



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Interventi strutturali ed energetici integrati

Anna Marzo, PhD
Ingegnere Strutturista

Responsabile del Laboratorio Tecnologie per la Dinamica delle Strutture e la PREVenzione del rischio sismico e idrogeologico (ENEA – SSPT – MET – DISPREV)



FASI DI INTERVENTO SUGLI EDIFICI ESISTENTI

- Fase di conoscenza e valutazione della sicurezza
- Classificazione degli interventi necessari
- Strategie di intervento: soluzioni integrabili
- Esempi applicativi di soluzioni integrate/integrabili

STRATEGIE DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO E L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE ESISTENTI

INTEGRABILITÀ TRA INTERVENTI DI SICUREZZA STRUTTURALE E DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO



- SOSTENIBILITÀ E GARANZIA DELL'INVESTIMENTO
- CONVENIENZA ECONOMICA
- MIGLIORAMENTO DEL PATRIMONIO EDILIZIO NAZIONALE ESISTENTE

SOSTENIBILITA' E GARANZIA DELL'INVESTIMENTO



Non è sostenibile realizzare strutture tecnologicamente avanzate ma non sicure ► anche sisma di medio-bassa intensità può danneggiarle

CONVENIENZA ECONOMICA

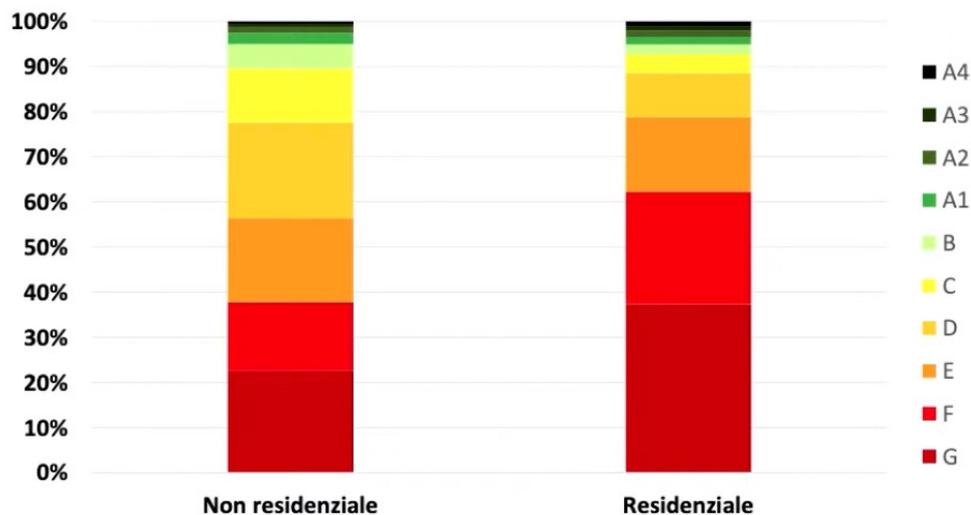
Agevolazioni per interventi di edilizi variabili negli anni, ma più o meno presenti in percentuali anch'esse variabile:

- **Detrazioni**
- **Incentivi che puntano al risparmio energetico**
- **...**

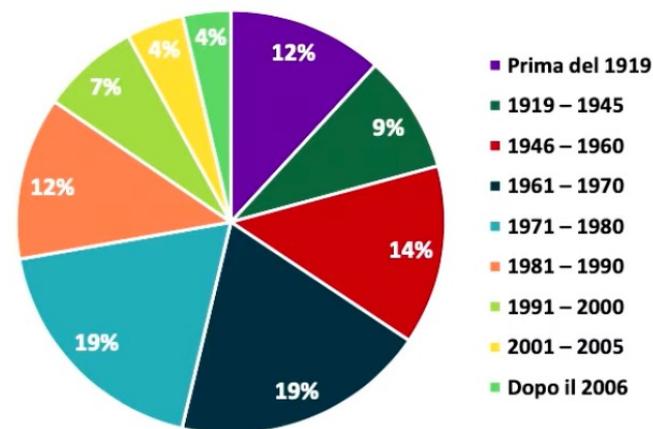
MIGLIORAMENTO DEL PATRIMONIO EDILIZIO NAZIONALE ESISTENTE

- Dall'analisi dei dati forniti dalle Regioni e dalle Province autonome al **Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE)**, realizzato e gestito da ENEA, emerge che **quasi l'80% degli edifici non residenziali e il 90% di quelli residenziali si trovano nelle classi energetiche D o inferiori.**
- Questo dato è comprensibile se si considera che **oltre il 40% del parco edilizio nazionale è costituito da edifici costruiti nel periodo 1945-1972.**

Distribuzione degli APE 2016-2019 per classe energetica



Parco edilizio italiano: periodo di costruzione



Fonte: Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale – STREPIN (9/11/2022 – Energy & Strategy – Politecnico di Milano - [webinar](#))

<https://www.ingenio-web.it/articoli/il-patrimonio-edilizio-italiano-residenziale-e-la-sfida-della-digitalizzazione-dell-energia/>

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI (8.4 NTC-2018)

Interventi di riparazione o locali

- **Intervento:** elementi isolati, singole parti e/o elementi della struttura, porzioni limitate della costruzione (aumento della sicurezza)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** solo su parti interessate, documentando che gli interventi:
 - ✓ non producono modifiche al comportamento delle altre parti e globale
 - ✓ comportano un miglioramento della sicurezza

Interventi di miglioramento

- **Intervento:** aumento sicurezza strutturale (anche se $<$ livello nuove costruzione)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** estesi alle parti interessate da modifiche di comportamento e alla struttura nel suo insieme

Interventi di adeguamento

- **Intervento:** aumento sicurezza strutturale fino a raggiungere le prestazioni di 8.4.3
- **Progetto e valutazione sicurezza:** estesi a tutta la struttura, oltre che alle parti interessate da modifiche anche se limitate rispetto al complesso strutturale

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI (8.4 NTC-2018)

Adeguamento obbligatorio in caso di (8.4.3):

- **Sopraelevazione** (sono esclusi i casi in cui si realizzano cordoli sommitali)
- **Variazioni di destinazione d'uso** che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10% (valutati secondo la combinazione caratteristica rara impiegata per gli SLE reversibili (eq. 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali (resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione).
- **Trasformazione** mediante un insieme sistematico di opere che porti ad un organismo edilizio diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani
- **Modifiche di classe d'uso** che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

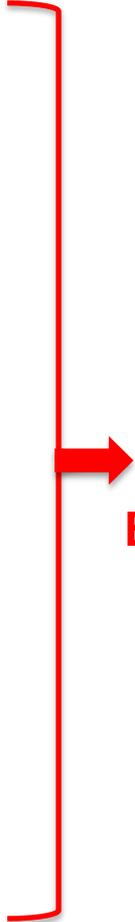
CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI (8.4 NTC-2018)

N.B.

