situato

# SISMABONUS METODO SEMPLIFICATO

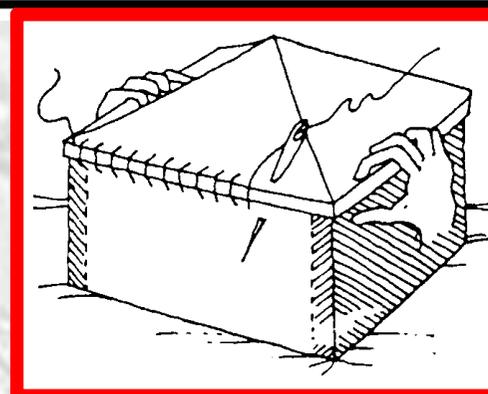
## ➤ EDIFICI IN MURATURA

### ➤ Passaggio classe di rischio

### 3. Interventi e relativo passaggio di classe di rischio

TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
INERTI/MAGLIA MURARIA			
pietra grezza	Non applicabili (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V <sub>6</sub>
mattoni di terra cruda (adobe)			
pietra sbozzata	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>• Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate</li> <li>• Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>• Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti</li> </ul> <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perseguire un comportamento d'insieme "regolare" e "scatolare".<sup>(10)</sup></li> <li>• Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali</li> </ul>	da V <sub>6</sub> a V <sub>5</sub>

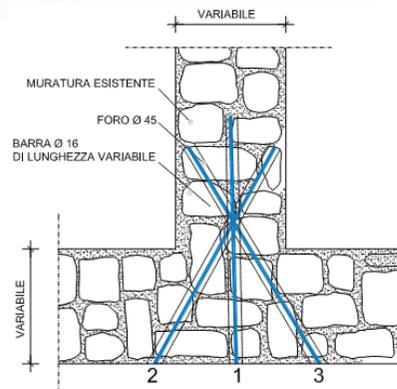
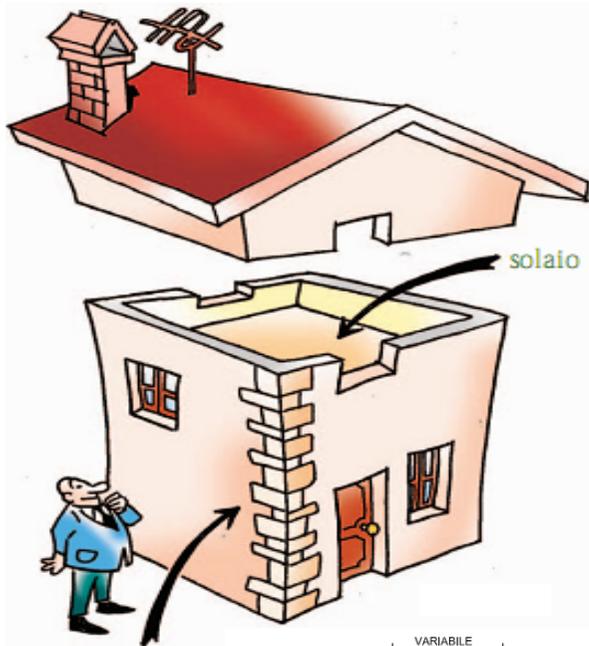
**Incremento di 1 classe**



# Amatrice Terremoto Centro Italia 2016

## ➤ Caserma Carabinieri

Tecniche di rinforzo per evitare fenomeni di ribaltamento: chiodature (in acciaio o in composito)

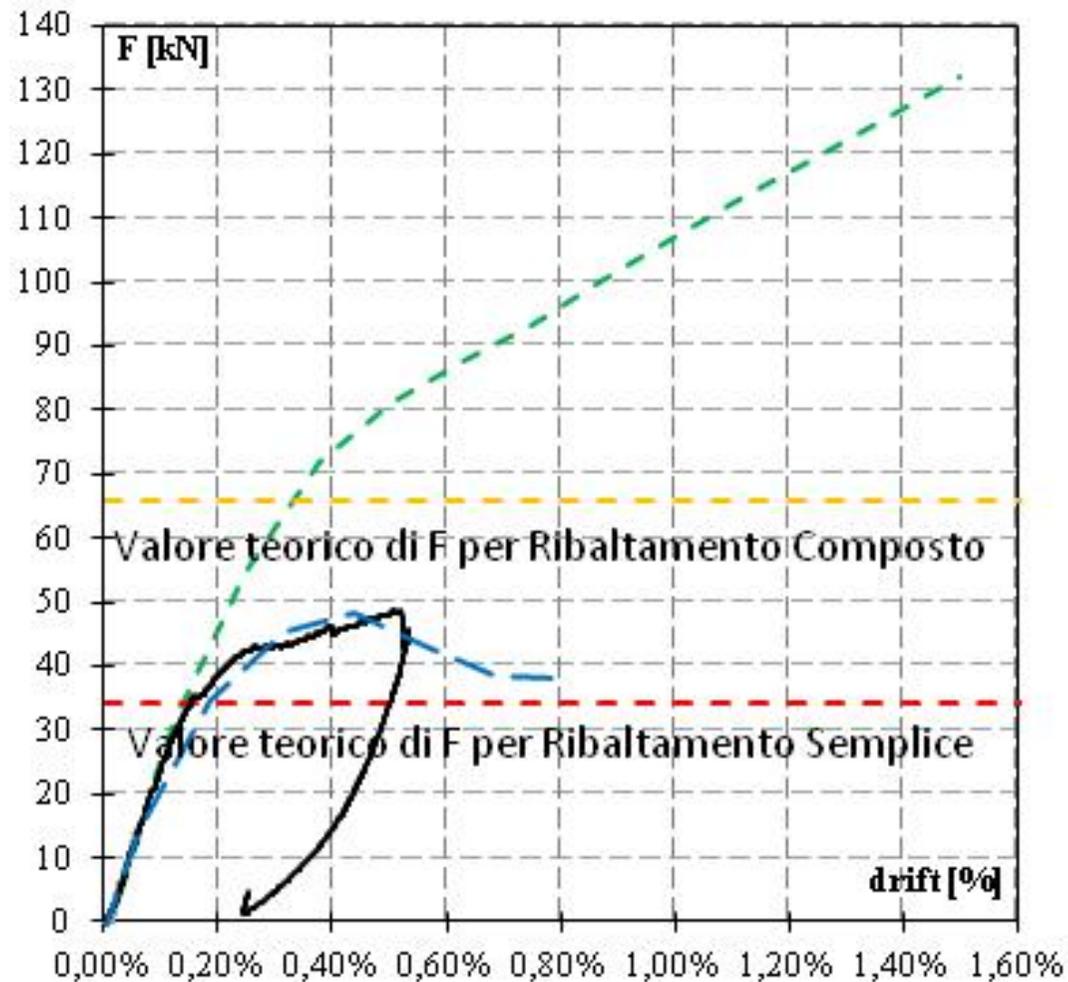




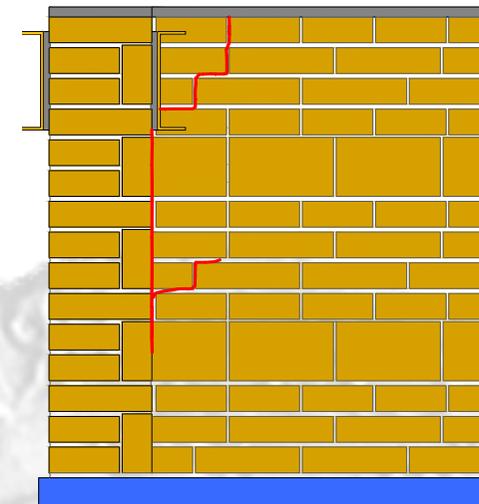
# Rinforzo per meccanismi di ribaltamento FUORI PIANO

