

# CAMBIAMENTI CLIMATICI E NUOVE SFIDE PER EDIFICI ATTIVI E RESILIENTI

Martedì 20 febbraio 2024  
Ore 14.30

Evento realizzato in collaborazione con



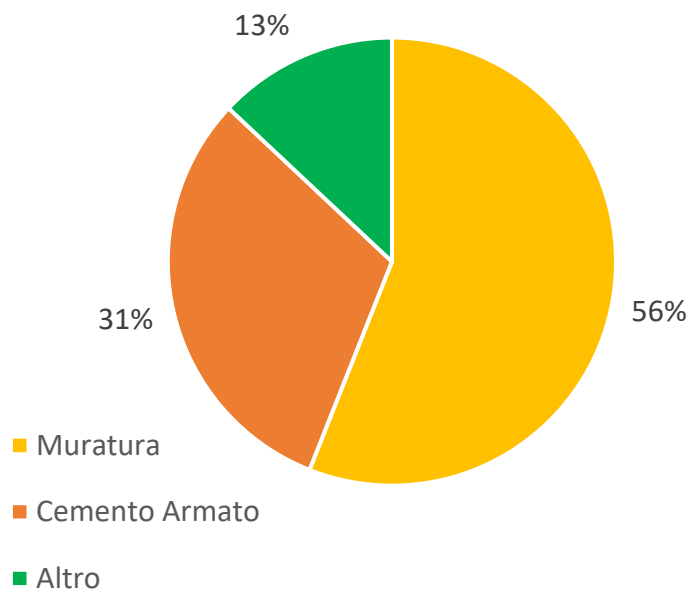
# LA SICUREZZA STRUTTURALE COME DRIVER MULTI- PRESTAZIONALE PER INTERVENIRE SUI NOSTRI EDIFICI

Prof Ing Claudio Mazzotti

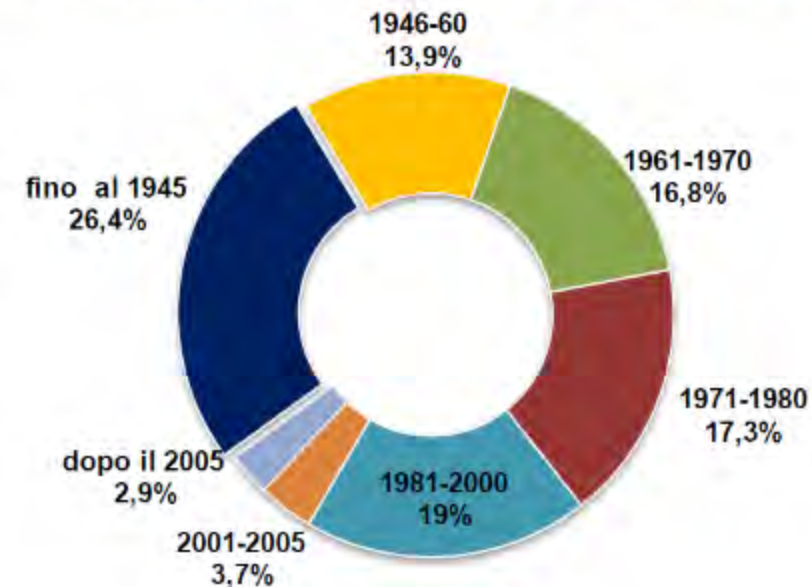
Università di Bologna – DICAM – CIRI Edilizia e  
Costruzioni  
Chair SICUCI

## Alcuni dati sullo stato del patrimonio edilizio

- Patrimonio edilizio italiano: 12,2 milioni edifici
- 11,1 milioni costruito in area sismiche
- 60% fatto prima delle norme sismiche (1974)
- 50% edifici costruito tra 1946 e 1981
- **3,9%** ha subito interventi a carattere strutturale

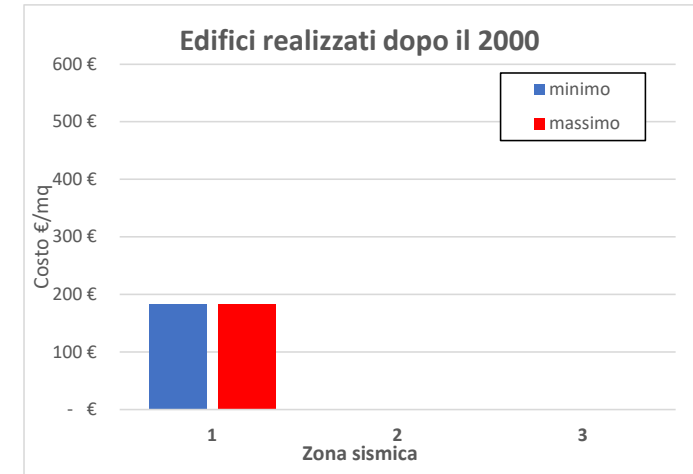
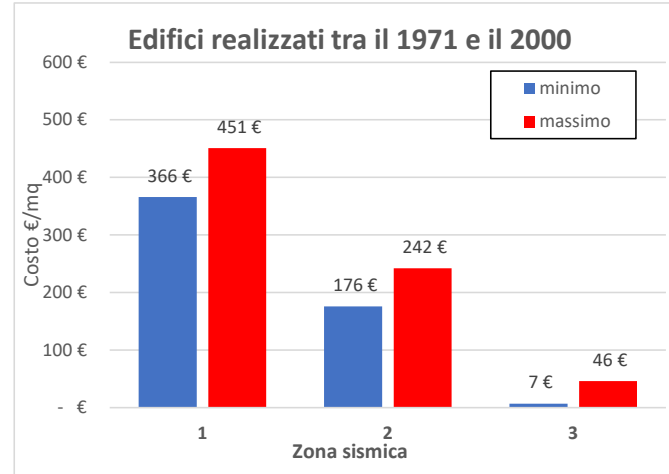
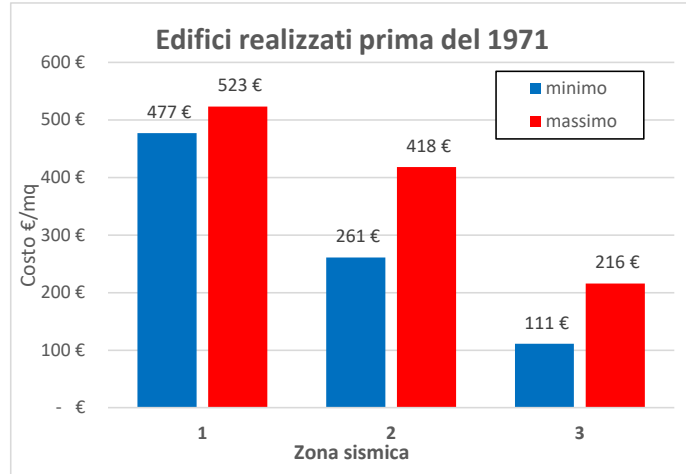


### STOCK EDILIZIO RESIDENZIALE Composizione % per epoca di costruzione



# I costi della riqualificazione

Costi parametrici in edifici in cemento armato per raggiungere il 60% dell'adeguamento



Fonte ANCE 2017, Federcasa

Stima del costo di intervento di miglioramento sismico in mln euro

Zona	< 1945	1945-80	1981-00	> 2000	Totale
1	70	3.979	1.308	170	5.527
2	177	22.093	3.967	424	26.660
3	113	14.387	2.537	271	17.308

Edifici in cemento armato



## sapete quanto tempo si trascorre tra mura domestiche e lavorative?

# 56%

Questa è la stima del tempo trascorso fra mura domestiche o presso i luoghi dove lavori, in pratica più della metà della vita di un essere umano di con vita attesa di 80 anni.