- **Per i beni di interesse culturale** ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza (ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del D.L. 22 gennaio 2004, n. 42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio)
- **Per le costruzioni di valenza storico-artistica, anche se non vincolate**, è disponibile anche la “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri, 09.02.2011, per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale
- **Adeguamento e miglioramento** devono essere sottoposti a collaudo statico

STRATEGIE DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO E L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE ESISTENTI

- INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI
- AUMENTO DELLE CAPACITÀ DISSIPATIVE DELLA STRUTTURA
- MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI PARTI NON STRUTTURALI
- DISACCOUPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: Isolamento Sismico



**INTEGRABILITÀ
CON INTERVENTI
DI
EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO**

ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: MURATURA

STRUTTURE IN MURATURA: INTERVENTI RELATIVI ALLE PARETI

- Rinforzo di pareti con placcaggio armato, fasciature, cuciture armate
- Scuci e cuciture per riparazione locale
- Ristilatura dei giunti



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: MURATURA

STRUTTURE IN MURATURA: INTERVENTI RELATIVI AI VANI

SOSTITUZIONE/MODIFICA/APERTURA VANI

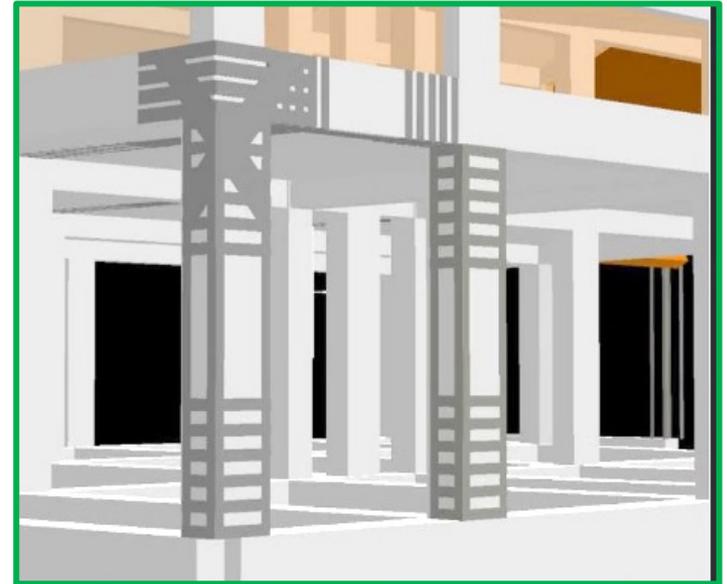
- **Verifica/inserimento cerchiature e piattabande**
- **Ripristino della continuità strutturale**



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: CEMENTO ARMATO

STRUTTURE IN C.A.: INTERVENTI RELATIVI AGLI ELEMENTI STRUTTURALI

- Rinforzo dei elementi strutturali e/o nodi

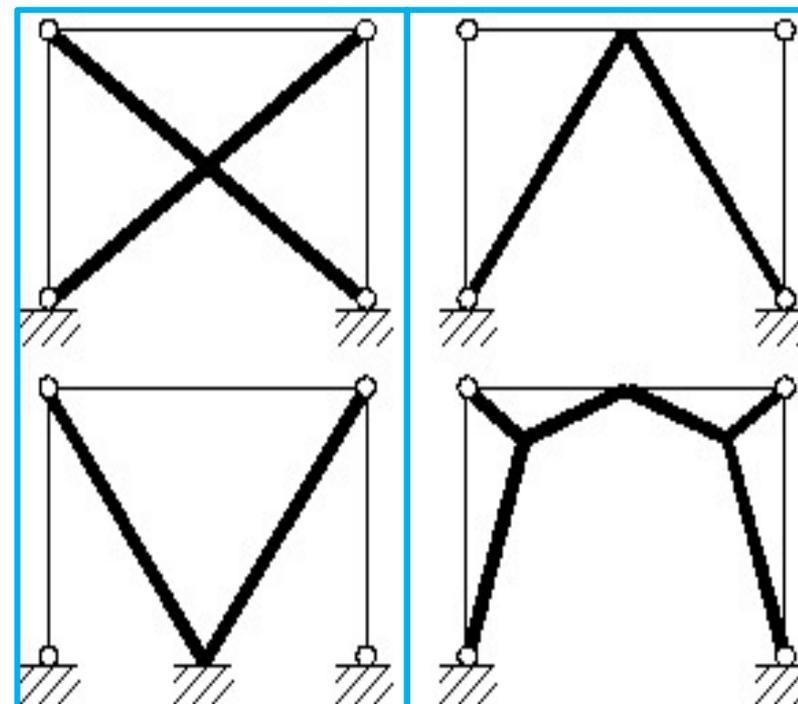
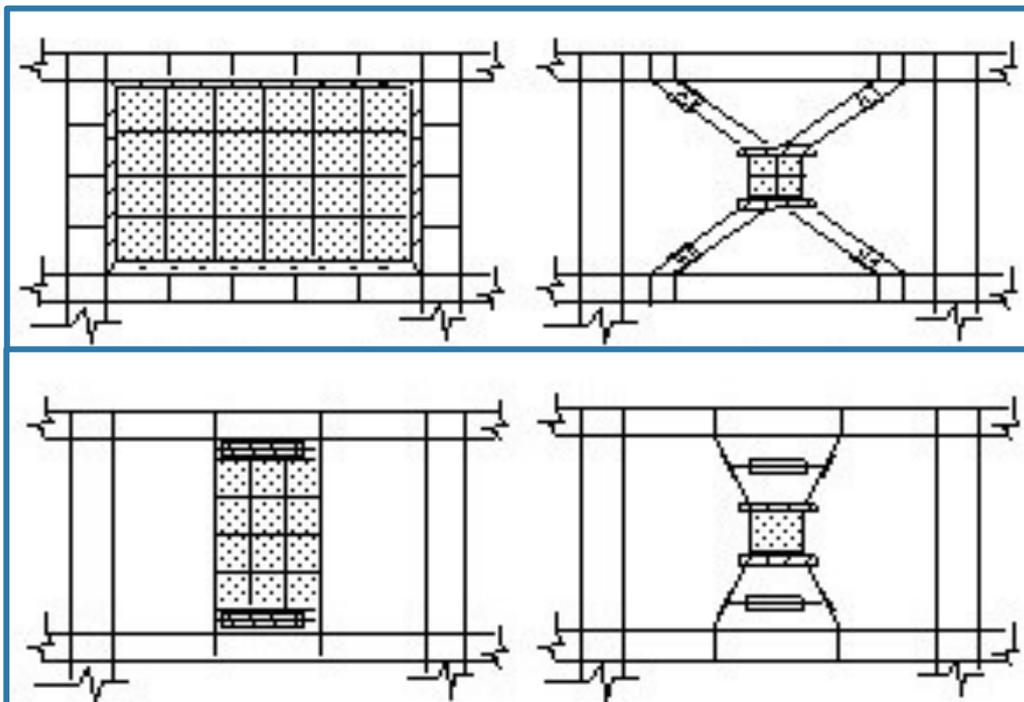
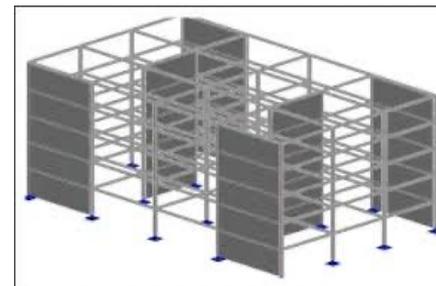


ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: CEMENTO ARMATO

STRUTTURE IN C.A.: INTERVENTI ALLE PARETI

- Inserimento di elementi di controvento
- Inserimento di pareti a taglio

Posizionamento pareti/controventi



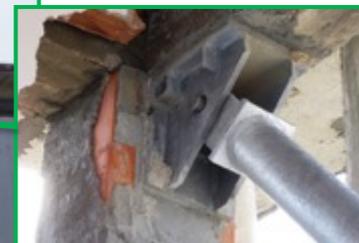
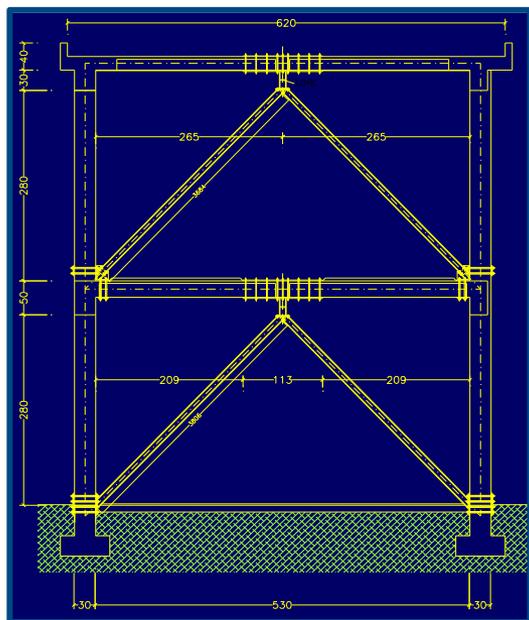
ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: CEMENTO ARMATO

TIPOLGIE DI CONTROVENTO



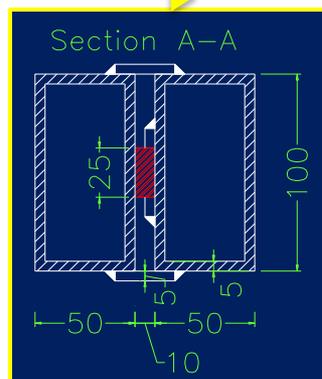
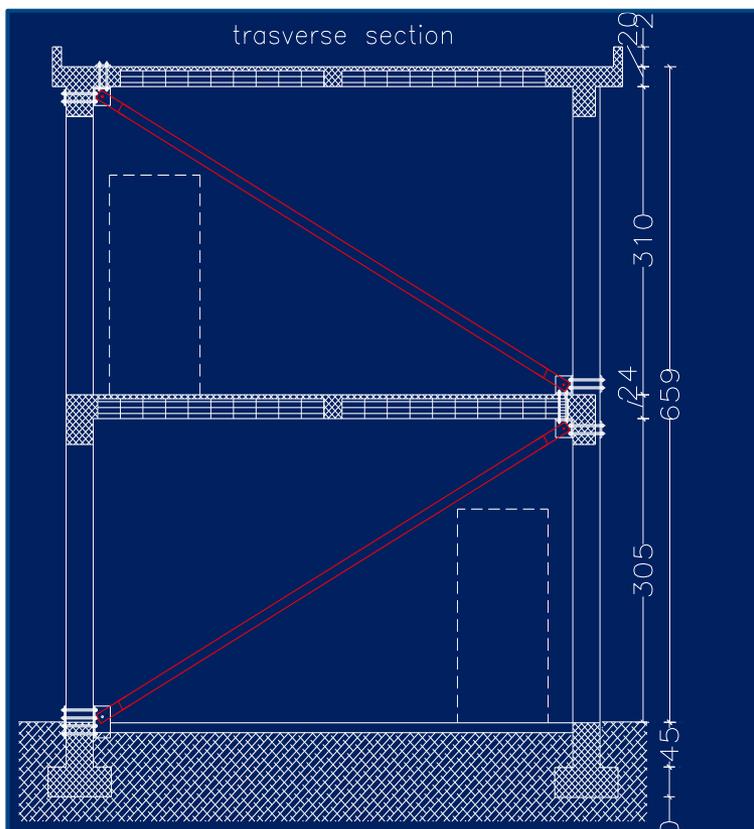
ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: CEMENTO ARMATO

