

L'Ordine degli Ingegneri  
della provincia di Trapani  
co-organizza con



il Seminario

## SISTEMI E SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO STATICO ED ANTISISMICO DEI SOLAI ESISTENTI

Trapani  
2 ottobre 2018

*L'obiettivo è fornire alcuni fondamentali che stanno alla base degli interventi sugli edifici esistenti, in particolar modo dove il rischio sismico conduce a delle conseguenze tecnico-economiche rilevanti. In tal senso si propongono sistemi e soluzioni tecniche per il consolidamento ed il rinforzo strutturale, con maggiore attenzione agli orizzontamenti presenti nei nostri edifici e con la tecnica della "sezione composta" mediante l'impiego di soluzioni leggere. Verranno inoltre sollevate argomentazioni relative alle tipologie di intervento e loro classificazione, interazione di questi oggetti strutturali con l'intero sistema edilizio e l'importanza degli interventi volti al miglioramento dei sistemi di collegamento e impiego di materiali leggeri. Nell'ultima parte dell'intervento si andrà ad approfondire, la dinamica di interazione tra le operazioni di rinforzo strutturale negli orizzontamenti e le relazioni con i più comuni interventi di miglioramento prestazionale (per esempio quello di natura termoacustica) oggi richiesti nelle moderne esigenze di un involucro edilizio.*



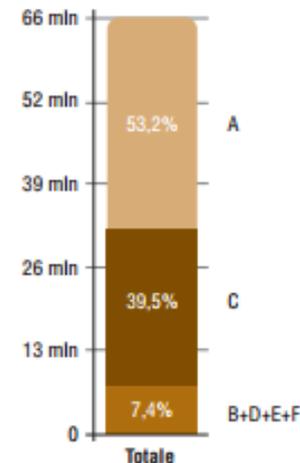
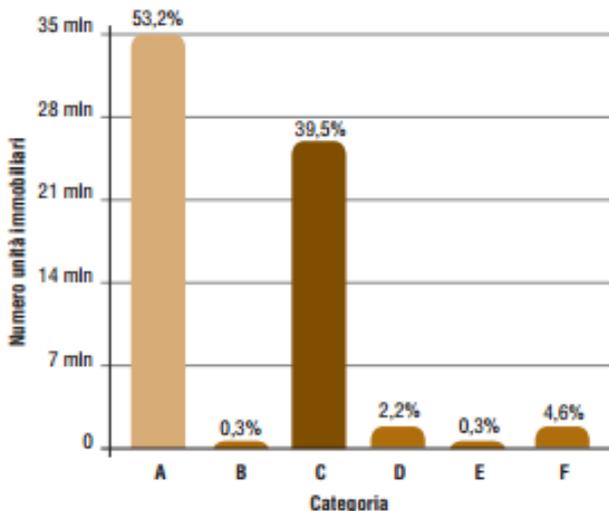
- 15.00 Registrazione dei partecipanti
- 15.15 Saluti del Presidente dell'Ordine.
- 15.30 PRIMA PARTE – Ing. Marco Quaini  
IL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE IN ITALIA:  
- Distribuzione del costruito e suo stato di conservazione  
- Analisi dei sistemi costruttivi: murature in mattoni, in pietra e a sacco.  
- Concetto di rischio: pericolosità di base, vulnerabilità ed esposizione  
- Ruolo degli orizzontamenti nell'organismo edilizio e criticità di intervento  
CRITERI PRESTAZIONALI APPLICATI AGLI EDIFICI ESISTENTI (CAP. 8 NORME TECNICHE DELLE COSTRUZIONI 2017):  
- Valutazione della sicurezza e categorie di intervento  
- Analisi storico – critica e diversi livelli di conoscenza  
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE SULLE PARTIZIONI ORIZZONTALI:  
- Tecnica della sezione composta  
- Tecniche di intervento in tutte le tipologie di solai esistenti
- 17.15 Coffee Break
- 17.30 SECONDA PARTE – Ing. Marco Quaini – Ing. Francesco Miceli  
INTERVENTI DI CERCHIATURA ANTISISMICA, ABACO DELLE SOLUZIONI A LIVELLO DI DIAFRAMMA DI PIANO:  
- Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti: connessioni solai/parete  
- Concetto della cerchiatura antisismica – prestazioni, vantaggi e influenza sull'involucro edilizio  
- Il vantaggio della leggerezza in zona sismica – sistema soletta strutturale, connessioni e sottofondi leggeri  
RUOLO DEI CALCESTRUZZI STRUTTURALI LEGGERI (LWAC – LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE):  
- Definizioni, criteri di progettazione e differenze con i calcestruzzi tradizionali  
- Opportunità nella nuova edificazione – vantaggi in zone ad alta sismicità  
- Case History e referenze  
SISTEMI TERMOACUSTICI SUI SOLAI ED INTERAZIONI CON IL CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE:  
- L'isolamento termico e acustico dei solai, il sistema acustico e Termico Leca08  
- Soluzioni per il solaio di contro-terra e le fondazioni compensate in argilla espansa
- 19.00 Fine lavori