## POSSIBILE INTERVENTO DI RINFORZO

- Chiodature in composito

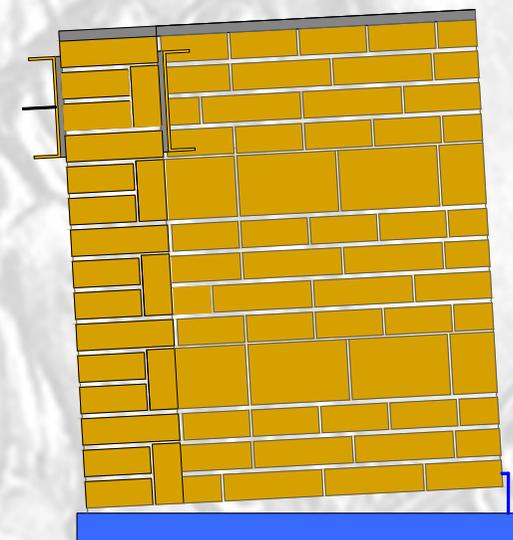


Non rinforzato



VISTA LATO SINISTRO

Rinforzato



# EDIFICI ESISTENTI - MURATURA

## ➤ **Collassi tipici e deficienze strutturali** Edifici in **MURATURA**

**Amatrice 2016**



**Non è sufficiente se la muratura sottostante è di scarsa qualità**

# ESEMPIO APPLICATIVO EDIFICI IN C.A.

## *Caso studio*

- Terremoto di L' Aquila



- **RICOSTRUZIONE  
LEGGERA**

✓ 2.904 edifici:

- **RICOSTRUZIONE  
PESANTE**

✓ 1.951 edifici

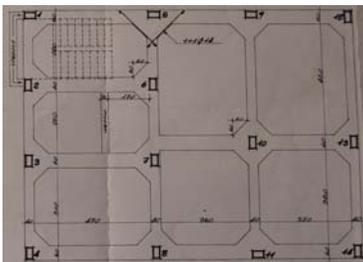
- **Caso Studio : Edificio in c.a. (miglioramento FRP)**

# Caso Studio: Edificio L'Aquila c.a.



**Carenza dettagli antisismici** (barre lisce, mancanza di staffe nei nodi e staffatura non adeguata  $\phi 6/200$ )

**Calcestruzzo scadente** ( $f_{cm} = 14 \text{ MPa}$ )



**Progettazione con moderate azioni sismiche** (pilastri rettangolari, centrifugazione delle inerzie, telai in entrambe le direzioni, travi rovesce in fondazione)



**Fessurazione nodo d'angolo**



**Danni significativi alle tamponature**

Edificio esistente con sistema resistente a telai in CA (1973)

## Riparazione/Miglioramento

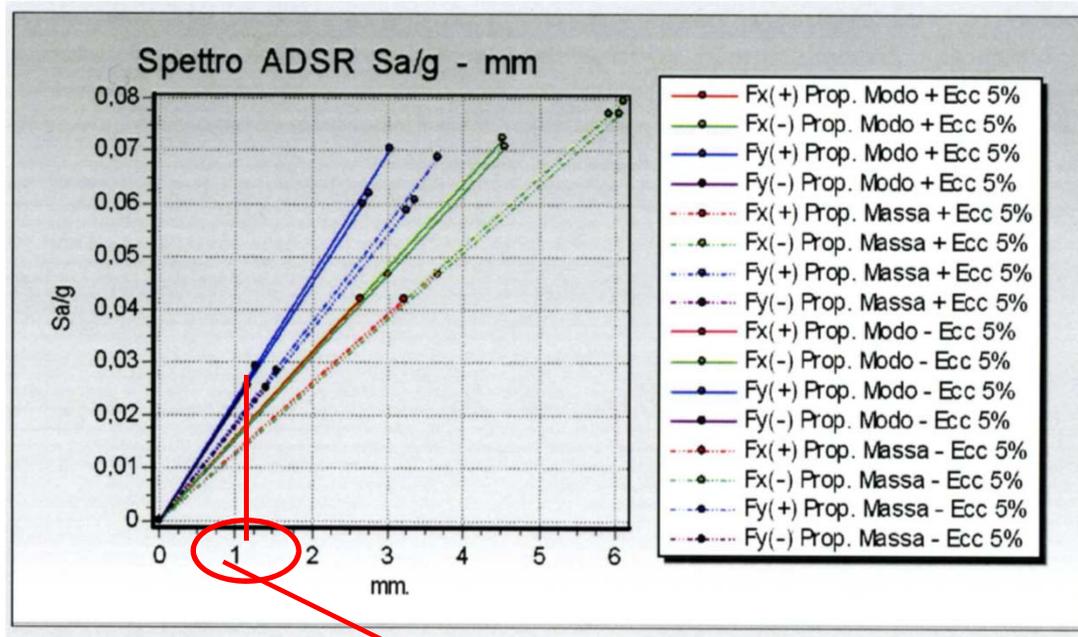
- Superficie: 544 m<sup>2</sup>
- Costo Riparazione: 344'814€
- Costo Miglioramento: 189'997€
- N° unità immobiliari: 2

# Caso Studio: Classe di rischio ante operam

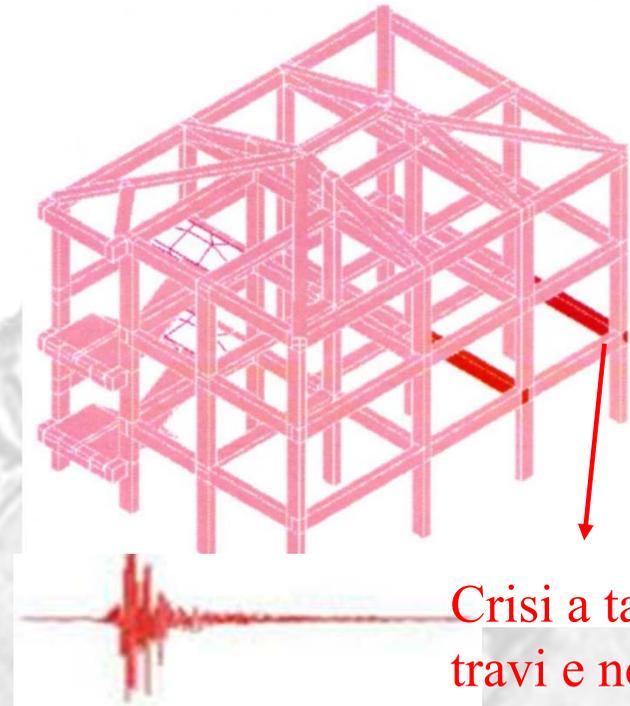
## ➤ SLU (SLV)

## VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA VITA (SLV)

Capacità molto limitata (attingimento di crisi fragili)



Attingimento prima crisi fragile  
 $PGA_c = 0.04g$



$$IS-V = PGA_c / PGA_d = 12.5\%$$

$$T_{rc} = T_{rD} (PGA_c / PGA_D)^\eta$$

con  $\eta = 1/0,41$ .