# deve interessarvi!

Cambiamenti climatici e nuove sfide per edifici attivi attivi e resilienti

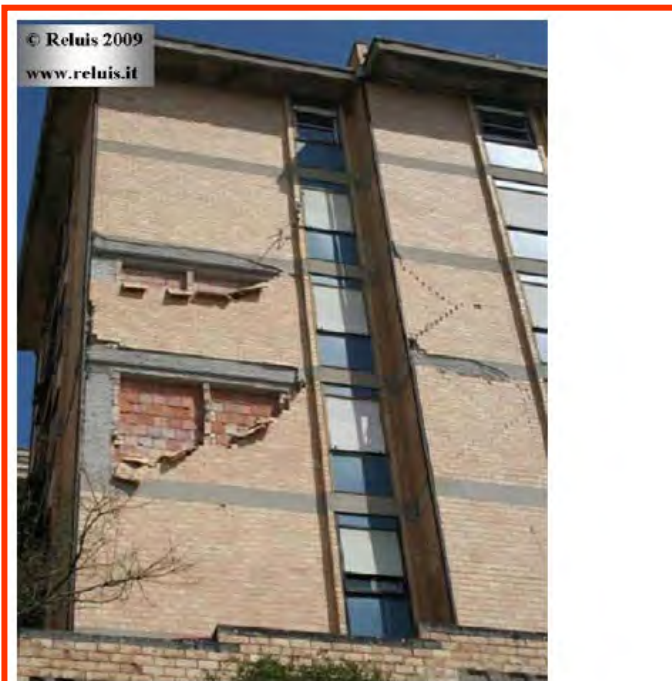


ANCE | EMILIA ROMAGNA

**Ha senso la riqualificazione energetica**  
senza una valutazione dello stato di  
consistenza strutturale del fabbricato ??



# Vulnerabilità sismica – Efficienza energetica – Degrado architettonico



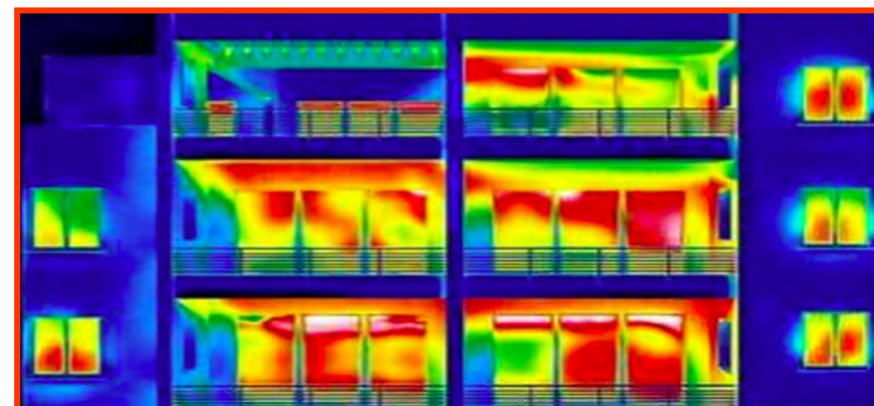
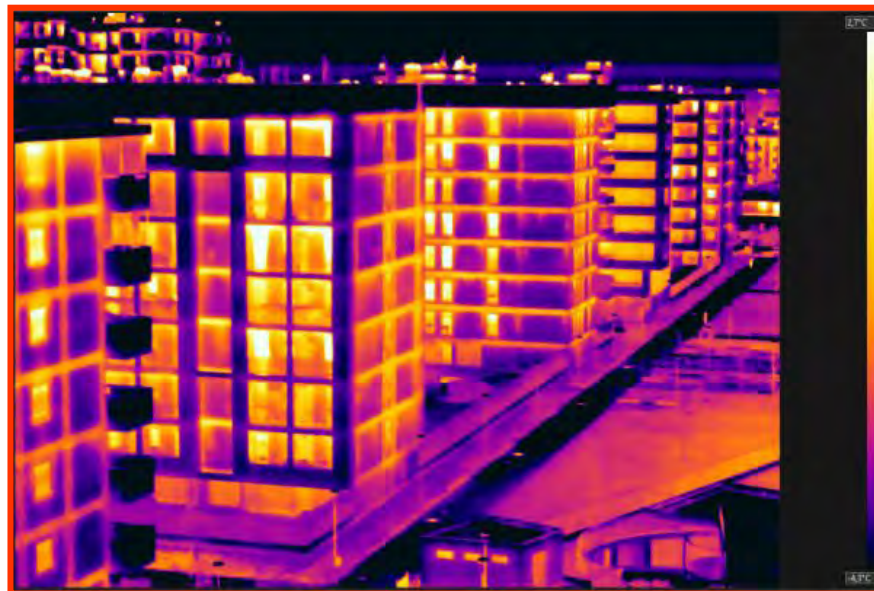
© Reluis 2009  
www.reluis.it

**Infills damage**  
Internal infill is made up of clay blocks, external one of solid bricks.



© Reluis 2009  
www.reluis.it

**Reinforced concrete building placed in Via XX Settembre – L'Aquila**  
Total and partial ejecting of corner infills at first level.



→ Rende affidabile e resiliente l'investimento →

**SISMABONUS INFOGRAPHICS**

**IL PROGETTO**  
Il Direttore dei lavori e il collaudatore statico attestano la conformità del progetto

**IL PROPRIETARIO**  
Il proprietario che intende accedere al beneficio iscrive un professionista

**LA CLASSE DI RISCHIO**  
Il professionista individua la classe di rischio e progetta l'intervento di riduzione del rischio sismico

**DETRAZIONI**

- 50% STESSA CLASSE
- 70%-75% MIGLIORAMENTO DI UNA CLASSE
- 80%-85% MIGLIORAMENTO DI DUE O PIU' CLASSE

# Obiettivi - Requisiti - Materiali

## Obiettivi

### Obiettivi generali:

- Rigenerazione urbana;
- Miglioramento della qualità della vita;
- Sostenibilità.



### Obiettivi specifici:

- Rinnovamento estetico/architettonico;
- Efficientamento energetico;
- Miglioramento sismico.

## Requisiti

- Integrazione degli obiettivi
- Limitata invasività
- Assenza di interruzione d'uso

## Materiali

- Calcestruzzo
- Legno
- Metallo

Vedasi Esoscheletro



Courtesy of dott. L. De Stefani

PRE-INTERVENTO



Courtesy of dott. L. De Stefani

POST-INTERVENTO



# Indagini statistiche sulla vulnerabilità sismica edifici esistenti

INGV/GNDT- GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI  
Programma quadro 2000-2002  
TEMA 1 - Valutazione del rischio sismico del patrimonio abitativo a scala nazionale

**Progetto: SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani**

Task 2  
**INVENTARIO E VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI PUBBLICI E STRATEGICI DELL'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE**

Volume II  
**ANALISI DI VULNERABILITÀ E RISCHIO SISMICO**

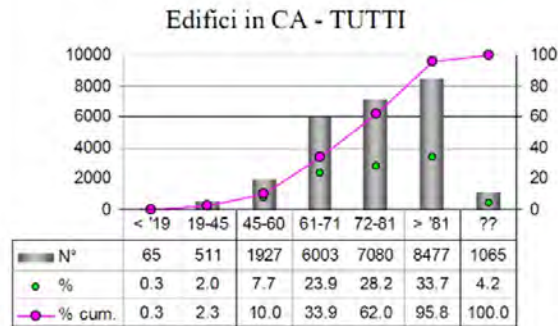
## EUROPE'S BUILDINGS UNDER THE MICROSCOPE