# ***Distribuzione del Costruito e Pericolosità Sismica***

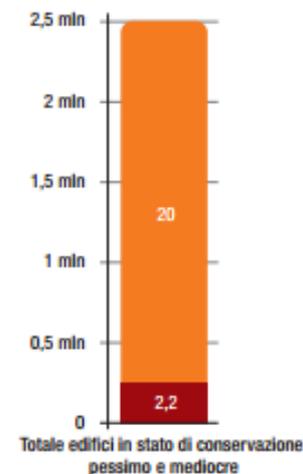
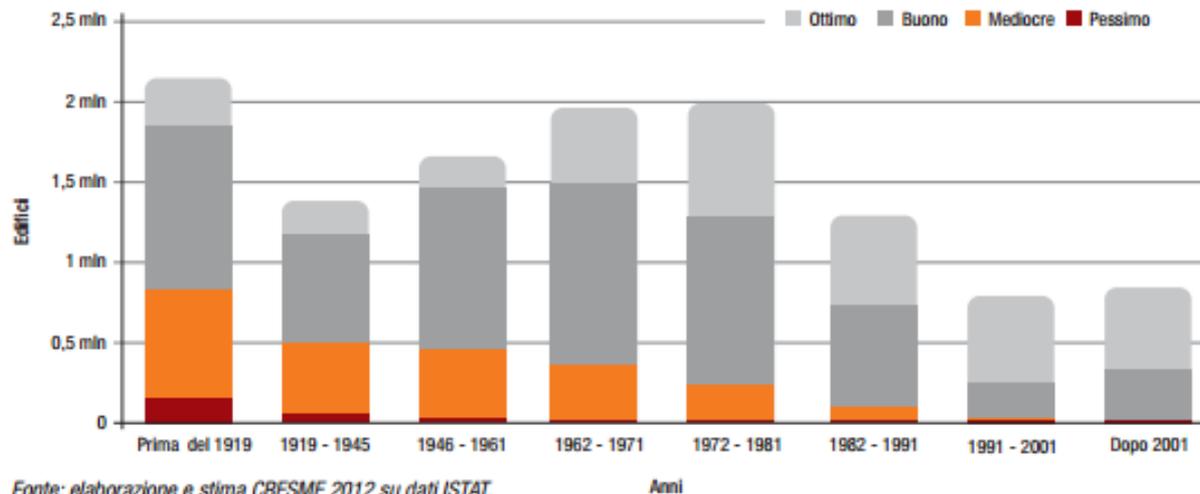
## Distribuzione del patrimonio immobiliare al 31.12.12 (n° unità)

A	Abitazioni, uffici e studi privati
B	Uffici pubblici, scuole, biblioteche, caserme
C	Negozi, magazzini, autorimesse
D	Alberghi, teatri, ospedali, fabbricati ad uso sportivo – commerciale – industriale
E	Stazioni ferroviarie e a aeroportuali, chiese
F	Lastrici solari, unità in corso di costruzione/definizione, fabbricati inutilizzabili