$$PGA_d = 0,261 \text{ SLV - L'Aquila}$$

$$T_r = 3 \text{ anni} < 10 \text{ anni}$$

$$T_r = 10 \text{ anni}$$

$$\lambda_{SLV} = 1/T_r = 1/10 = 10\%$$

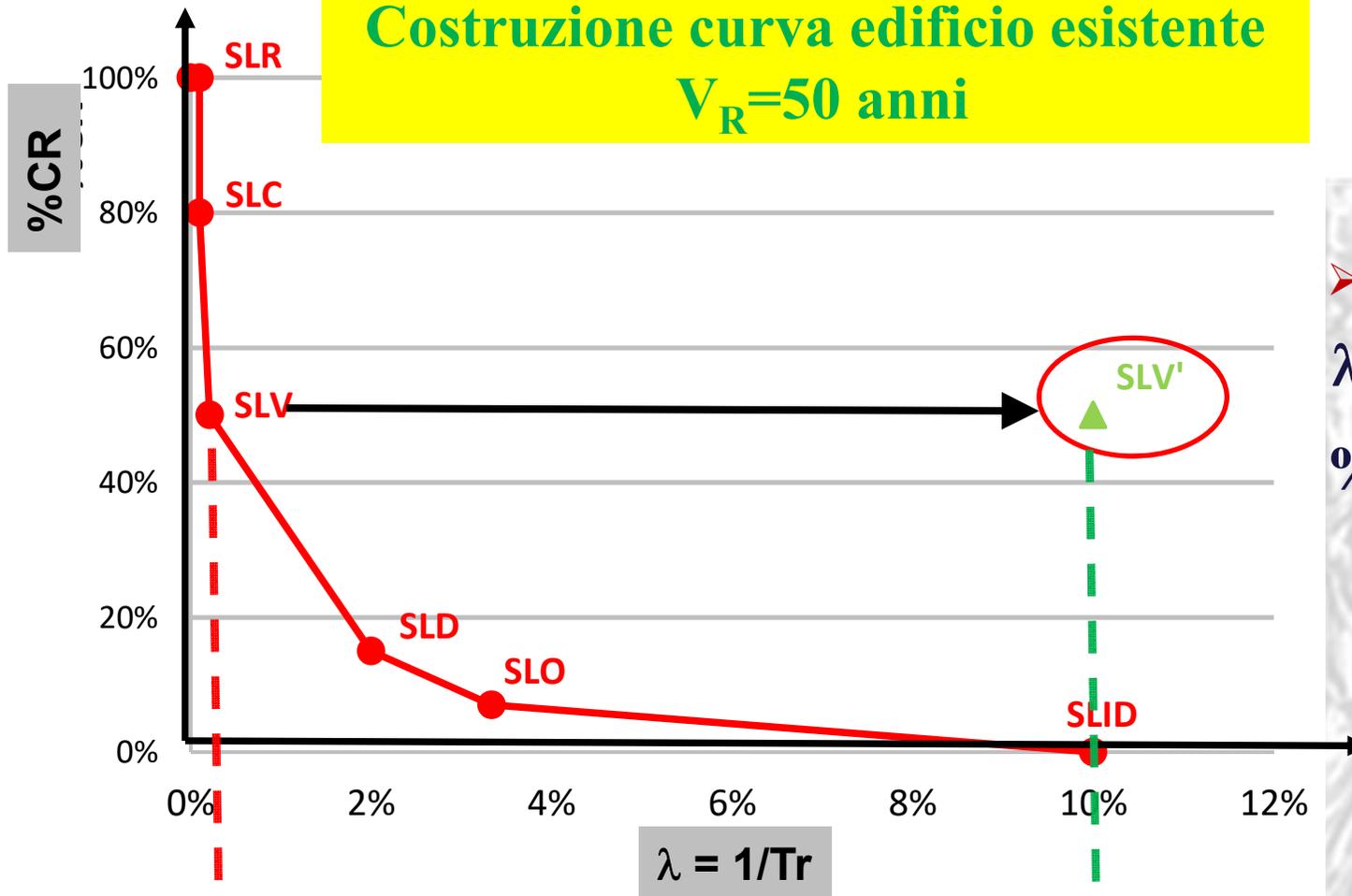
Capacità molto limitata rispetto alla prestazione richiesta  $T_r = 475$  anni cui corrisponde  $\lambda = 0.2\%$

# Caso Studio: Classe di rischio ante operam

## ➤ SLU (SLV)

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA VITA (SLV)

Costruzione curva edificio esistente  
 $V_R=50$  anni



➤ (SLV)

$$\lambda_{SLV} = 10\%$$

$$\%CR = 50\%$$

$$\lambda = 1/Tr = 1/475 = 0.2\%$$

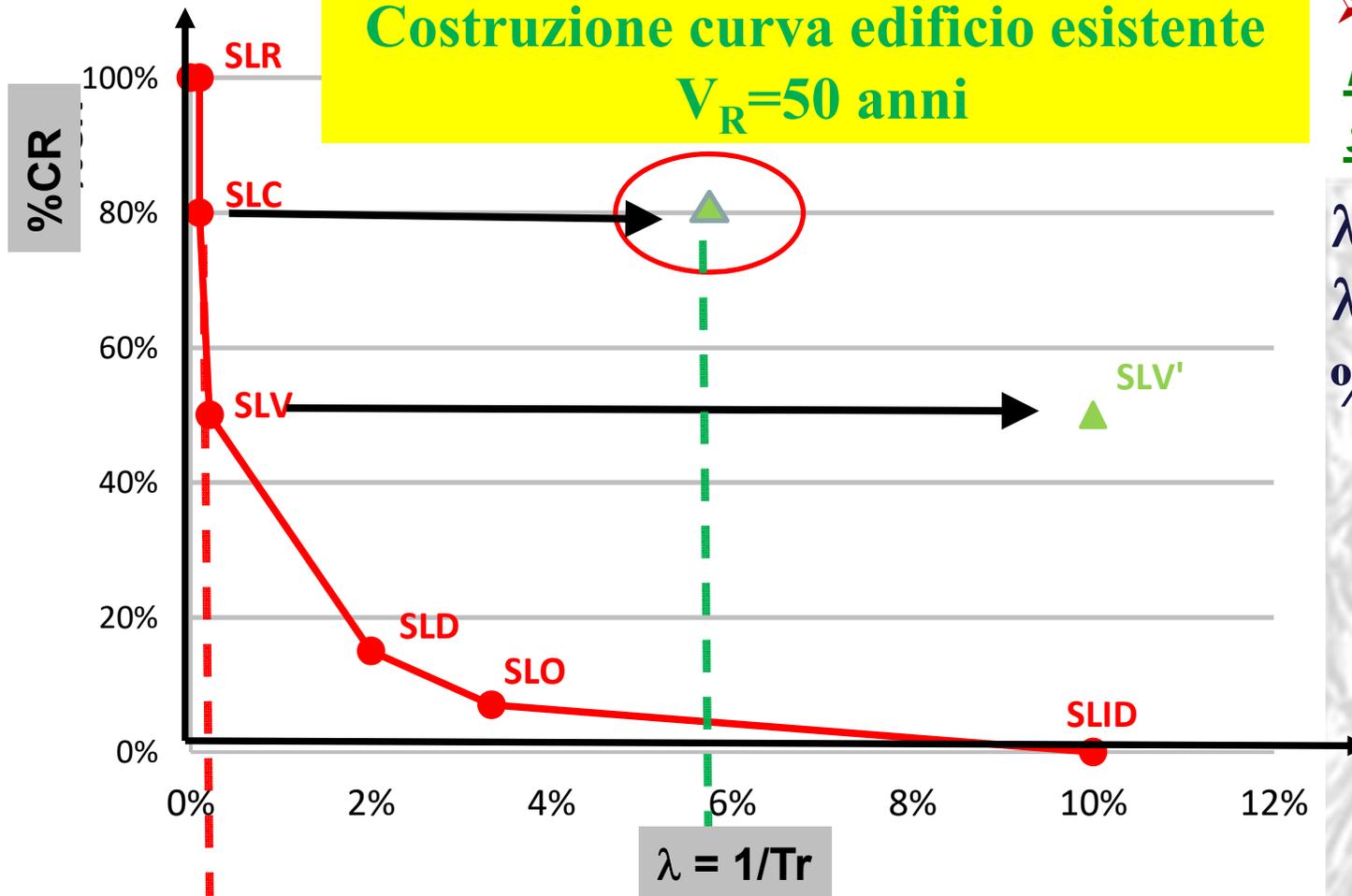
$$\lambda = 1/Tr = 1/10 = 10\%$$

# Caso Studio: Classe di rischio ante operam

## ➤ SLU (SLC)

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI  
COLLASSO (SLC)