CONTROVENTI DISSIPATIVI



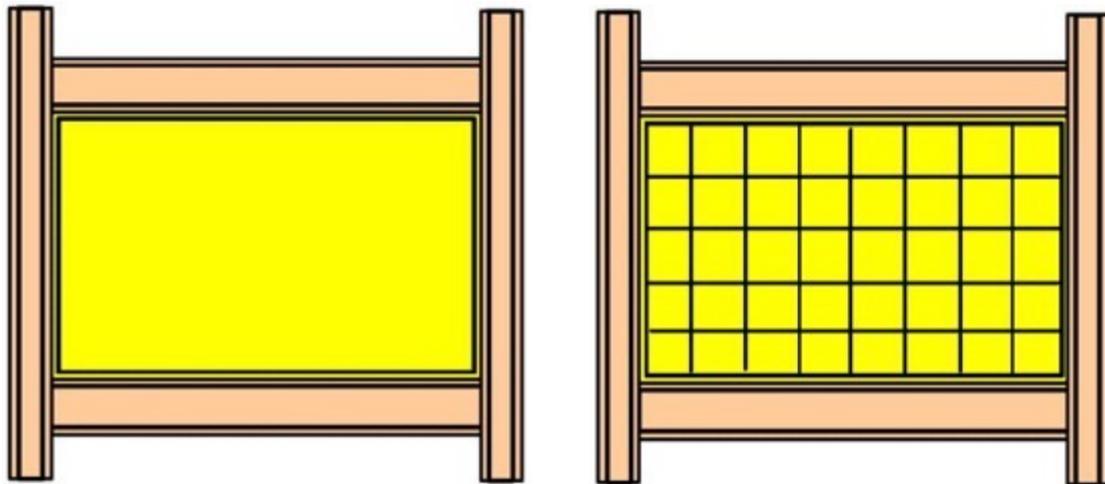
ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: CEMENTO ARMATO

CONTROVENTI DISSIPATIVI



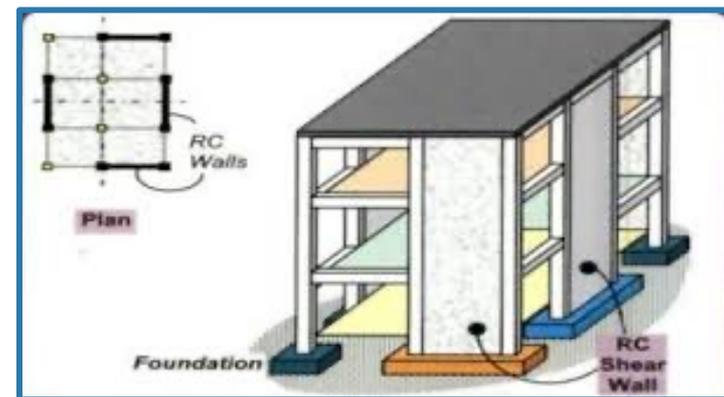
ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: ACCIAIO

PARETI A TAGLIO DISSIPATIVE E NON DISSIPATIVE

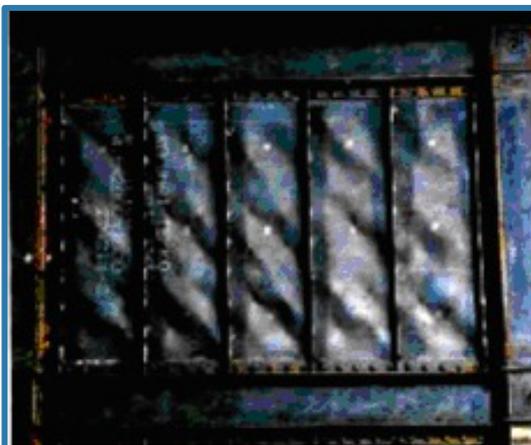
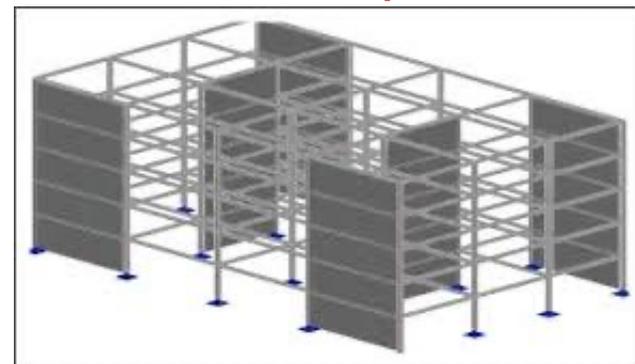


- Acciaio o alluminio: $s = 0.7 \div 1,5 \text{ mm}$

- C.a. : $s = 150 \div 300 \text{ mm}$



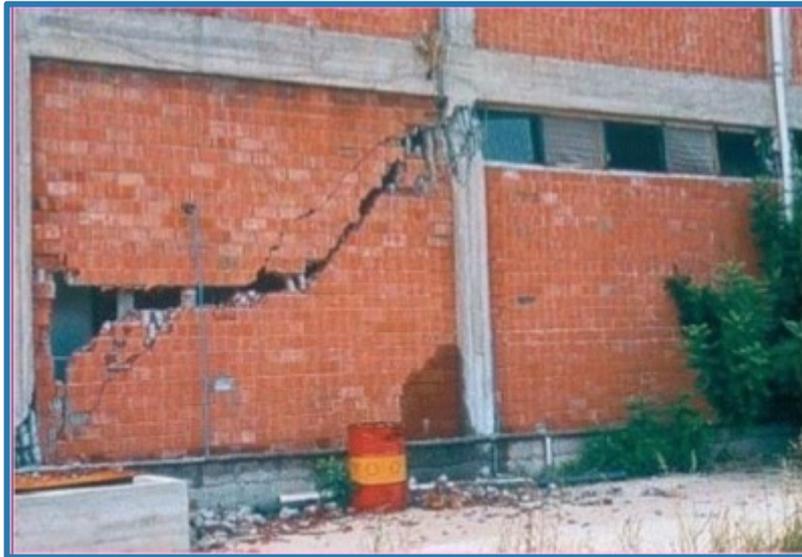
Posizionamento pareti



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: TAMPONATURE

LE TAMPONATURE: PROBLEMATICHE

Sotto l'effetto dei carichi sismici, le tamponature possono subire danni e/o interagire negativamente con i telai



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: TAMPONATURE

LE TAMPONATURE: RICHIESTE PRESTAZIONALI ATTUALI

- *Per gli elementi non strutturali devono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della F_a corrispondente allo SL e alla CU considerati.*
- *Migliorare i collegamenti degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro*

$$F_a = \frac{S_a W_a}{q_a}$$

S_a = Accelerazione massima
 W_a = Peso elemento
 q_a = Fattore di comportamento elemento

Al fine di contenere le lesioni negli elementi non strutturali che possono rendere l'edificio temporaneamente inagibile, la Norma pone inoltre dei limiti per gli spostamenti di interpiano della struttura allo stato limite di danno.