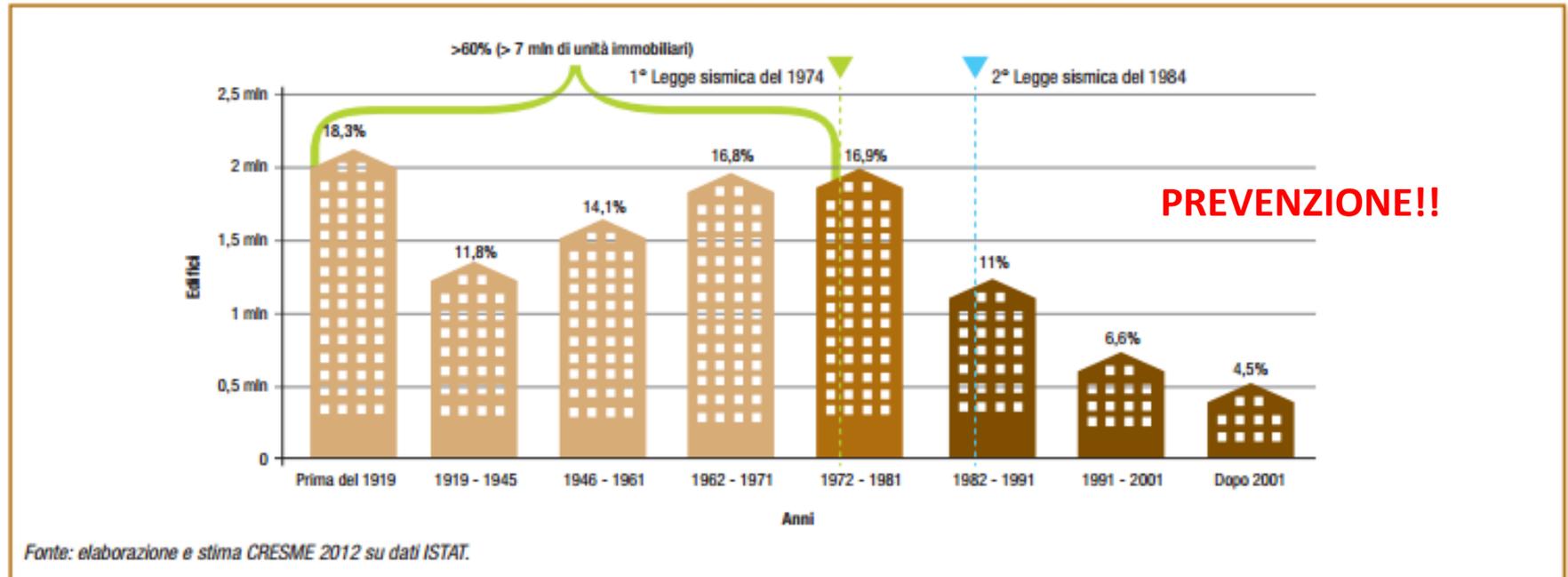
Fonte: statistiche catastali 2012 Agenzia delle Entrate.

## Stato di conservazione degli edifici esistenti al 31.12.12



Fonte: elaborazione e stima CRESME 2012 su dati ISTAT.

## Edifici ad uso abitativo per epoca di costruzione



Per quanto riguarda il rischio sismico, la classificazione territoriale per grado di pericolo evidenzia come oltre 21,5 milioni di persone abitino in aree del paese esposte a rischio sismico molto o abbastanza elevato (classificate, rispettivamente, 1 e 2), con una quota pari quasi a 3 milioni nella sola zona 1 di massima esposizione (tab.3).



Oltre **2,5 milioni** di edifici da **ristrutturare** in stato di conservazione pessimo o mediocre (oltre il **25%** del patrimonio edilizio esistente).



Oltre **7 milioni** di edifici costruiti prima delle **leggi antisismiche** del 1974 e 1984 (ca. il **60%** del patrimonio edilizio italiano).

***Valutazione della sicurezza e  
conoscenza del costruito  
(cap. 8 NTC 2018)***



Misura (probabilistica) degli effetti (perdite umane, feriti, danni alle proprietà e perturbazioni alle attività economiche) che i terremoti in una data zona determinano sugli elementi esposti

Fonte: Prof. Mauro Dolce – Protezione Civile

*«Meno rischio per tanti piuttosto che tanta sicurezza per pochi»*

Vengono evidenziati gli interventi di **MIGLIORAMENTO** (importanti **novità** nel capitolo delle **Costruzioni Esistenti**)