Costruzione curva edificio esistente  
 $V_R = 50$  anni

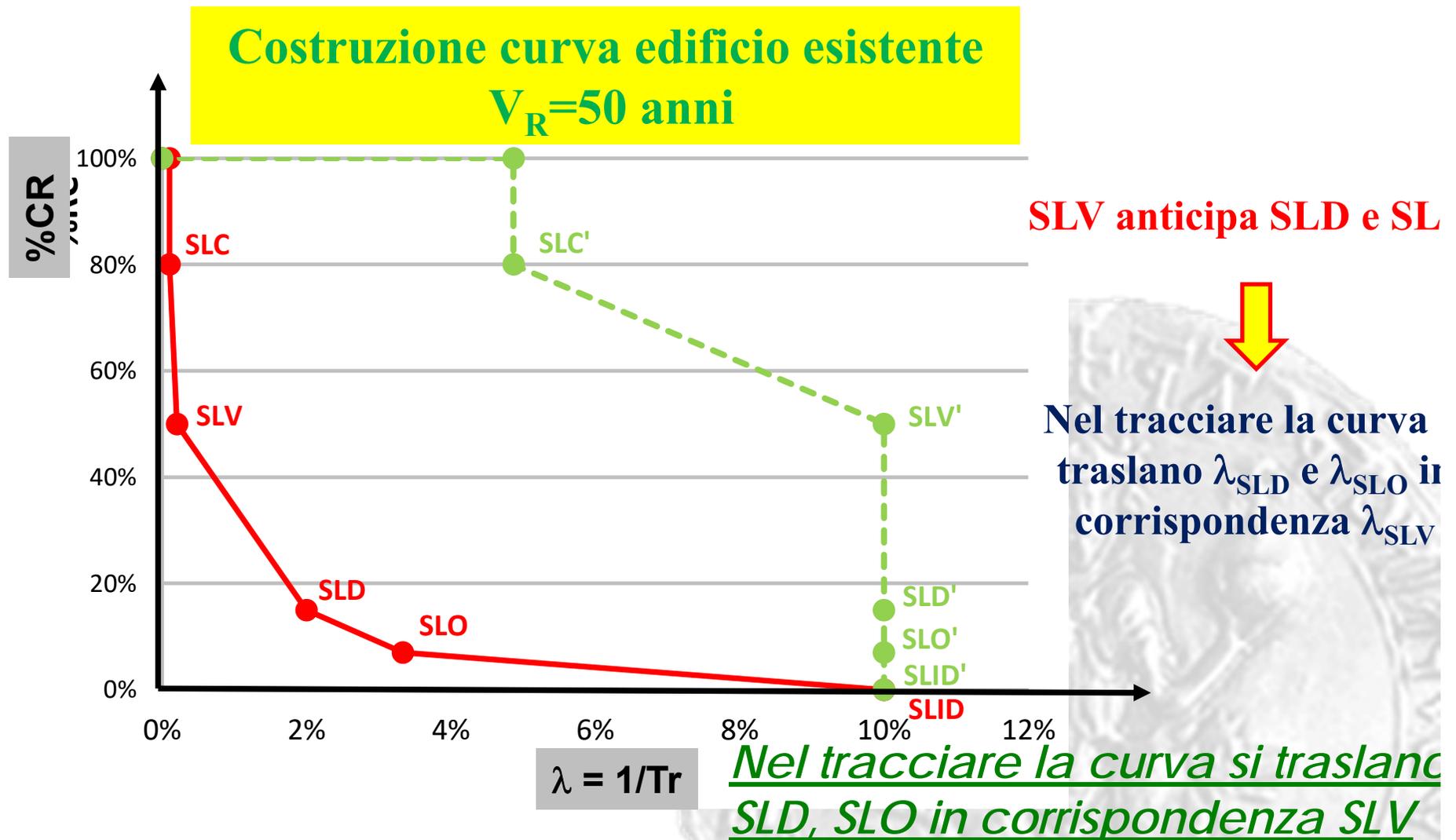


➤ (SLC)  
In via  
semplificata

$$\lambda_{SLC} = 0.49 * \lambda_{SLV}$$
$$\lambda_{SLC} = 4.9\%$$
$$\%CR = 80\%$$

$$\lambda = 1/Tr = 1/975 = 0.1\% \quad \lambda = 0.49 \lambda_{SLV} = 4.9\%$$

# Caso Studio: Classe di rischio ante operam



<sup>(6)</sup> Si sottolinea che la formula è valida anche nei casi in cui il tempo di ritorno relativo a SLD e SLO sia superiore al tempo di ritorno di SLV, una volta che sia stato posto comunque come limite superiore di tali valori il tempo di ritorno di SLV. In altri termini si assume

$$\lambda(SLD) = \max [\lambda(SLD), \lambda(SLV)], \lambda(SLO) = \max [\lambda(SLO), \lambda(SLV)].$$

# Caso Studio: Classe di rischio ante operam



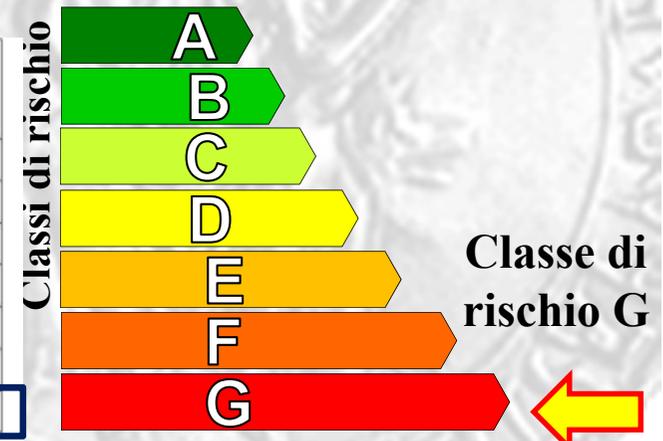
Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	$A^+_{PAM}$
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	$A_{PAM}$
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	$B_{PAM}$
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	$C_{PAM}$
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	$D_{PAM}$
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	$E_{PAM}$
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	$F_{PAM}$
$7,5\% \leq PAM$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

**Classe di rischio G**

PAM: G

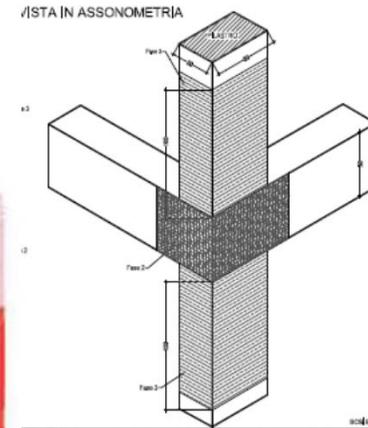
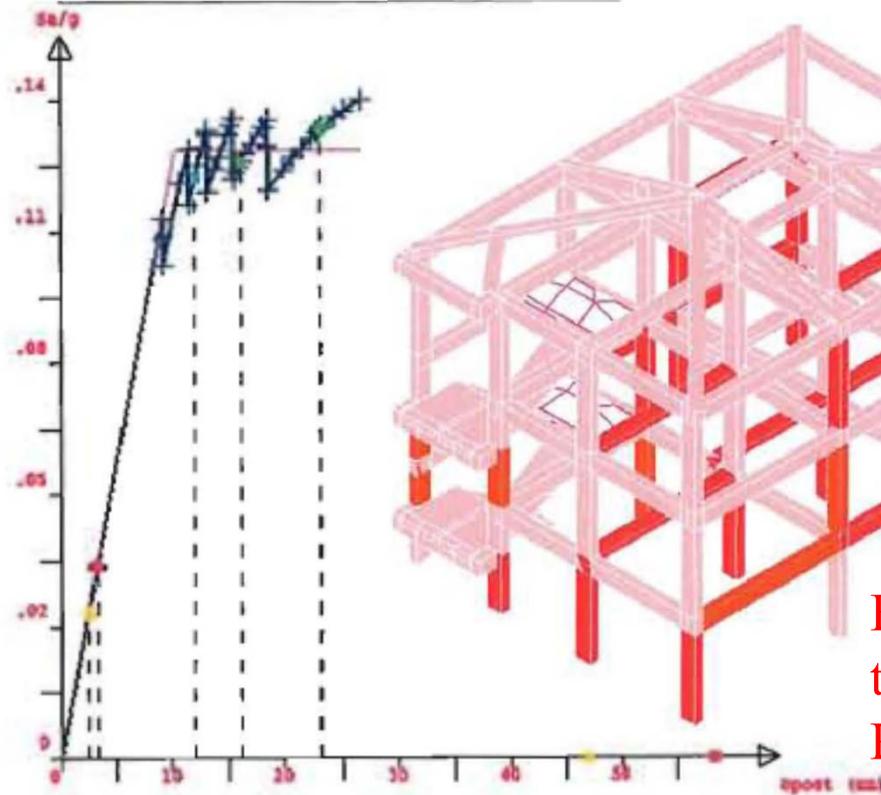
IS-V: F

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	$A^+_{IS-V}$
$100\% \leq IS-V < 80\%$	$A_{IS-V}$
$80\% \leq IS-V < 60\%$	$B_{IS-V}$
$60\% \leq IS-V < 45\%$	$C_{IS-V}$
$45\% \leq IS-V < 30\%$	$D_{IS-V}$
$30\% \leq IS-V < 15\%$	$E_{IS-V}$
$IS-V \leq 15\%$	$F_{IS-V}$