$$dr < 0,0050 \text{ h oppure } dr < 0,0075 \text{ h}$$

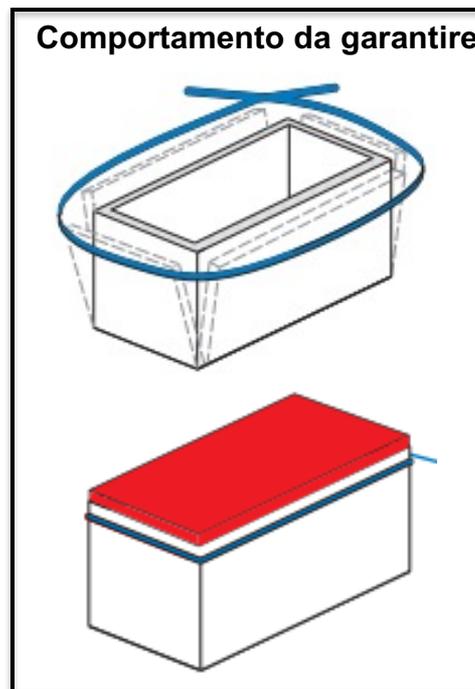
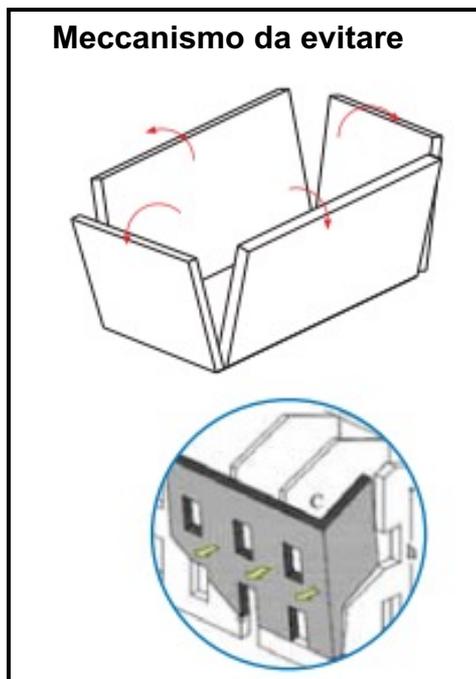
$$dr \leq drp \leq 0,01 \text{ h}$$

ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: SOLAI

INTERVENTI RELATIVI A SOLAI INTERMEDI E DI COPERTURA

- Strutture lignee
- Strutture in acciaio
- Strutture in c.a.

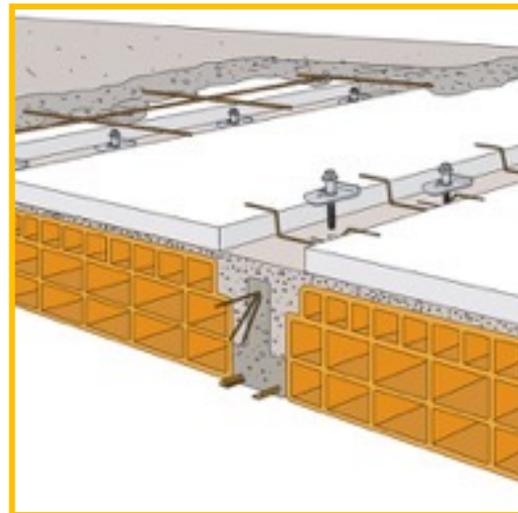
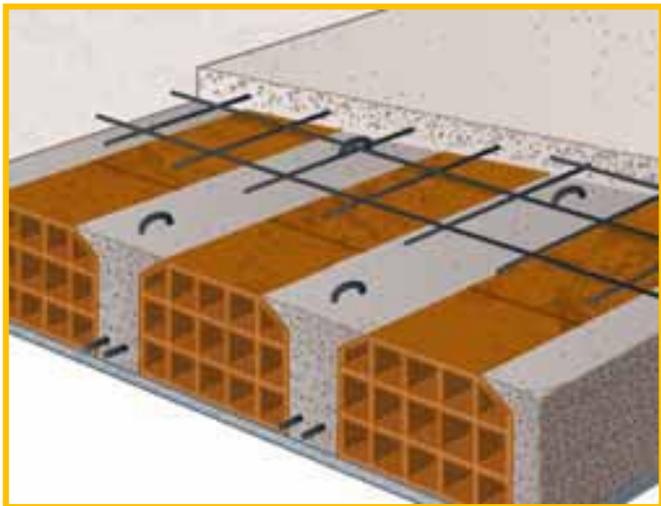
Integrazione dell'intervento architettonico con interventi di rinforzo strutturale e di efficientamento energetico