## 3.4 Valutazione della sicurezza e categorie di intervento

---

Verifiche del **livello di sicurezza** nei confronti delle **azioni sismiche**



$$\zeta_E$$

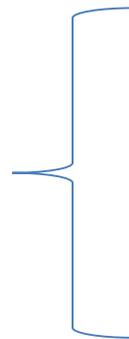
Verifiche nei confronti **dei sovraccarichi variabili** (sull'*i* – esima porzione di edificio)



$$\zeta_{V,i}$$

### Classificazione degli Interventi

Necessario  
collaudo statico



1. Interventi di **ADEGUAMENTO**

2. Interventi di **MIGLIORAMENTO**

3. Interventi di **RIPARAZIONE O LOCALI**

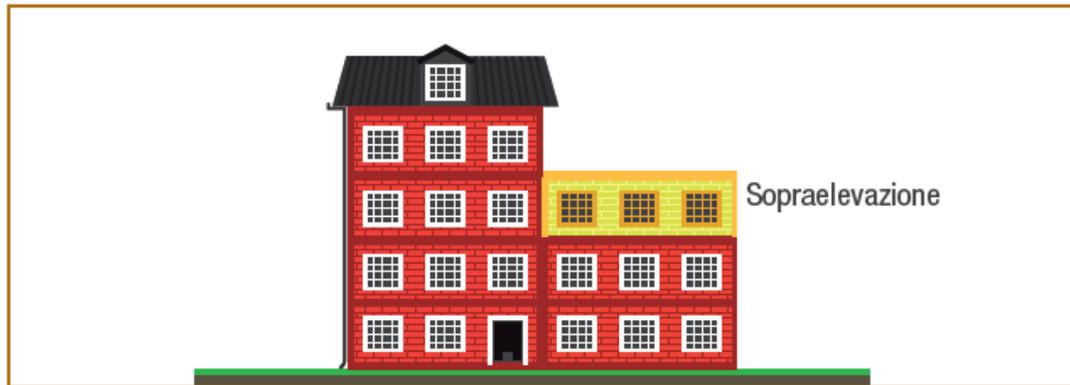
## 3.4 Valutazione della sicurezza e categorie di intervento

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

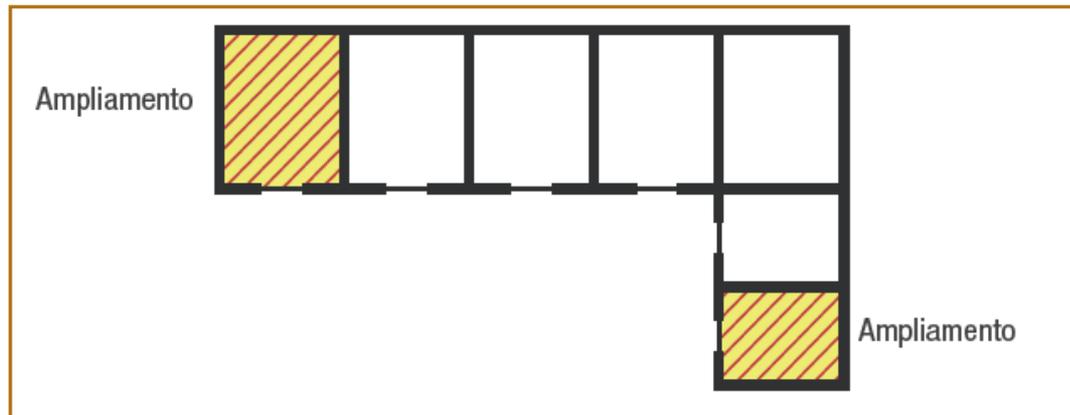


## 3.4 Valutazione della sicurezza e categorie di intervento

### Interventi di Adeguamento



1. **Sopraelevazione** della costruzione.



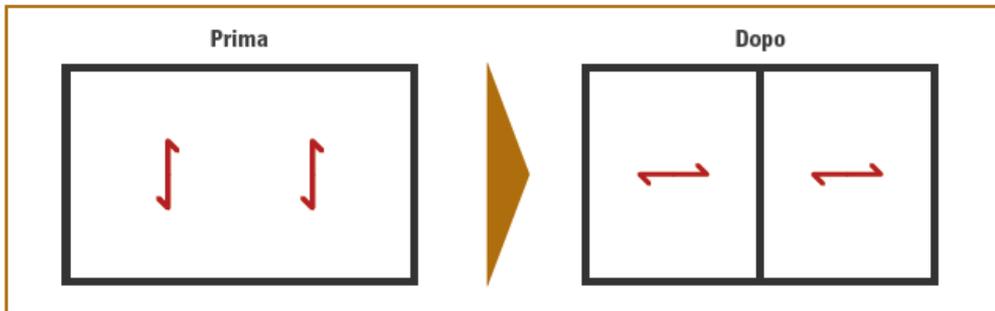
2. **Ampliamento** della costruzione mediante opere strutturalmente connesse all'esistente.