A country-by-country review of the energy performance of buildings

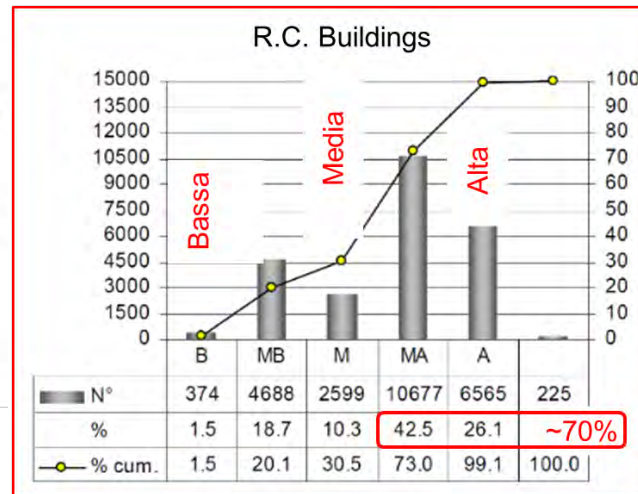


Building Performance Institute Europe  
October 2001

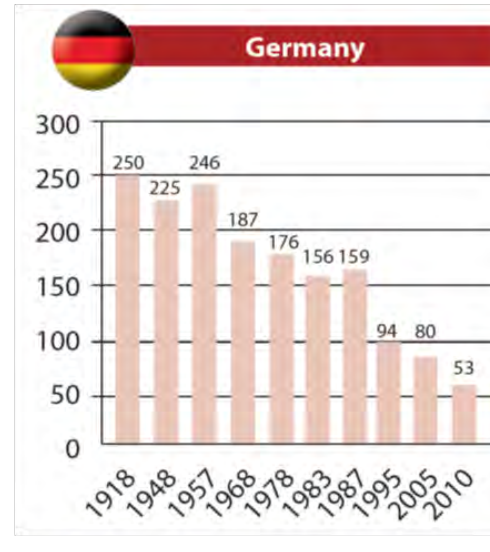
**EC target 2050:  
ZNEB buildings**  
100% RES - envelope solutions



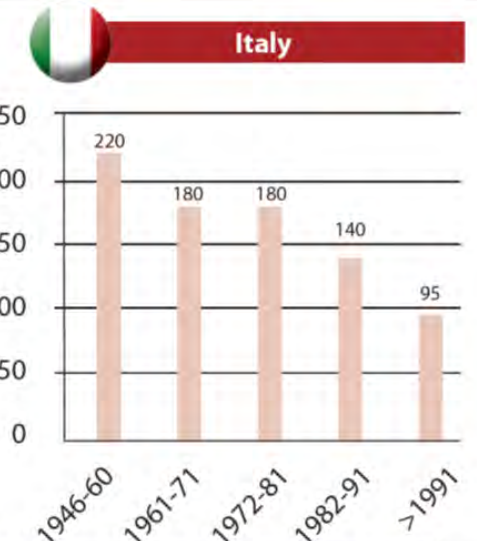
Epoca di costruzione edifici in c.a.  
(totale esaminato circa 25 000 edifici)



Indice vulnerabilità edifici in c.a.

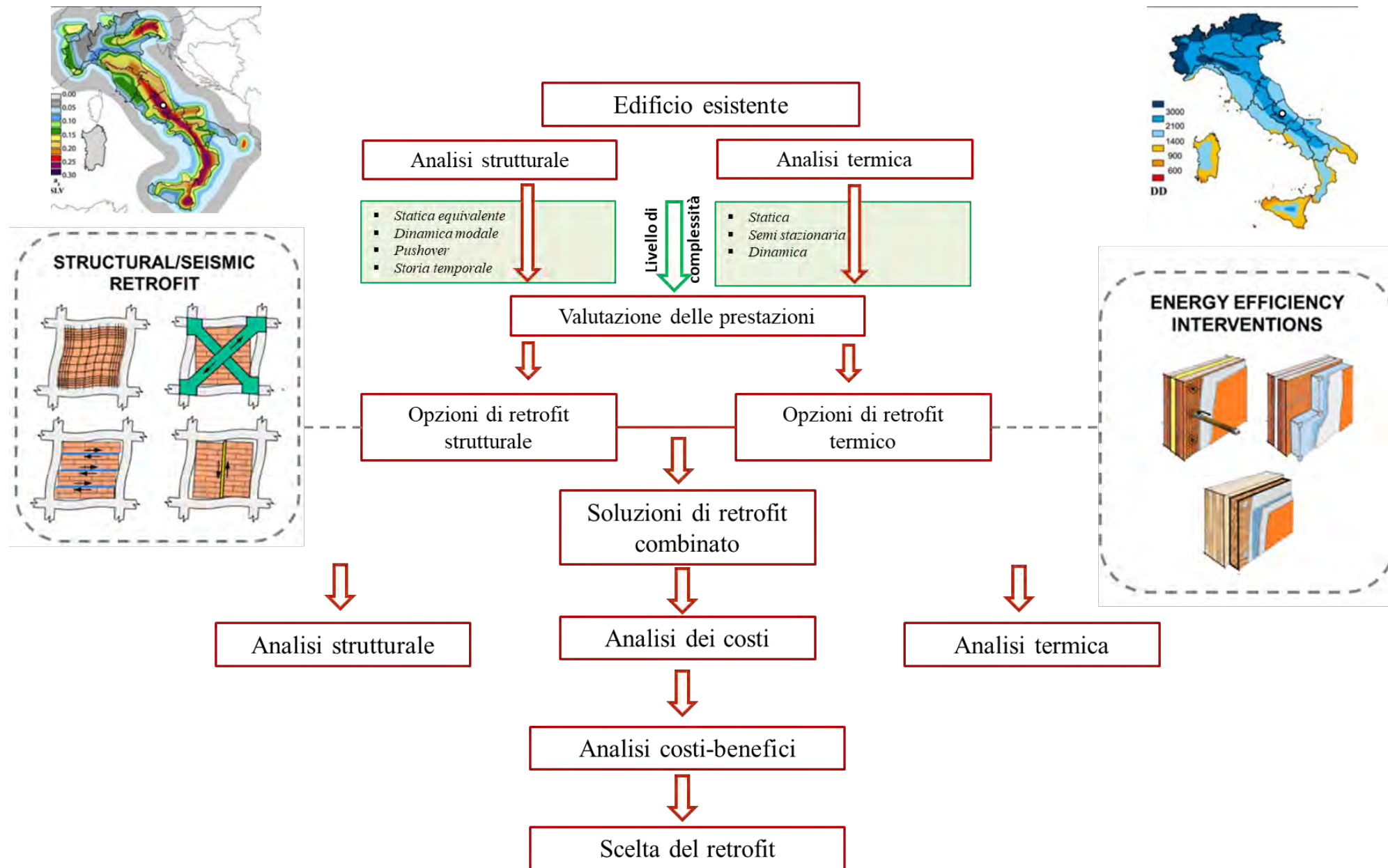


Average final consumption levels for heating (kWh/(m²a)) of single family homes by construction year