# Caso Studio: Intervento di miglioramento FRP

## ➤ SLU (SLV)



Elementi da rinforzare (taglio travi pilastri e nodi)  
Per indice di sicurezza  $>60\%$

$$\alpha = PGA_c / PGA_d = 63.5\%$$

$$PGA_d = 0,261 \text{ SLV - L'Aquila}$$

$$\longrightarrow Tr = 142 \text{ anni}$$

$$\lambda_{SLV} = 1/Tr = 1/142 = 0,7\%$$

**Miglioramento: incremento di capacità, ma capacità inferiore rispetto ad adeguamento, prestazione richiesta  $Tr = 475$  anni cui corrisponde  $\lambda = 0.2\%$**

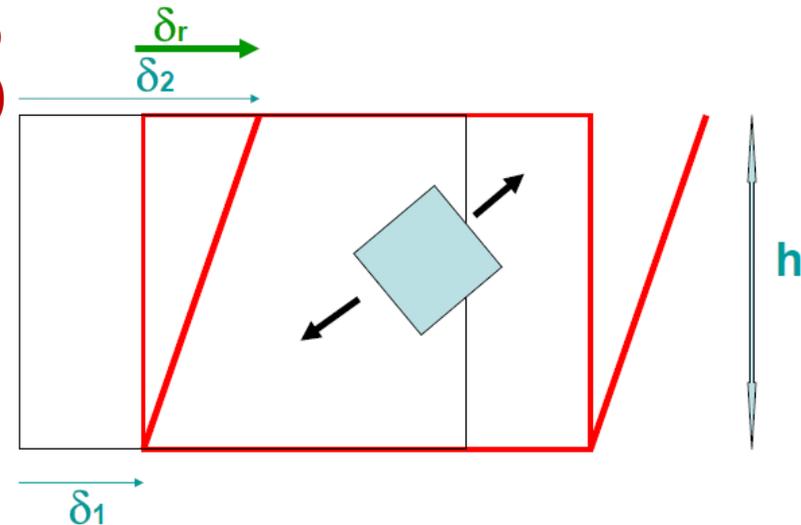
# Caso Studio: Classe di rischio ante operam

## ➤ SLE (SLD)

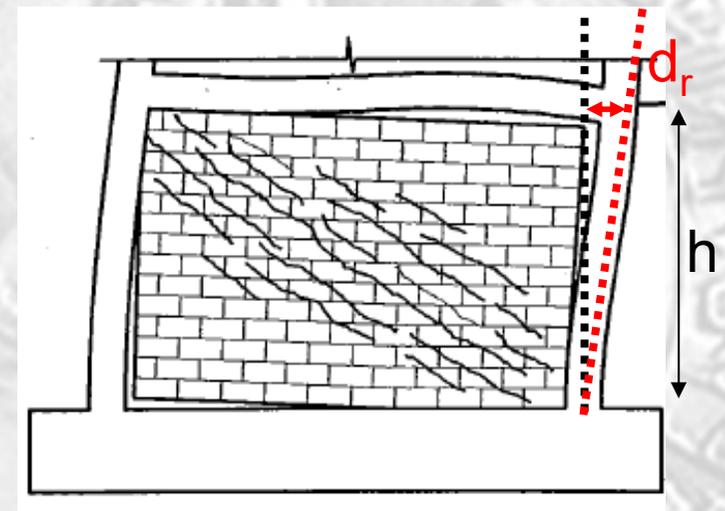
### VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

La norma prevede che per le costruzioni in classe d'uso I e II si debba verificare che **l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile** (7.3.7.2 – NTC 08)

- ✓ per **tamponamenti collegati rigidamente alla struttura** che interferiscono con la deformabilità della stessa:  
 **$d_r < 0,005 h$**
- ✓ per **tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano  $d_{rp}$** , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:  
 **$d_r \leq d_{rp} \leq 0,01 h$**



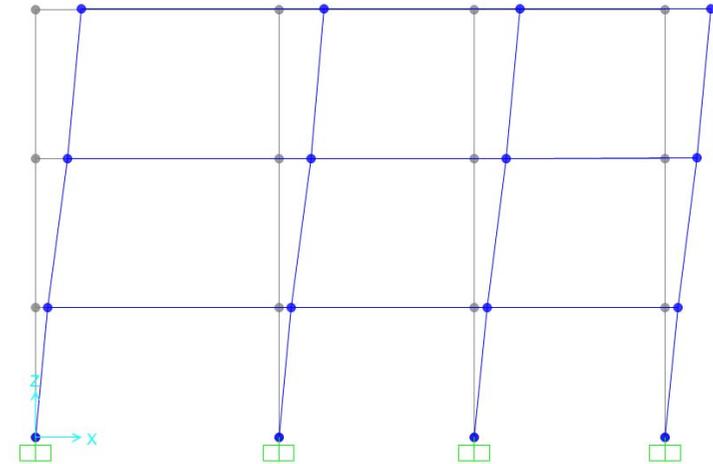
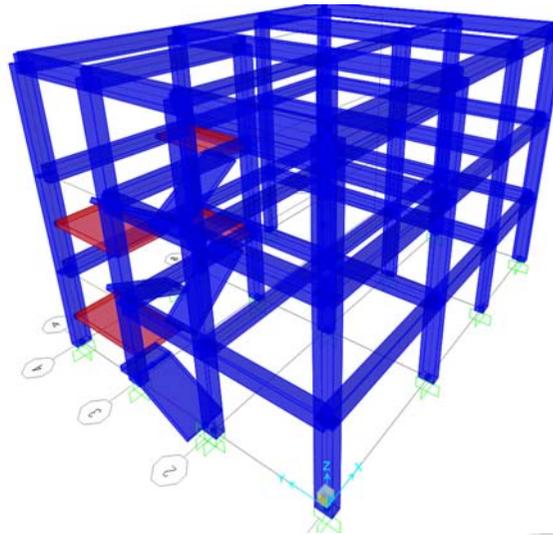
Parametro critico:  $\delta_r/h$



# Caso Studio: Classe di rischio ante operam

➤ SLE (SLD)

VERIFICHE ALLO STATO  
LIMITE DI DANNO (SLD)



Livello	Sisma in dir X					Sisma in dir X				
	E1 [m]	E2 [m]	E1+30%E2 [m]	h [m]	(dr/h) <sub>x</sub> [%]	E3 [m]	E4 [m]	E1+30%E3 [m]	h [m]	(dr/h) <sub>x</sub> [%]
I	0.006474	0.007754	0.008800	2.7	0.36	0.00209	0.001948	0.002674	2.7	0.10
II	0.016702	0.021123	0.023039	3.1	0.51	0.005215	0.00486	0.006673	3.1	0.13
III	0.023929	0.026531	0.031888	3.1	0.31	0.008131	0.007578	0.010404	3.1	0.12