## 3.4 Valutazione della sicurezza e categorie di intervento

### Interventi di Adeguamento



3. **Variazioni di classe e/o destinazione d'uso** che comportino **incrementi dei carichi** (permanentemente portati e variabili accidentali) in fondazione **superiori al 10%** (resta fermo comunque l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione).



4. **Interventi strutturali** volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino a un organismo edilizio diverso dal precedente.

$$\zeta_E = a_{\text{max sopportabile}} / a_{\text{max nuova costruzione}}$$

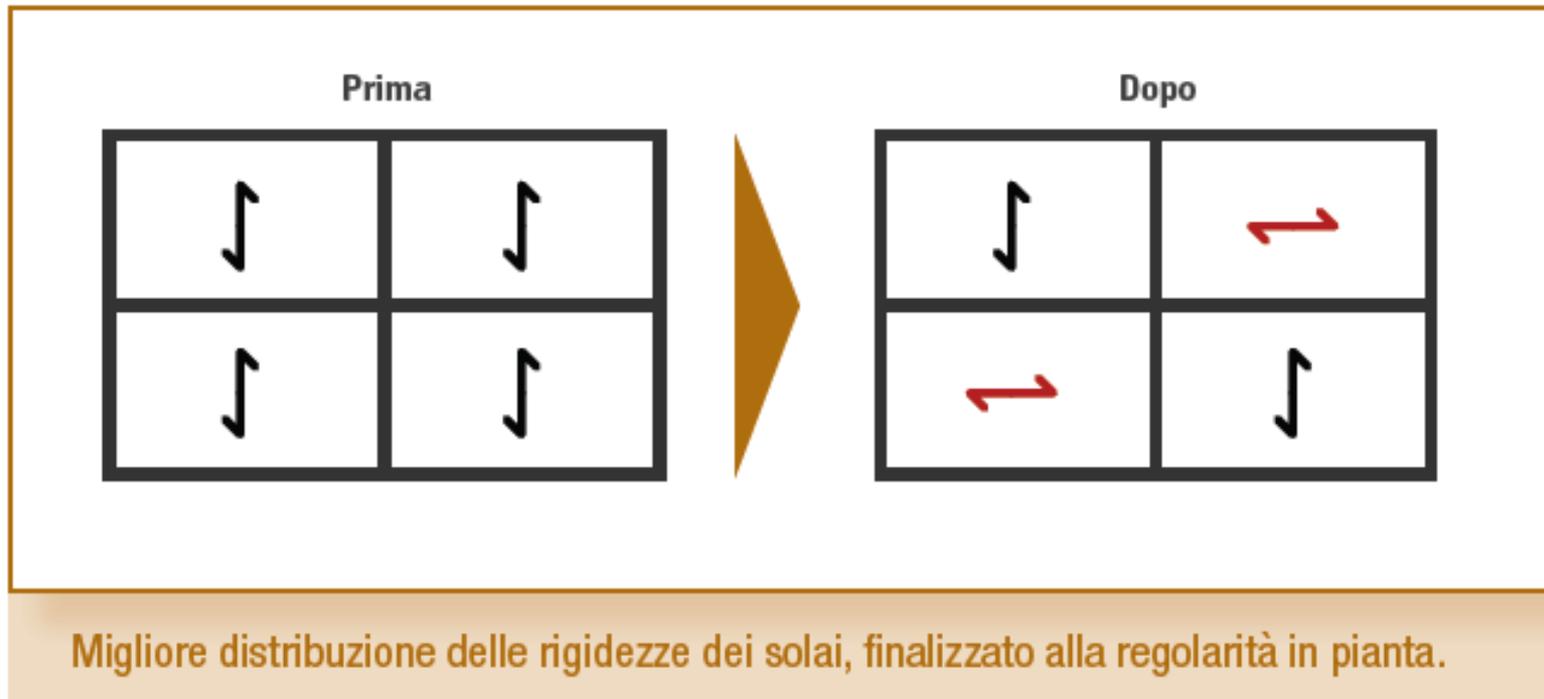
$\geq 1.0$  in tutti i casi

$\geq 0.8$  nel caso di incremento del 10% oppure interventi che portano a edifici di classe III ad uso scolastico oppure di classe IV