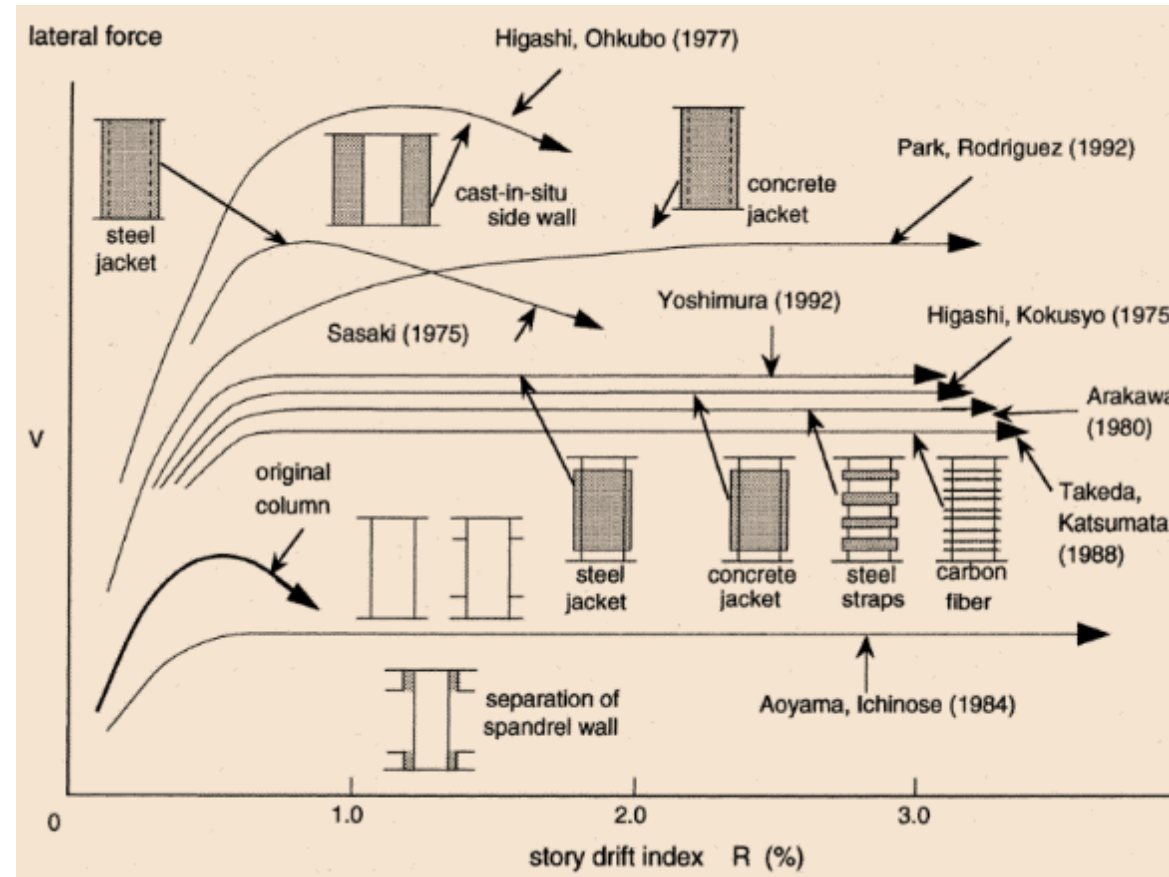
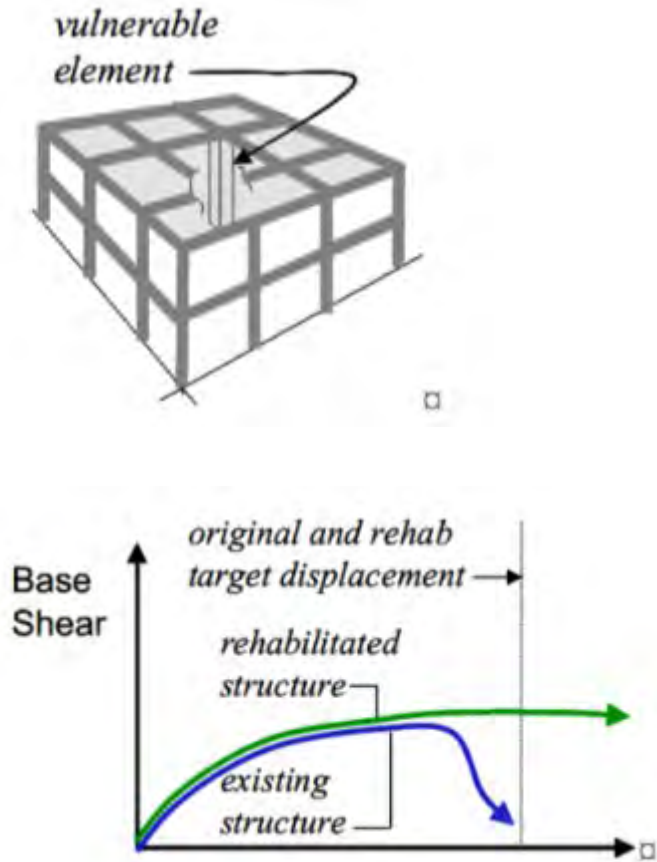
Edifici vetusti con elevata vulnerabilità sismica e scarsa efficienza energetica

# Integrazione degli interventi di miglioramento



# Approcci alternativi al miglioramento sismico degli edifici esistenti

## INTERVENTI «LOCALI»



carbon fibres wrapping to increase the shear strength in a column



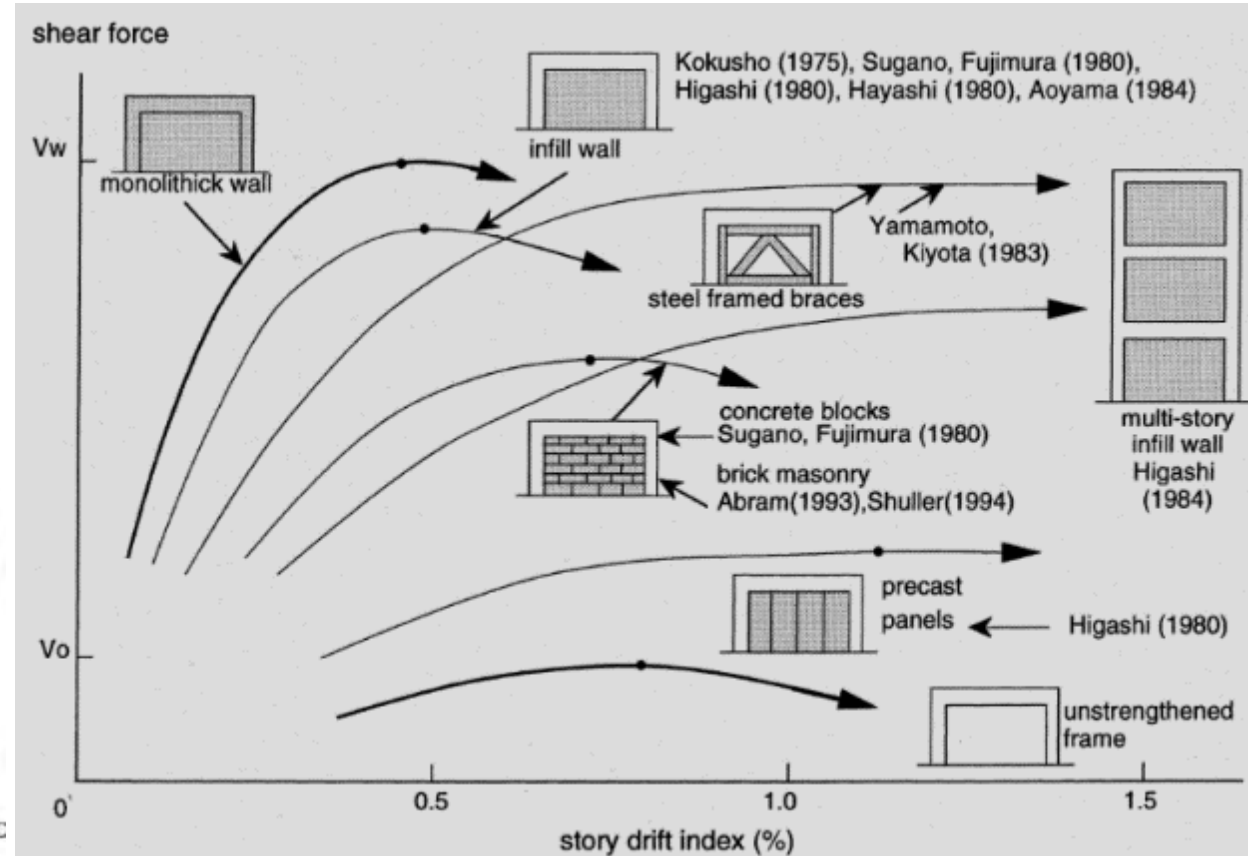
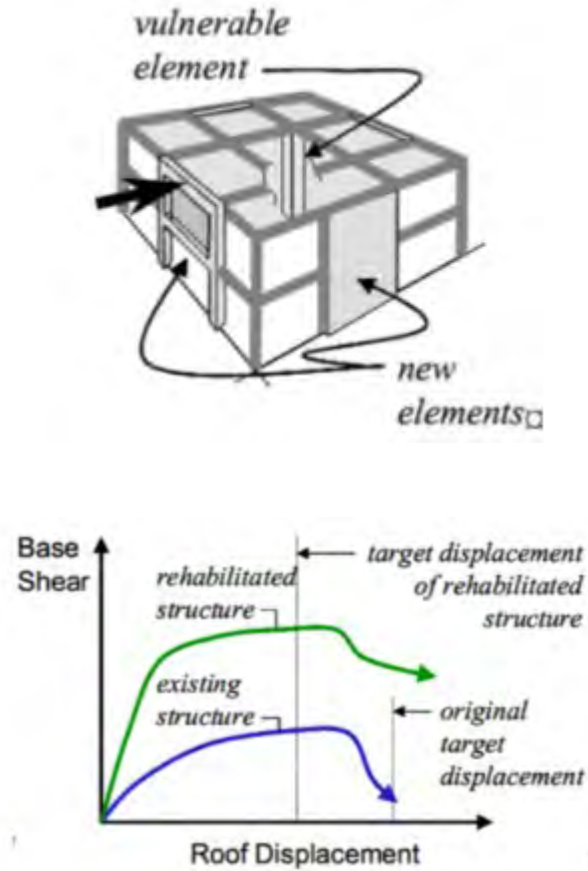
concrete casting to increase shear and flexural strength