1. Consolidamento strutturale
2. Isolamento termo-acustico
3. Finitura architettonica

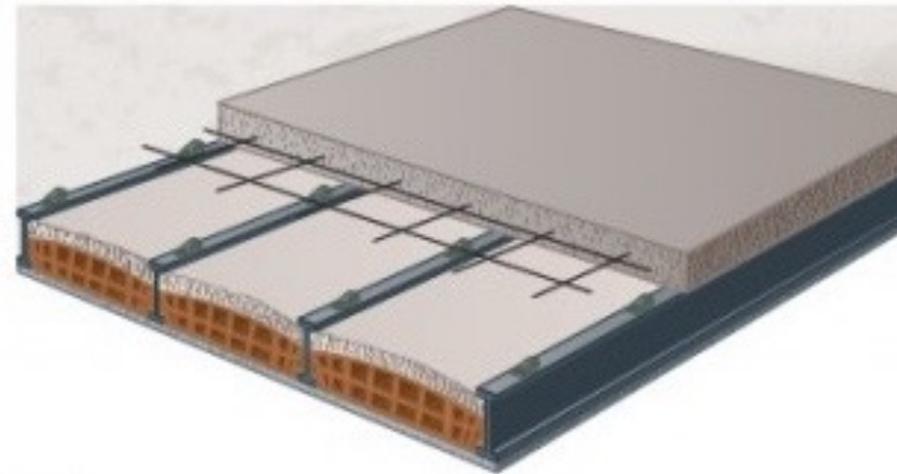
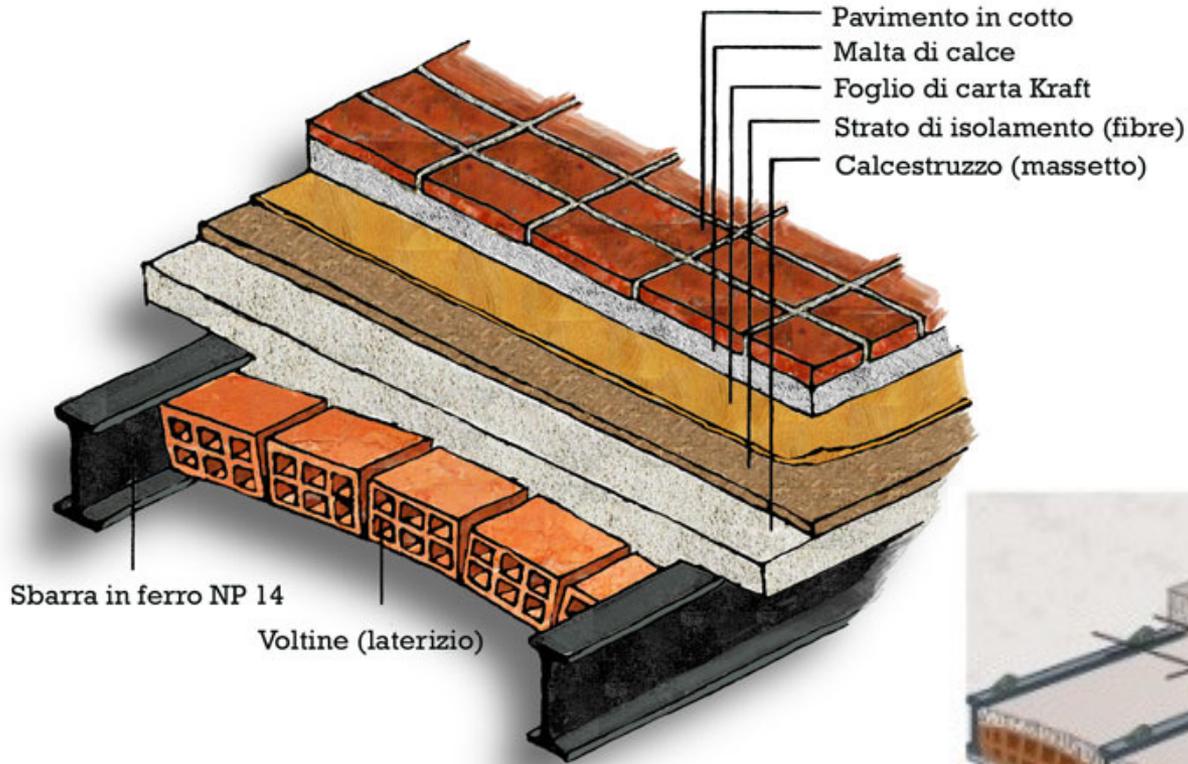
ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: SOLAI

SOLAI LATERO-CEMENTIZIO



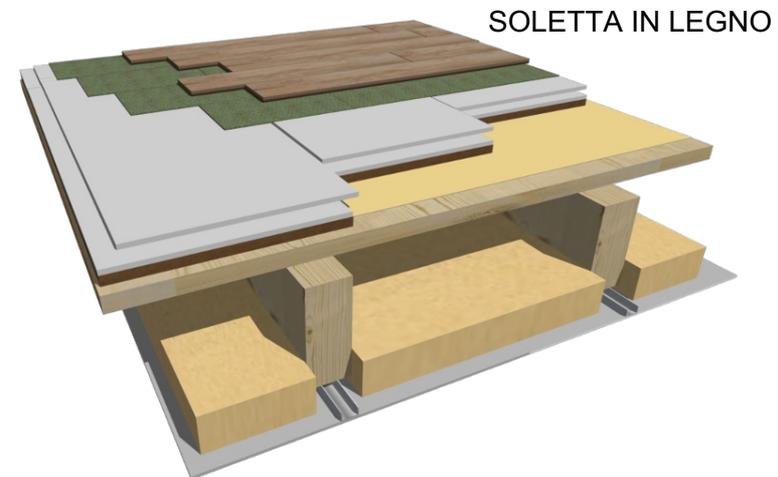
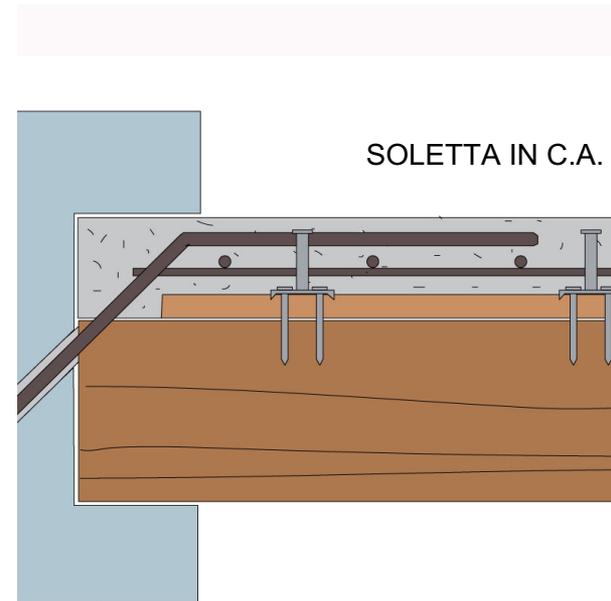
ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: SOLAI