## 3.4 Valutazione della sicurezza e categorie di intervento

### Interventi di Miglioramento

Tutti gli interventi finalizzati ad accrescere il livello di sicurezza



$$\zeta_E = a_{\text{max sopportabile}} / a_{\text{max nuova costruzione}}$$

$\geq 0.6$  classe IV e classe III ad uso scolastico

$\geq 0.1$  classe III e II

## 3.4 Valutazione della sicurezza e categorie di intervento

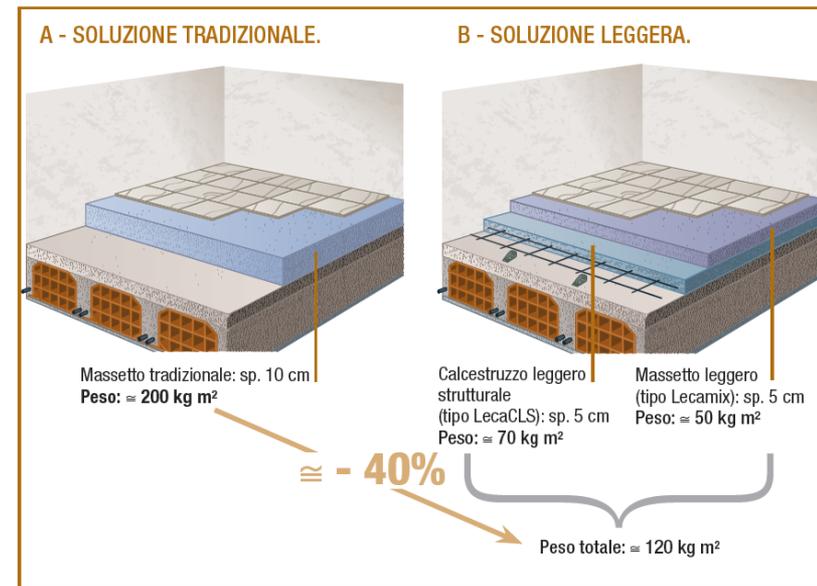
### Interventi di riparazione e/o locali

Quelli che riguardano singole parti e/o elementi della struttura, in particolare hanno le seguenti finalità:

- Ripristino delle caratteristiche iniziali di parti e/o elementi danneggiati;
- Migliorare RESISTENZE e/o DUTTILITA' di elementi e parti anche non danneggiati;
- Impedire MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO;
- Modificare un elemento o porzione limitata della struttura.

**Necessario in ogni caso produrre una relazione che dovrà documentare** le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti ed indicare eventuali limitazioni all'uso della costruzione per le singole parti interessate.

**Valutazione anche dell'incremento del livello di sicurezza locale.**

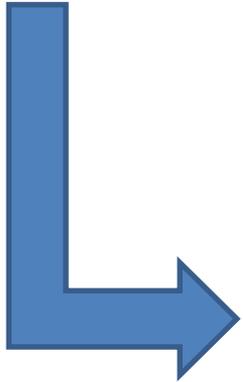


## 3.5 Analisi Storico – Critica e Livelli di Conoscenza

---

### Analisi storico – critica dell'edificio

Opportuno svolgere delle considerazioni sullo sviluppo storico dell'edificio isolato e/o del quartiere nel quale l'edificio si trova.



- ✓ Testi specialistici
- ✓ Acquisire informazioni sugli aspetti urbanistici e storici
- ✓ Quanti terremoti ha già subito l'edificio in questione
- ✓ Modifiche e rimaneggiamenti subiti nel corso del tempo

## 3.5 Analisi Storico – Critica e Livelli di Conoscenza

---

### Rilievo geometrico – strutturale



Opportuno svolgere il rilievo delle geometria complessiva, sia dello costruzione che degli elementi costruttivi



**Rilevare i dissesti, quadri fessurativi e meccanismi di danno**

### Caratterizzazione meccanica dei materiali



Acquisire adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado mediante documentazione già disponibile (anche se non esaustivo, **referirsi alle norme di costruzione dell'epoca dell'edificio**)