steel encasing for the same purpose

# Approcci alternativi al miglioramento sismico degli edifici esistenti

## INTERVENTI «GLOBALI»



# Interventi GLOBALI integrati a LIMITATA INVASIVITÀ

PER LIMITARE L'INVASIVITÀ E L'INTERRUZIONE D'USO SI DEVE PREFERIBILMENTE INTERVENIRE DALL'ESTERNO DEL FABBRICATO

## MIGLIORAMENTO SISMICO

### REQUISITI PRINCIPALI

- Regolarità in pianta ed in altezza;
- Diaframmi resistenti e rigidi nel proprio piano per trasferire le azioni sismiche agli elementi sismici esterni (ovvero solai esistenti con cappe armate).

### REQUISITI PREFERENZIALI

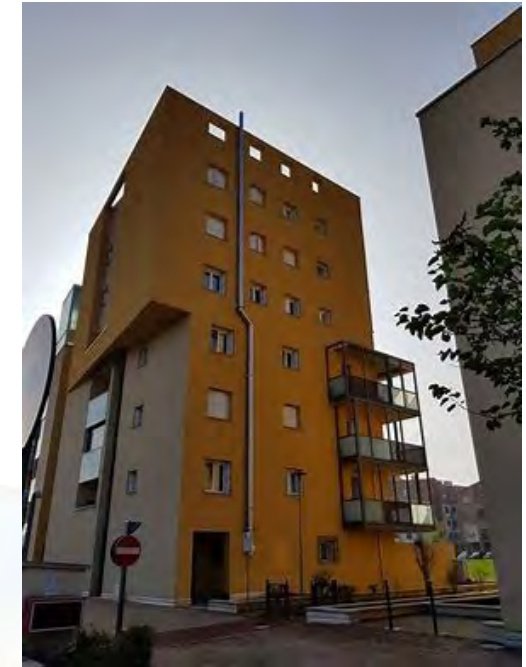
- Presenza di cordoli in c.a.
- Edifici strutturalmente indipendenti (no aggregato)

## EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

### SOLUZIONE A CAPPOTTO

### INTERVENTO COMBINATO SU INFISSI

### INTEGRAZIONE CON IMPIANTISTICA



# LA TECNOLOGIA DEL CAPPOTTO SISMICO

Deriva dalla «Insulated Concrete Formwork (ICF) technology» originariamente sviluppata per nuove strutture e riconvertita per il retrofit integrato di edifici esistenti.

Valentina Pertile – PhD thesis “Innovative technology for the seismic and energy integrated retrofitting of existing buildings Experimental tests, numerical validation and real building application”

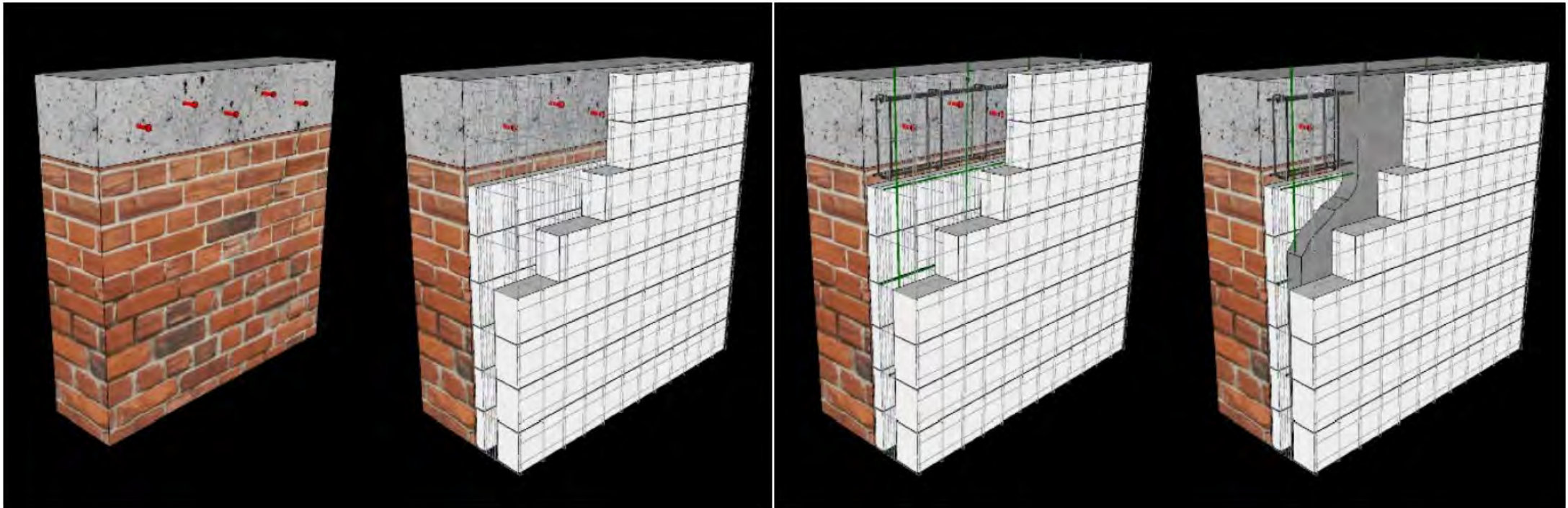


Figure 13. Construction phases of the ICF technology: installing the connectors, placing the insulated formwork, placing the steel reinforcement, casting the concrete.