↙ Raggiungimento (dr/h)=0.5%  $PGA_c=0.124g$

$$\alpha = PGA_c / PGA_d = 120\%$$

Tr=71 anni



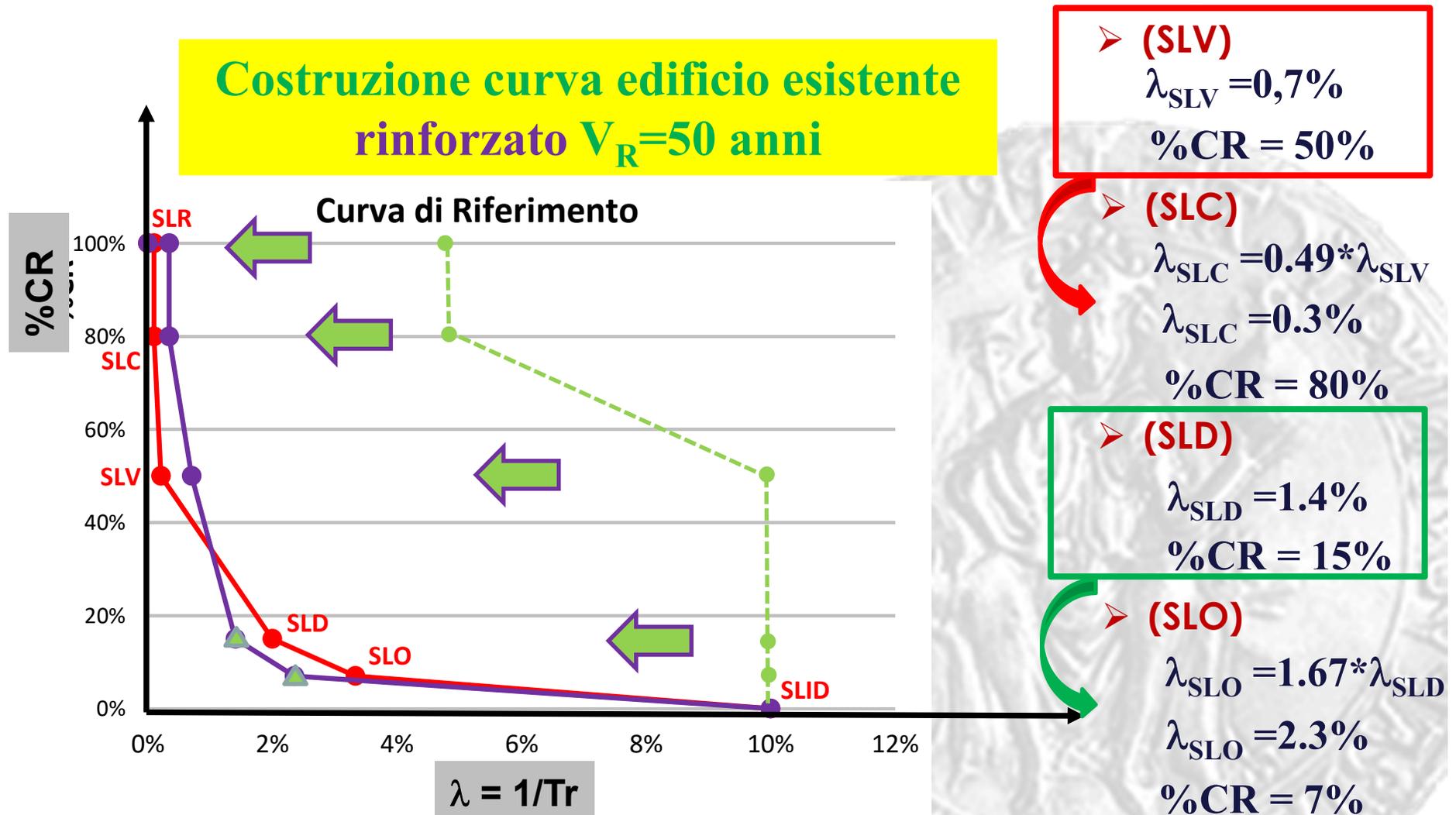
$$\lambda = 1/Tr = 1/71 = 1.4\%$$

$PGA_d = 0,104$  SLD - L'Aquila

Capacità maggiore rispetto alla prestazione  
richiesta Tr = 50 anni cui corrisponde  $\lambda = 2\%$

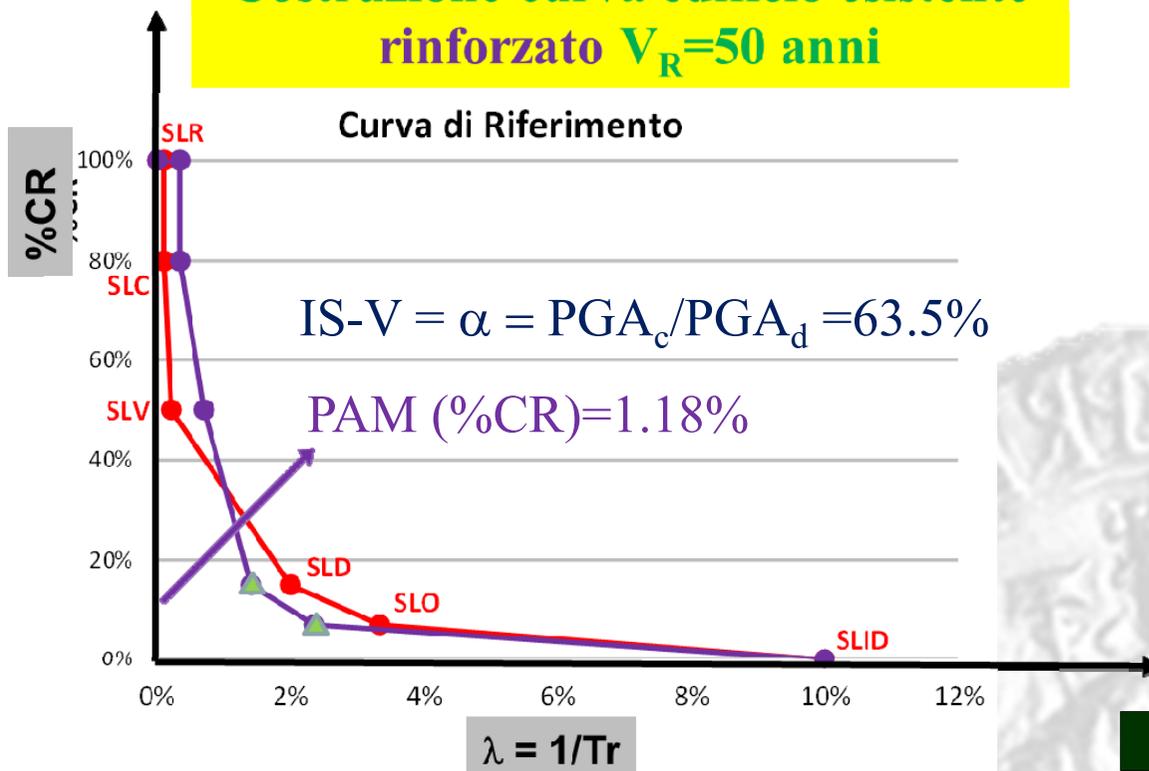
# Caso Studio: Classe di rischio post operam (FRP)

- Il punto relativo a SLC si ottiene da SLV con formulazione semplificata
- Il punto relativo a SLD è lo stesso del caso non rinforzato (FRP non modifica SLD); SLO si ottiene da SLD con formulazione semplificata



# Caso Studio: Classe di rischio post operam (FRP)

Costruzione curva edificio esistente rinforzato  $V_R=50$  anni



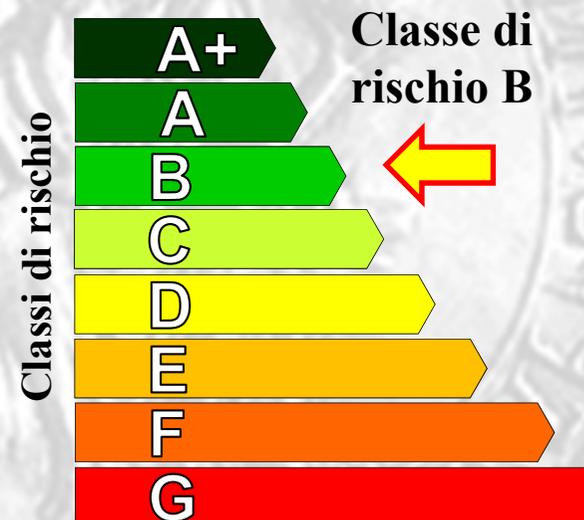
Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	$A^+_{PAM}$
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	$A_{PAM}$
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	$B_{PAM}$
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	$C_{PAM}$
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	$D_{PAM}$
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	$E_{PAM}$
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	$F_{PAM}$
$7,5\% \leq PAM$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

Classe di rischio B

PAM: B

IS-V: B

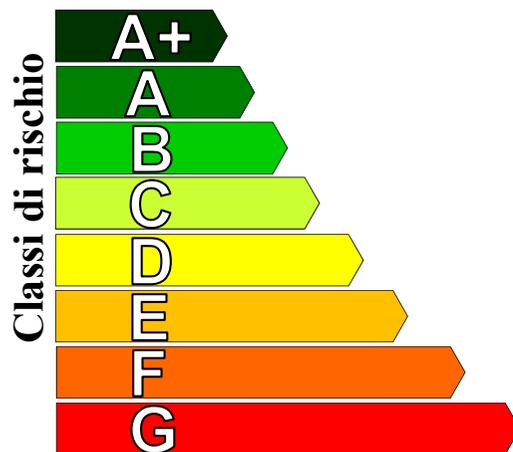
Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	$A^+_{IS-V}$
$100\% \leq IS-V < 80\%$	$A_{IS-V}$
$80\% \leq IS-V < 60\%$	$B_{IS-V}$
$60\% \leq IS-V < 45\%$	$C_{IS-V}$
$45\% \leq IS-V < 30\%$	$D_{IS-V}$
$30\% \leq IS-V < 15\%$	$E_{IS-V}$
$IS-V \leq 15\%$	$F_{IS-V}$