Verifiche visive ed **indagini in situ**

## 3.5 Analisi Storico – Critica e Livelli di Conoscenza

---

### Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Dalle operazioni e fasi conoscitive dell'edificio saranno individuati dei «**livelli di conoscenza**» ai quali vengono correlati dei «**fattori di confidenza**» da impiegarsi nelle verifiche di sicurezza

Si distinguono tre differenti livelli di conoscenza (in termini di GEOMETRIA, DETTAGLI COSTRUTTIVI E PROPRIETA' DEI MATERIALI)

- **LC1 (conoscenza limitata)**
- **LC2 (conoscenza adeguata)**
- **LC3 (conoscenza accurata)**



**INFORMAZIONE CRESCENTE**

- **FC = 1.35 (LC1)**      **Fattori di confidenza impiegati per il**
- **FC = 1.20 (LC2)**      **calcolo dei parametri meccanici dei**
- **FC = 1.00 (LC3)**      **materiali e verifiche di sicurezza**

## 3.5 Analisi Storico – Critica e Livelli di Conoscenza

### Edifici in muratura

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		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	Rilievo muratura, volte, solai, scale.		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 carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ estese ed esaustive	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).	Tutti	1.00

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte;  $f_m$  = resistenza media a compressione della muratura,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_0$	E	G	w
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbalzati, con paramento di limitata spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei quadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

***I solai italiani***

## CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA DEGLI ORIZZONTAMENTI/SOLAI ESISTENTI

- 1) Solai in legno
- 2) Solai in acciaio
- 3) Solai in laterocemento
- 4) Solai prefabbricati
- 5) Solai in calcestruzzo armato
- 6) Solai ad arco e volta



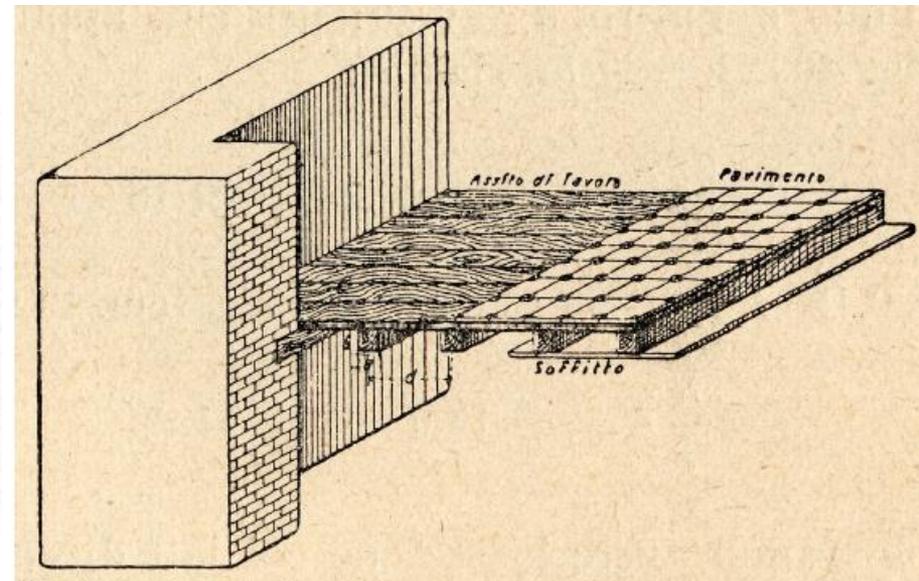
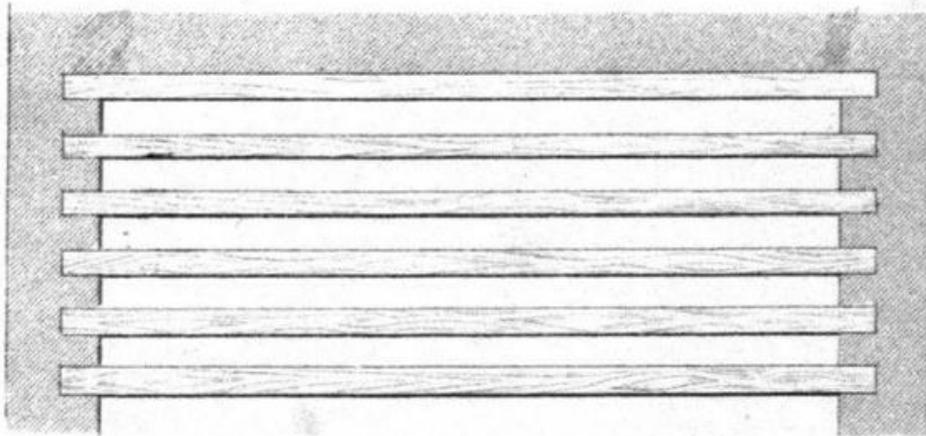
## 1) Solai in legno