SOLAI IN ACCIAIO E LATERIZIO



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: SOLAI

SOLAI IN LEGNO



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: INTERVENTI GLOBALI

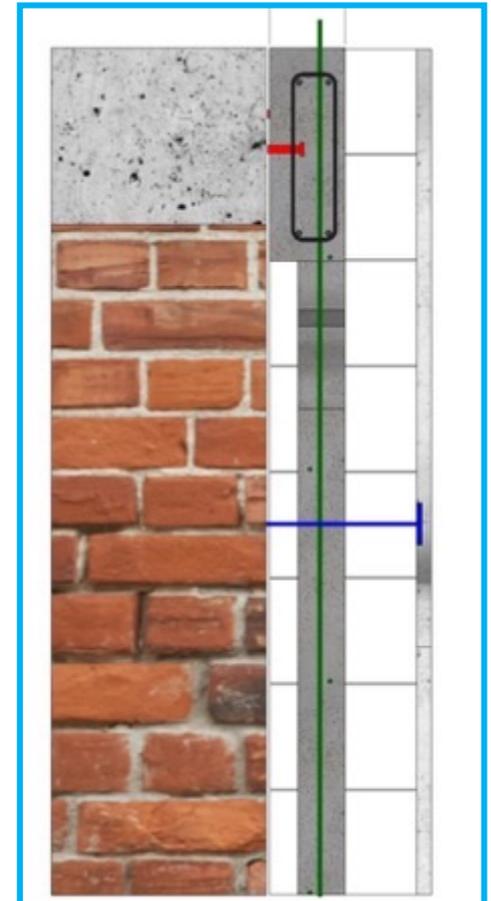
- **Esoscheletri in acciaio**



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: INTERVENTI GLOBALI

INTERVENTI GLOBALI

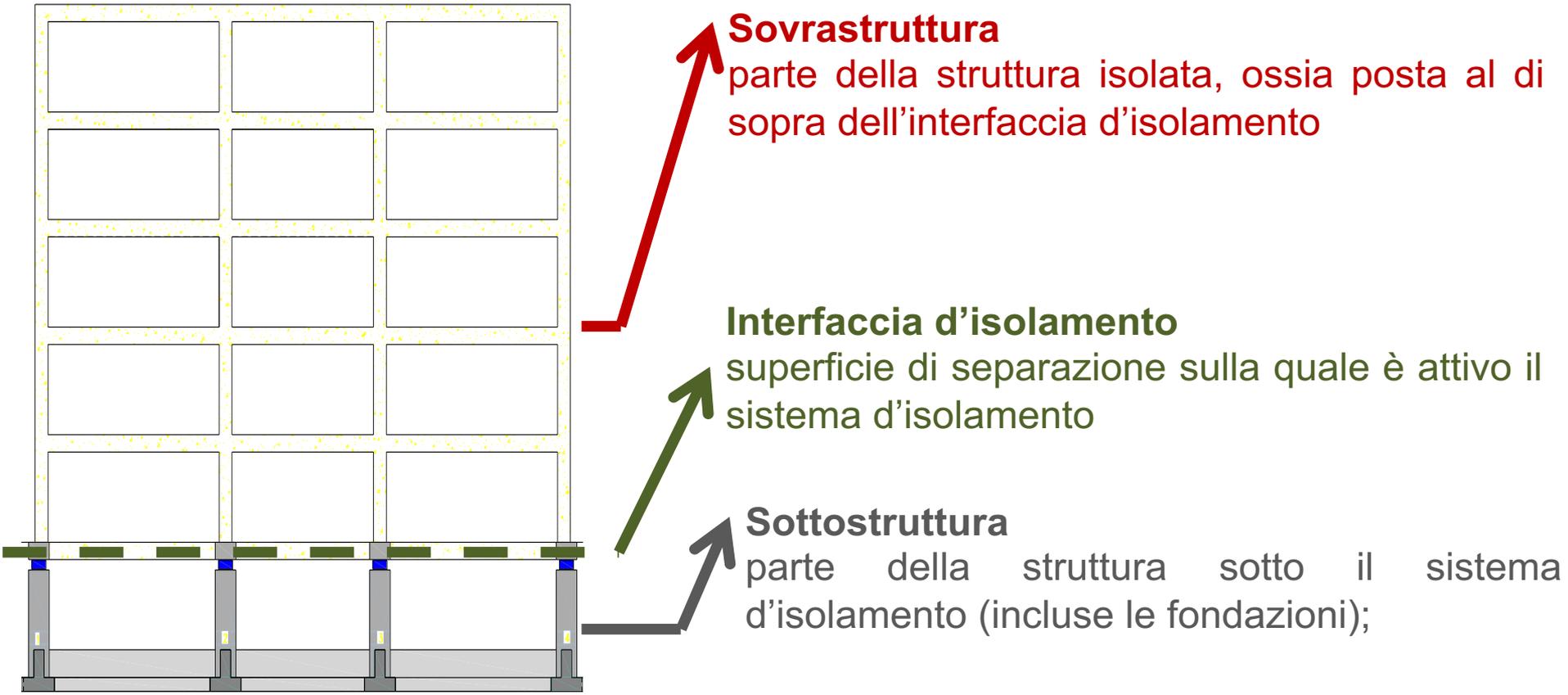
- Esoscheletri in c.a.



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: ISOLAMENTO SISMICO

INTERVENTI GLOBALI:

- Isolamento sismico



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: ISOLAMENTO SISMICO

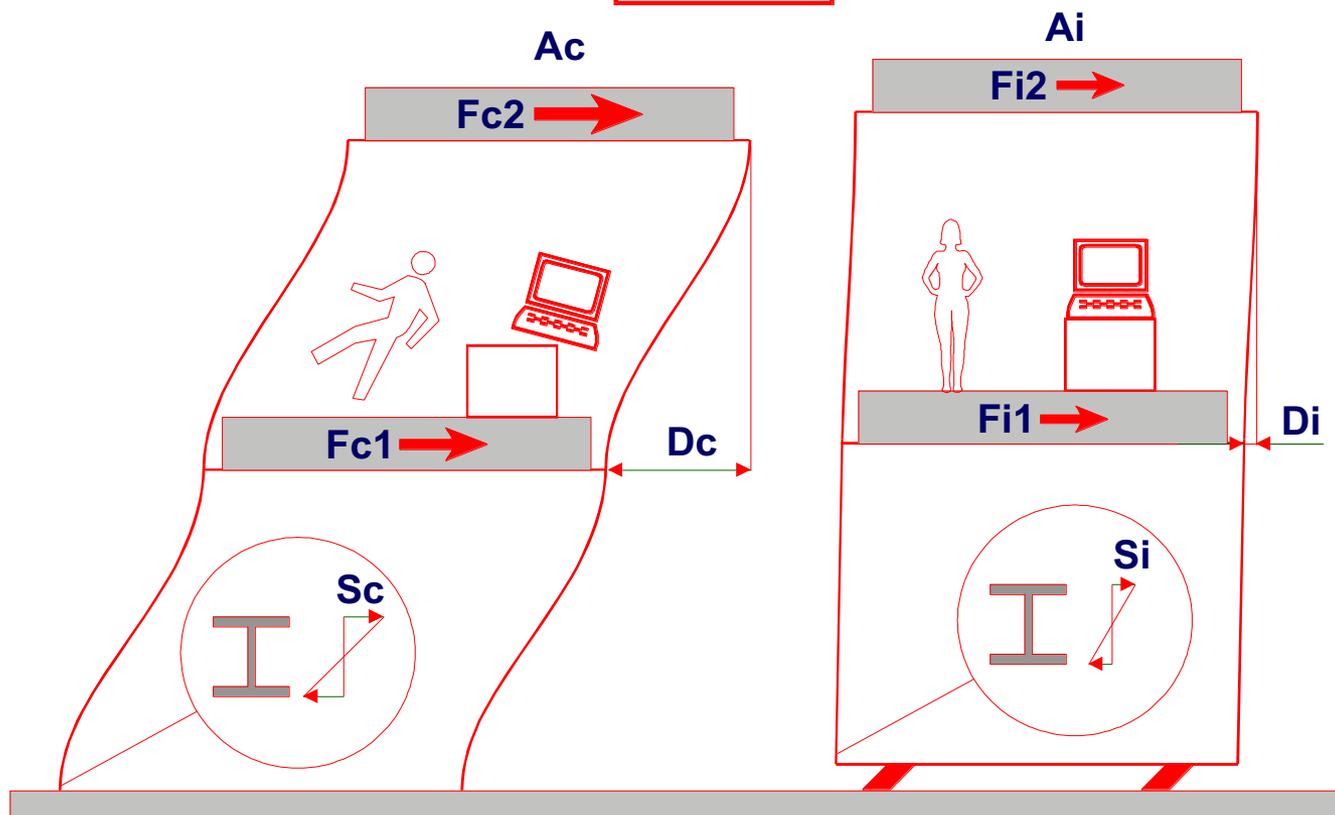
Edificio
Convenzionale

$F_{c2} \gg F_{c1}$

$A_c \gg A_i$
 $F_c \gg F_i$
 $D_c \gg D_i$
 $S_c \gg S_i$

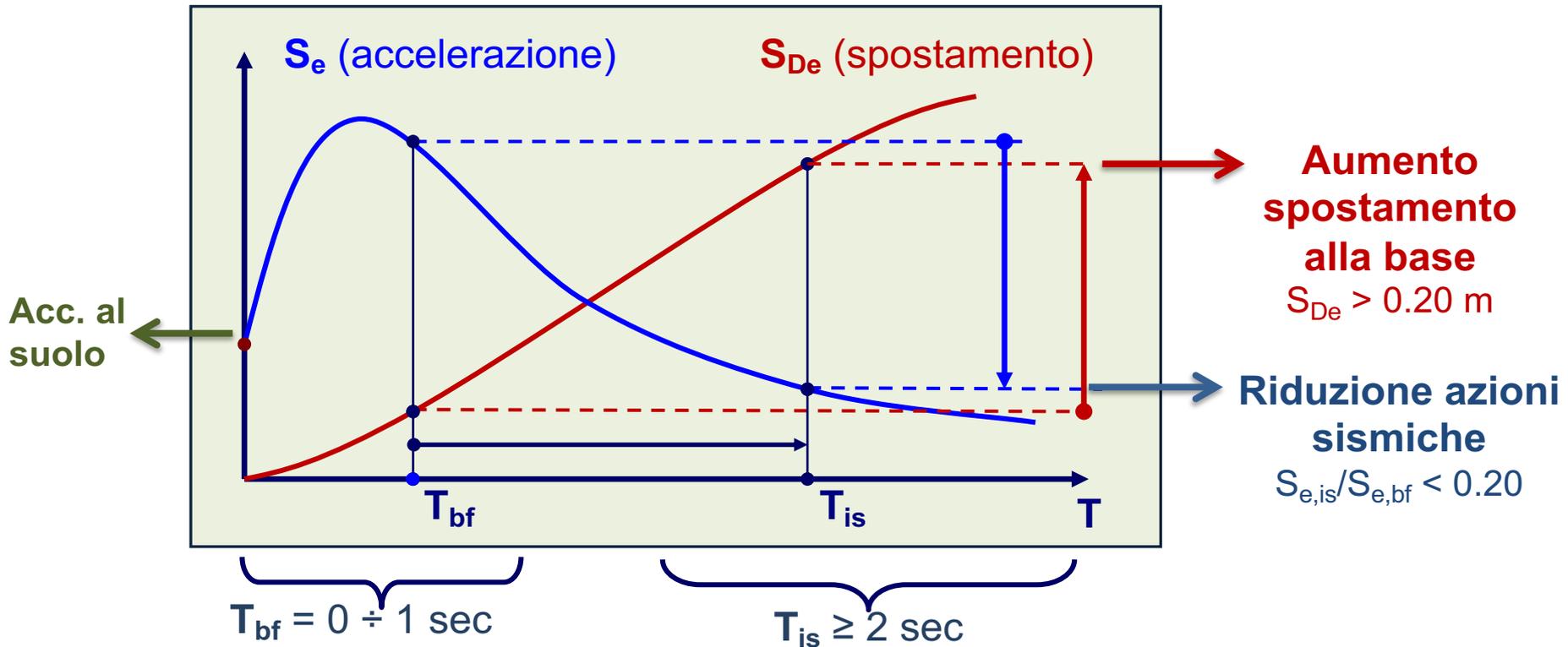
Edificio con
Isolamento alla base

$F_{i2} \cong F_{i1}$



ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: ISOLAMENTO SISMICO

Spettro di risposta elastico = massima accelerazione S_e nella struttura in funzione del suo periodo fondamentale di vibrazione T



Disaccoppiamento tra moto della struttura e del terreno

È possibile progettare in campo elastico ► **Zero Earthquake Damage Buildings**

ESEMPI DI INTERVENTI INTEGRABILI: ISOLAMENTO SISMICO

I VANTAGGI PRINCIPALI

- L'abbattimento delle forze d'inerzia, e quindi delle sollecitazioni, prodotte dal sisma sulla struttura, tale da evitare il danneggiamento degli elementi strutturali (travi, pilastri, etc.) anche sotto terremoti violenti;
- Una drastica riduzione degli spostamenti d'interpiano, tale da ridurre notevolmente o eliminare del tutto il danno agli elementi non strutturali (tamponature, tramezzi, etc.) e garantire la piena funzionalità dell'edificio, anche a seguito di un terremoto violento;
- Un'elevata protezione del contenuto strutturale;
- Una percezione molto minore delle scosse sismiche da parte degli occupanti.
- Tutto ciò sta a significare una notevole riduzione o addirittura un totale azzeramento dei costi di riparazione dell'edificio a seguito di un evento sismico, anche di elevata intensità.

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

anna.marzo@enea.it



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