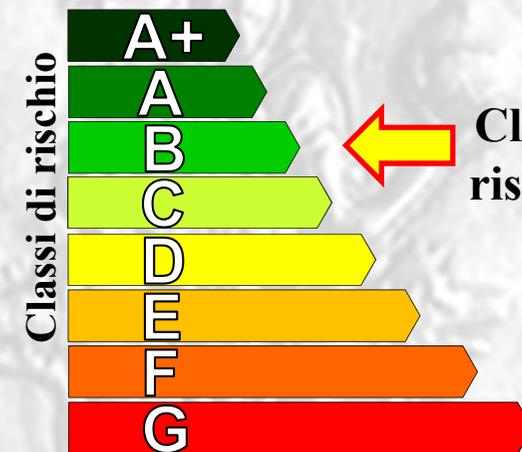
# Caso Studio: Classe di rischio post operam (FRP)



- ✓ Interventi mirati a sanare le crisi fragili (taglio nodi e travi/pilastrri)
- ✓ Edificio originario verificato allo SLE
- ✓ Interventi mirati a ridurre il PAM ed incrementare l'indice di sicurezza alla SLV



Classe di rischio G



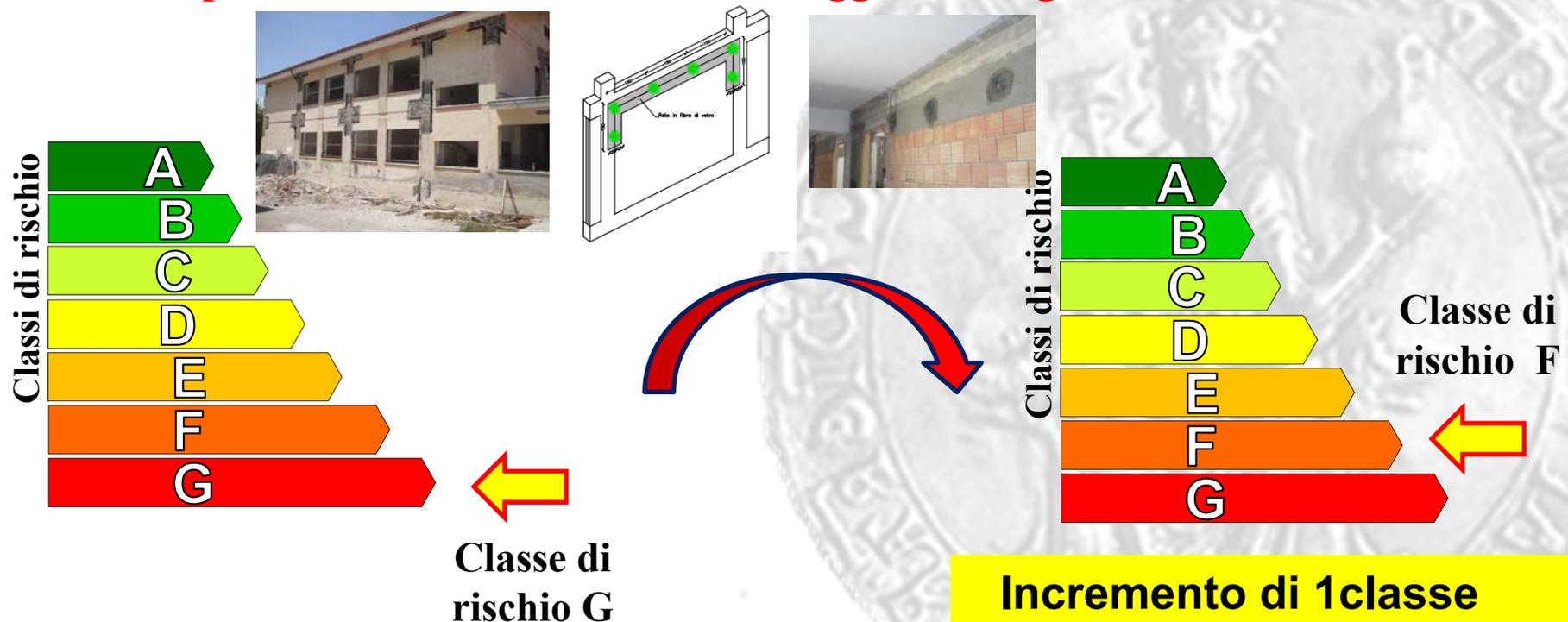
Classe di rischio B

Incremento di 5 classi

# Caso Studio: Classe di rischio post operam (FRP)

## ➤ E se fossero stati effettuati interventi locali?

- **Interventi locali** (non è necessaria la valutazione del comportamento globale della struttura)
- E' possibile passare alla classe di rischio immediatamente superiore se:
  - **Presenza di telai in entrambe le direzioni** (Verificata per Caso Studio 1)
  - **Confinamento di tutti i nodi perimetrali non confinati dell'edificio**
  - **Anti-ribaltamento su tutte le tamponature di facciata**
  - **Ripristino di eventuali zone danneggiate o degradate**