# Guscio antisismico in legno

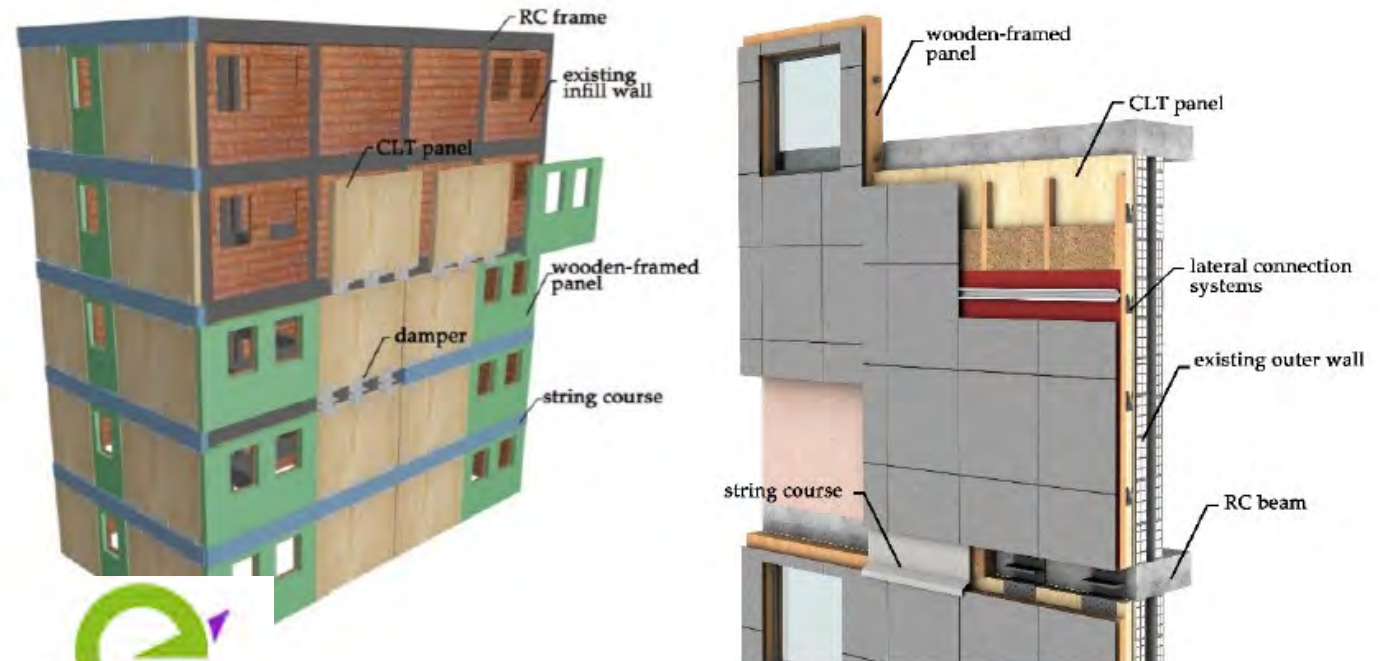
La realizzazione di un guscio antisismico in materiali lignei ingegnerizzati edifici viene realizzato con un duplice obiettivo:

- RETROFIT SISMICO (leggerezza del materiale ligneo)  
Incremento della resistenza alle azioni orizzontali e della capacità dissipativa  
Funzione antiribaltamento delle tamponature di facciata
- EFFICIENTAMENTO ENERGETICO (bassa conducibilità termica del materiale ligneo)



In letteratura sono disponibili differenti metodologie di intervento a seconda:

- Della tipologia di edificio esistente (telaio in c.a. o in muratura);
- Della tipologia di materiale a base di legno impiegato (come CLT, LM, LL etc.)



# Guscio antisismico in legno – esperienze e ricerche di letteratura

Sono stati eseguiti Test di laboratorio su configurazioni rinforzate e non:

## Telaio in c.a.

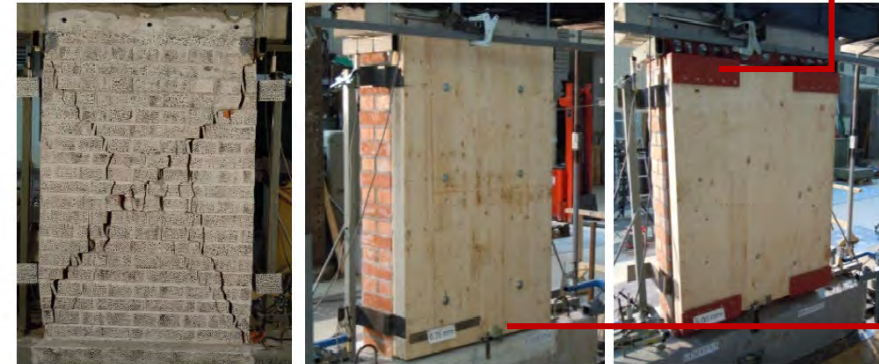
- Senza tamponamento
- Con tamponamento



Sustersic, I., Dujic, B., 2012. SOFIE project – Seismic Strengthening of existing buildings with cross laminated timber panels, 12th World Conference on Timber Engineering, July 15-19, Auckland, New Zealand.

## Muratura

- Mattoni pieni
- Laterizio forato



Connessione dissipativa

Connessione rigida

Test di laboratorio su provini 1.2m x 1.5m

- Incremento resistenza circa 34%
- Scarso incremento duttilità

Sustersic, I., Dujic, B., 2012. SOFIE project – Seismic Strengthening of existing buildings with cross laminated timber panels, 12th World Conference on Timber Engineering, July 15-19, Auckland, New Zealand.

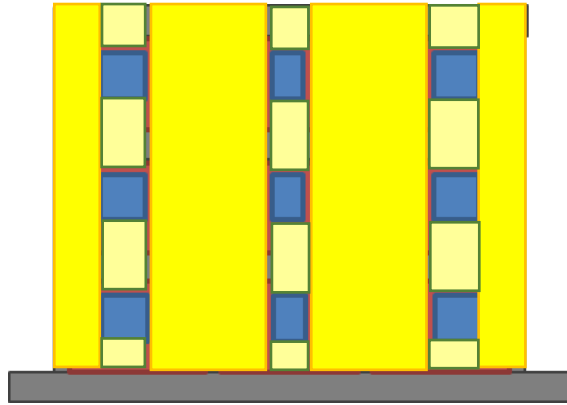


Evangelisti, F., Pozza, L., Scotta, R. 2017. CLT used as seismic strengthener for existing masonry walls, XVII Convegno ANIDIS – L'ingegneria Sismica in Italia -Pistoia, 17-21 Settembre 2017

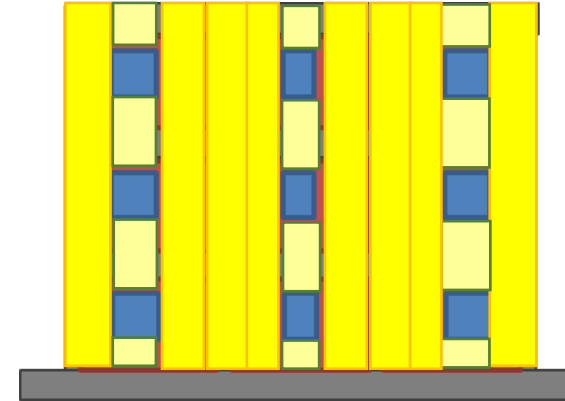


# Guscio ligneo – tecnologia e dettagli

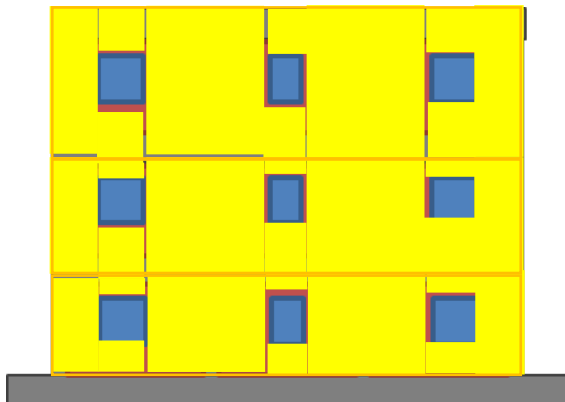
Differenti layout di facciata in relazione alla modalità di produzione dei pannelli di rinforzo



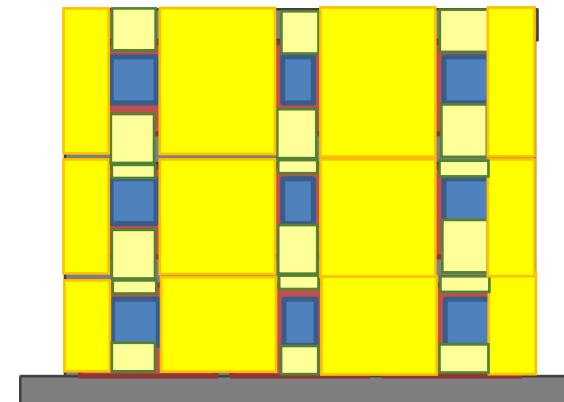
Setti verticali continui



Setti verticali giuntati



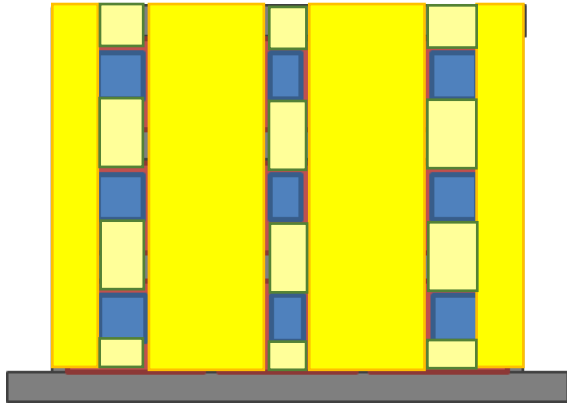
Pareti orizzontali  
monolitiche



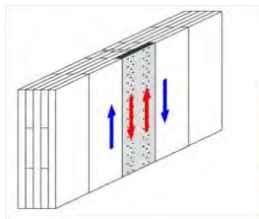
Pareti orizzontali  
giuntate

Ogni modalità di produzione è caratterizzata da resistenza e rigidezza differenti e può dimostrare efficacia differente a seconda della geometria dell'edificio da consolidare

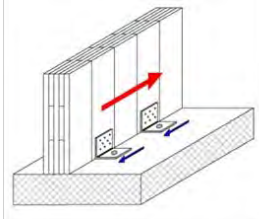
# Guscio ligneo – tecnologia e dettagli



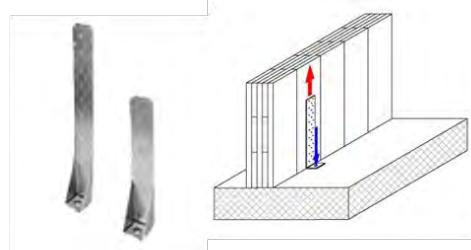
Setti verticali continui



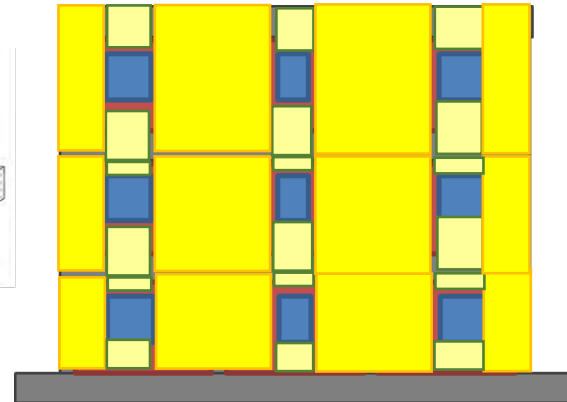
Coprigiunti in legno fissati con chiodi o viti



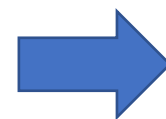
Angolari metallici chiodati



Holdown metallici chiodati



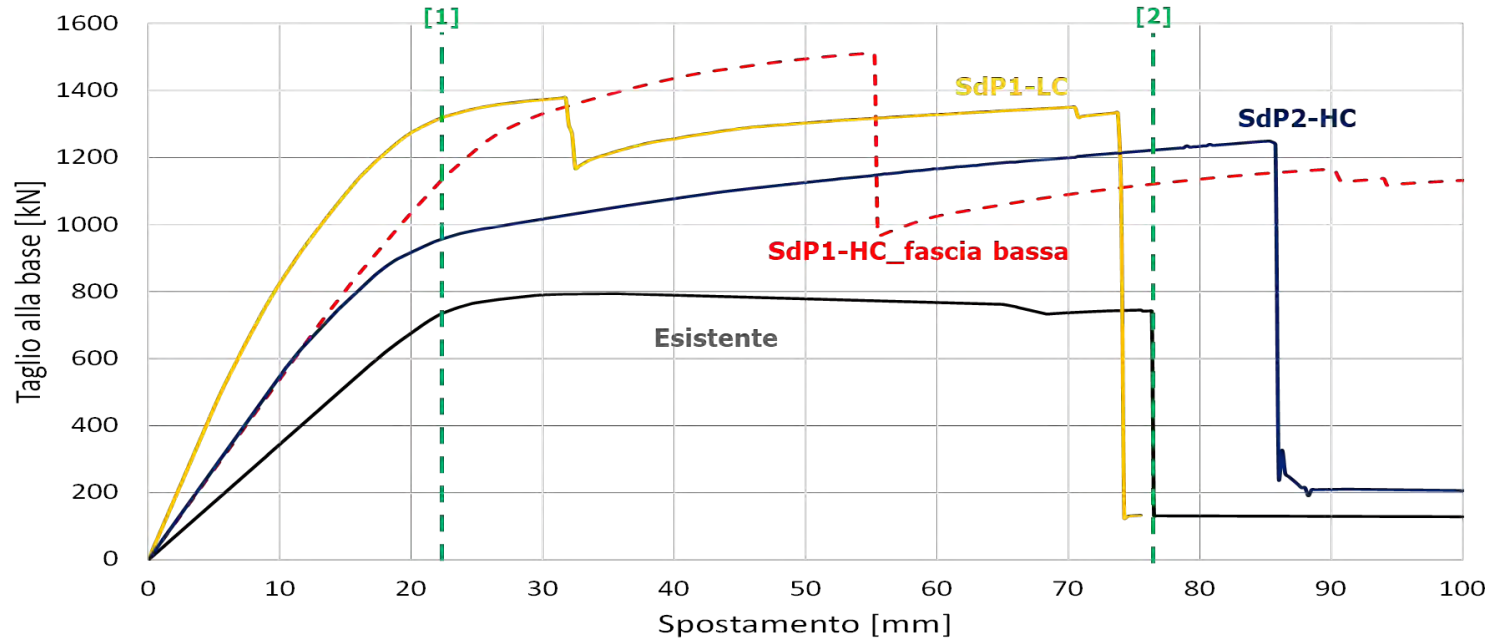
Ogni modalità di produzione è caratterizzata da differenti sistemi di connessione che si possono utilizzare per assemblare i pannelli