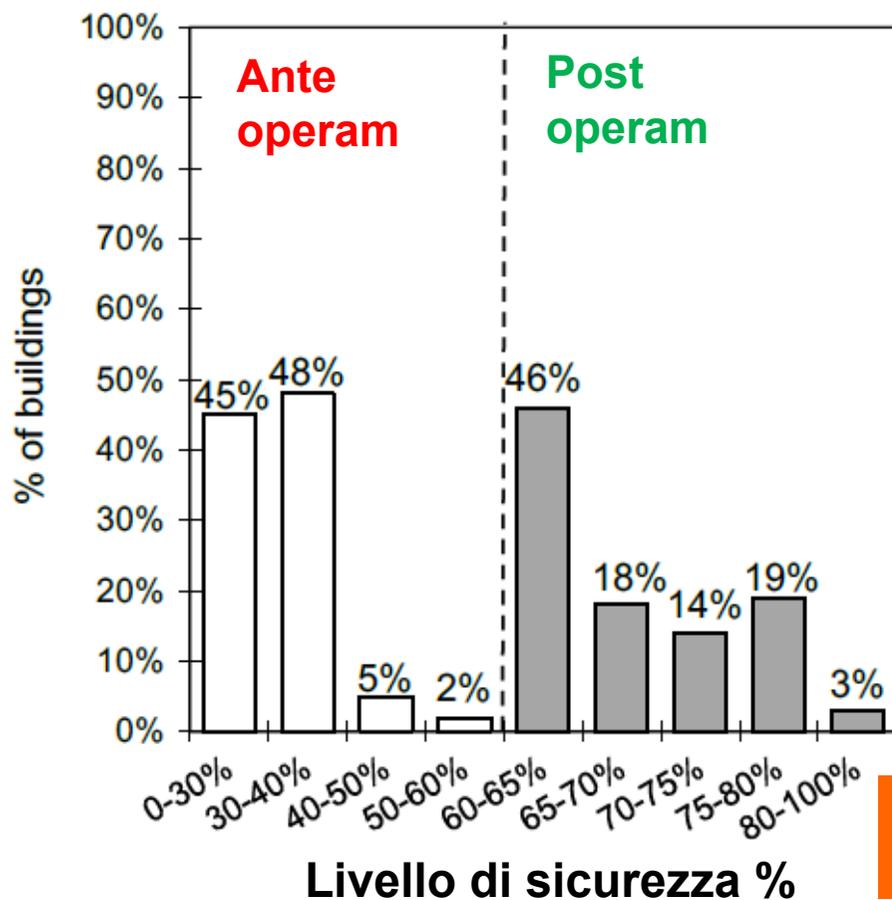


# L'Aquila: la ricostruzione pesante

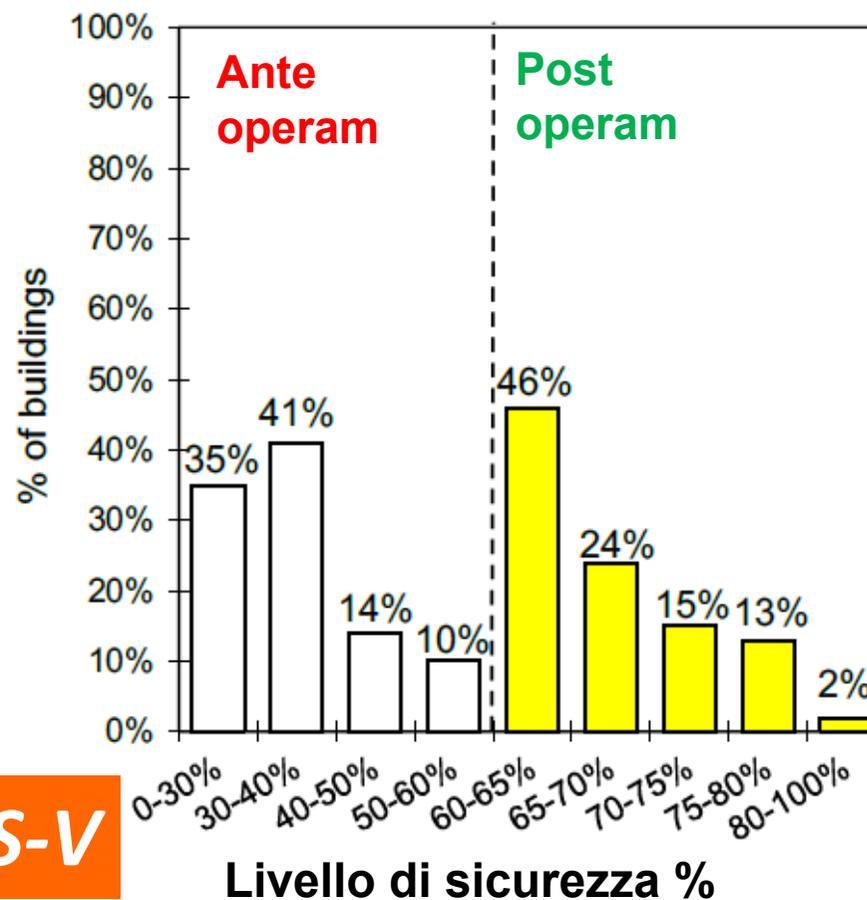
## ➤ RICOSTRUZIONE PESANTE

- Livello di sicurezza (SLV) ante e post operam:

### Edifici in cemento armato



### Edifici in muratura



IS-V

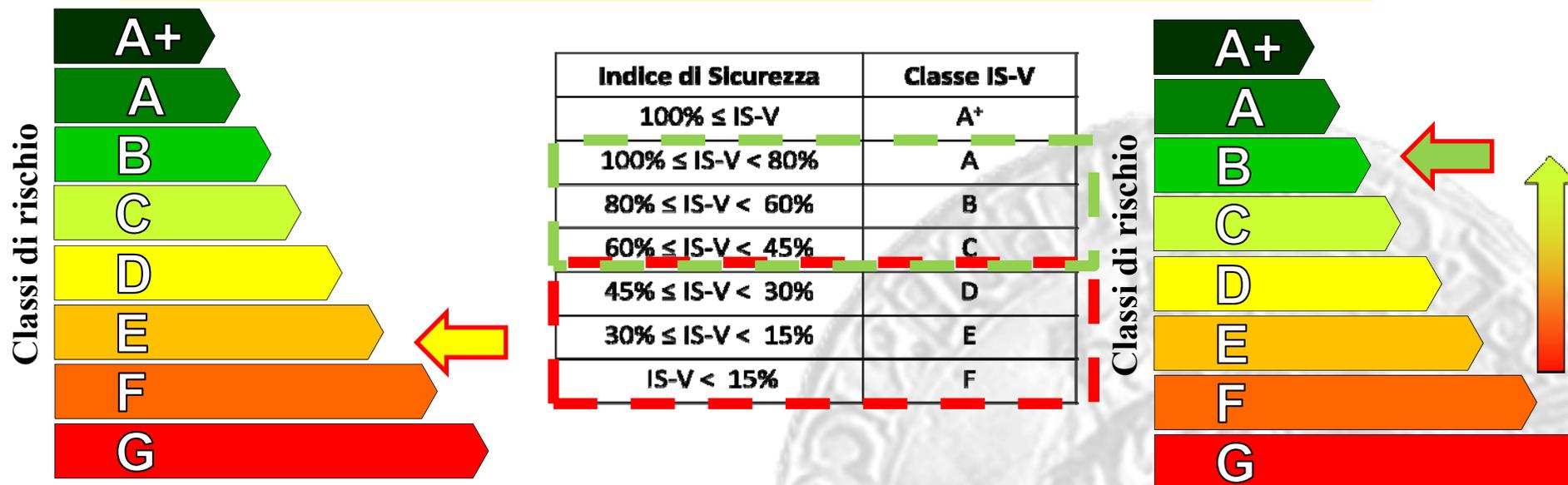
**Incremento di 1% di livello di sicurezza  $\approx$  10€/m<sup>2</sup>**

# L'Aquila: la ricostruzione pesante

## ➤ RICOSTRUZIONE PESANTE

- Livello di sicurezza (SLV) ante e post operam:

**Incremento di 1% di livello di sicurezza  $\approx 10\text{€}/\text{m}^2$**



**Esempio: Incidenza di costo di un appartamento di 100 mq. in condominio pari a circa € 30.000/ € 50.000 (incremento IS-V 30%/S-V 50%)**  
 (dettaglio 75-95% in E e C)

# Riqualificazione energetica e.....

## ➤ Interventi eseguiti



DETRAZIONI FISCALI DEL 65%  
PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA  
DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE

AGENZIA NAZIONALE  
EFFICIENZA ENERGETICA  
ENEA

- Nel triennio 2014-2016 sono stati realizzati circa un **milione di interventi**
- Oltre **360.000 nel 2016**, richieste di detrazione fiscale del 65% per interventi di **riqualificazione energetica** del patrimonio immobiliare esistente
- Totale di oltre **3,3 miliardi di euro di investimenti attivati** (fonte ENEA 2017)

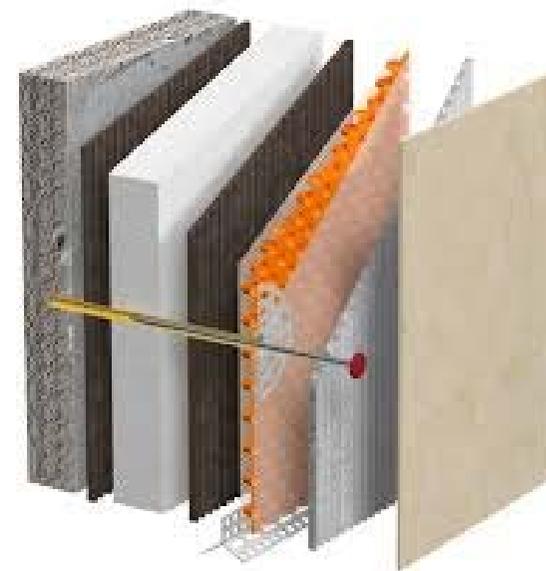
# Efficientamento energetico

## ➤ Investimenti?



Interventi di efficientamento energetico acquisiscono un ruolo fondamentale per il raggiungimento di target ambientali e per l'ottimizzazione della spesa energetica, **tuttavia aumentano il valore esposto del bene!!!**

**Tali interventi vanno eseguiti in una ottica globale di mitigazione del rischio**



# Rafforzamento sismico & efficientamento energetico

## ➤ Investimenti?



AUMENTO DEL VALORE  
ESPOSTO

**Terremoto Italia Centrale 2016**

**Tali interventi vanno eseguiti in una  
ottica globale di mitigazione del rischio**

# Conclusioni



**VENDESI**

BILOCALE, SOGGIORNO LETTO E BAGNO

€ 200.000

CLASSE E - E

**Classe di rischio  
sismico A**



- **Obiettivo:** trasformare in un prossimo futuro drammatiche stime di perdite post-sisma in analisi di investimenti di prevenzione del rischio sismico effettivamente eseguiti.

# Conclusioni



**.....agosto 2017**

- **Obiettivo:** trasformare in un prossimo futuro drammatiche stime di perdite post-sisma in analisi di investimenti di prevenzione del rischio sismico effettivamente eseguiti.