Scelta della tipologia di assemblaggio dei pannelli

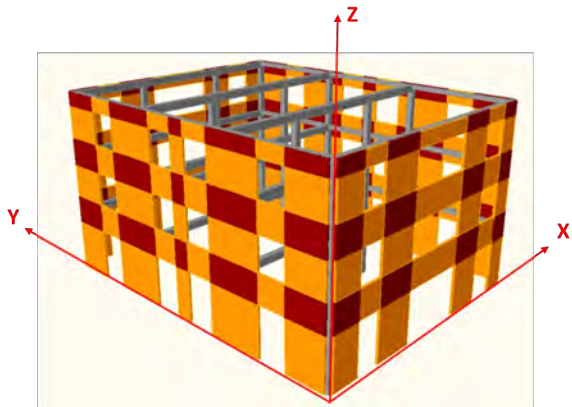
# Valutazione dell'efficacia del rinforzo con guscio ligneo

## Curve di comportamento – direzione X



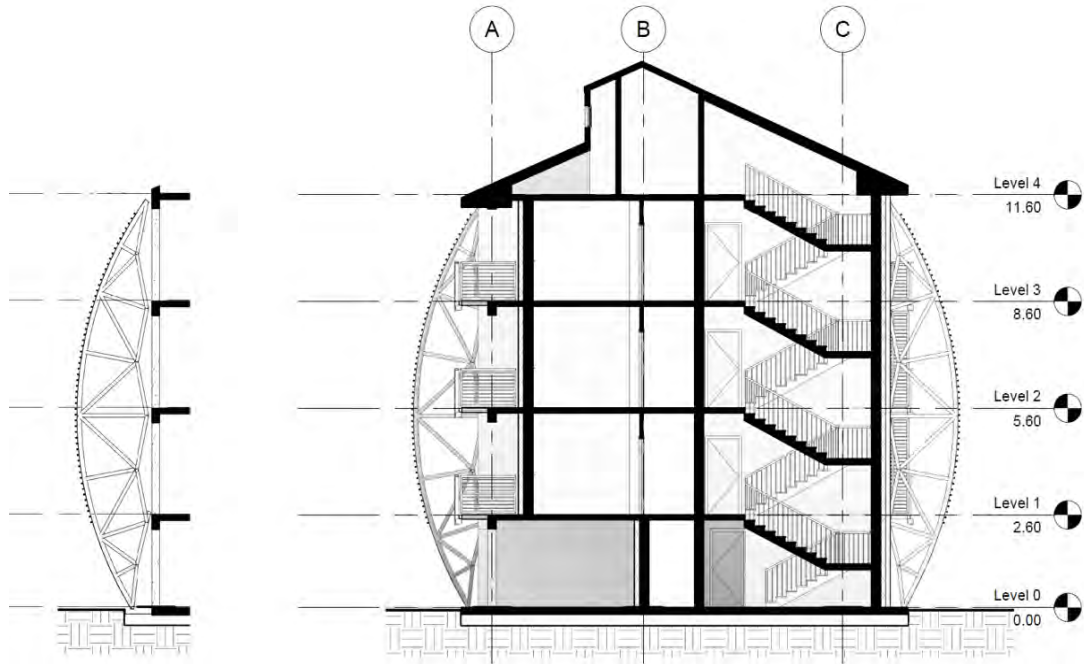
Il sistema di rinforzo risulta molto efficace in quanto:

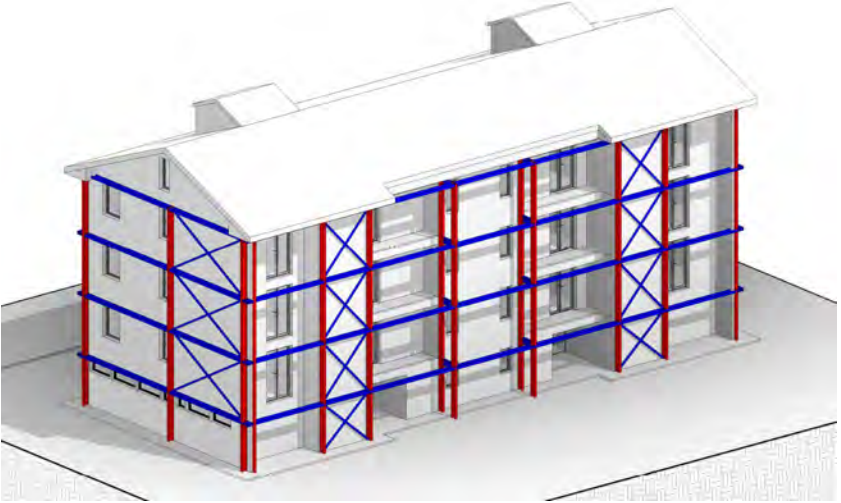
- Aumenta la resistenza senza limitare significativamente la duttilità del sistema (ottimale per le verifiche SLV [2]). Risposte differenti a seconda del tipo di connessione e geometria della facciata
- Aumenta la rigidezza del sistema limitando quindi il drift di piano (beneficio per le verifiche allo SLD [1])



**NOTA: L'IMPIEGO DI UNA CONNESSIONE DISSIPATIVA TRA IL TELAIO ESISTENTE E IL SISTEMA DI RINFORZO PORTA ULTERIORI BENEFICI IN TERMINI DI DISSIPAZIONE ISTERETICA**

## Esoscheletro





**Esoscheletro**



# Note conclusive

	RINNOVAMENTO ESTETICO	EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	MIGLIORAMENTO SISMICO
<b>calcestruzzo</b>			
➤ Setti di controvento esterni			
➤ Sistemi tipo «cappotto sismico»			
➤ Sistemi a graticcio			
<b>acciaio</b>			
➤ Esoscheletro			
<b>legno</b>			
➤ Guscio in XLam			

## SICUREZZA DEL PATRIMONIO EDILIZIO NELLA RIVIERA ROMAGNOLA



- Grande sviluppo edilizio a partire dagli anni '50
- Comparto economico rilevante fortemente cresciuto negli anni '60-80
- Saturazione frequente della fascia costiera
- Densificazione disorganica del tessuto urbano


# Effetti sul patrimonio edilizio



- Insediamenti a mare spesso in assenza di chiare regole edificatorie
- Sopraelevazioni, allargamenti
- Integrazione di sistemi strutturali incoerenti
- Cambio delle prestazioni degli edifici



# Qualità del costruito

- Ambiente marino aggressivo
  - Possibilità di effettuare poco più che la manutenzione ordinaria
  - Durante il boom economico la zona era NON sismica
- 
- Criteri progettuali e realizzativi ispirati a scenari di caricamento statici (carichi gravitazionali)
  - Telai in c.a.: sezioni insufficienti e spesso intersecate dagli impianti
    - calcestruzzo scadente (5-15 MPa) e degradato
    - ferri insufficienti e staffe spesso assenti
  - Muratura: degradata o soggetta a carichi eccessivi
  - Fondazioni: Assenti o insufficienti ai carichi attuali (sopraelev. etc...)

# L'attualità

- L'intero territorio Nazionale è sismico
- Non ci sono più "OASI"
- La sabbia di Ravenna non è più sufficiente a proteggerci dai terremoti
- La sensibilità comune stà crescendo verso il problema della sicurezza (es: *io non tremo*)
- Conseguenze socio-economiche di un terremoto in un'area così antropizzata e forte valenza economica



# Rischio sismico

Rischio = Pericolosità x Vulnerabilità x Esposizione

↑  
**Media - Elevata**

↑  
**Elevata**

↑  
**Molto elevata**



# Grazie

**Prof Ing Claudio Mazzotti**

CIRI Edilizia e Costruzioni – UNIBO

[claudio.mazzotti@unibo.it](mailto:claudio.mazzotti@unibo.it)