In genere impiegati per luci non superiori ai  
3 – 4 metri

Hanno l'inconveniente di **scaricare il peso del solaio soltanto su due dei quattro muri** che costituiscono l'ambiente

**Soffitto** di solito costituito da **stuoia di canne intonacata** con malta di calce e gesso

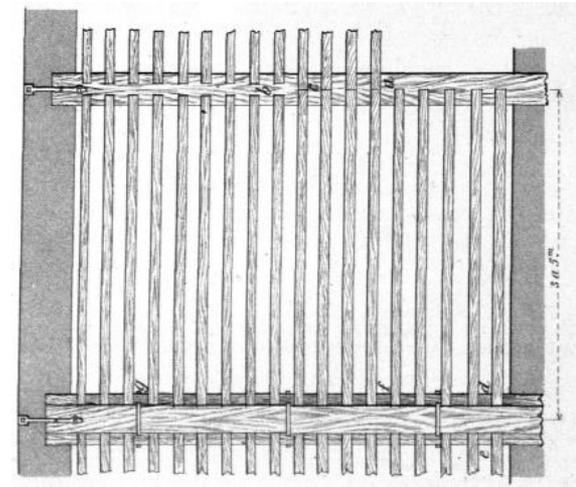
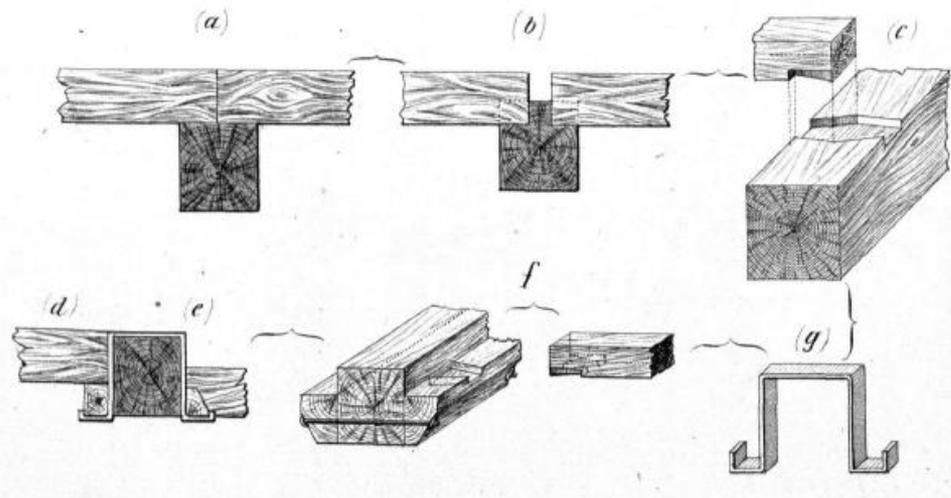


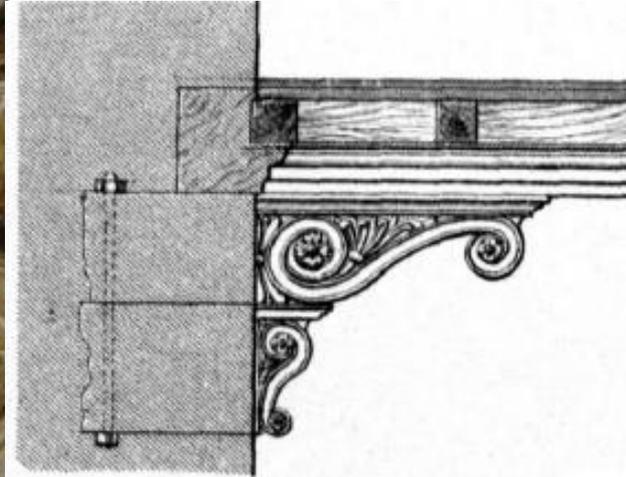


In genere travi principali di grandi dimensioni ad interasse di 3 – 4 metri e travetti secondari posti ad interasse di 30 – 60 cm

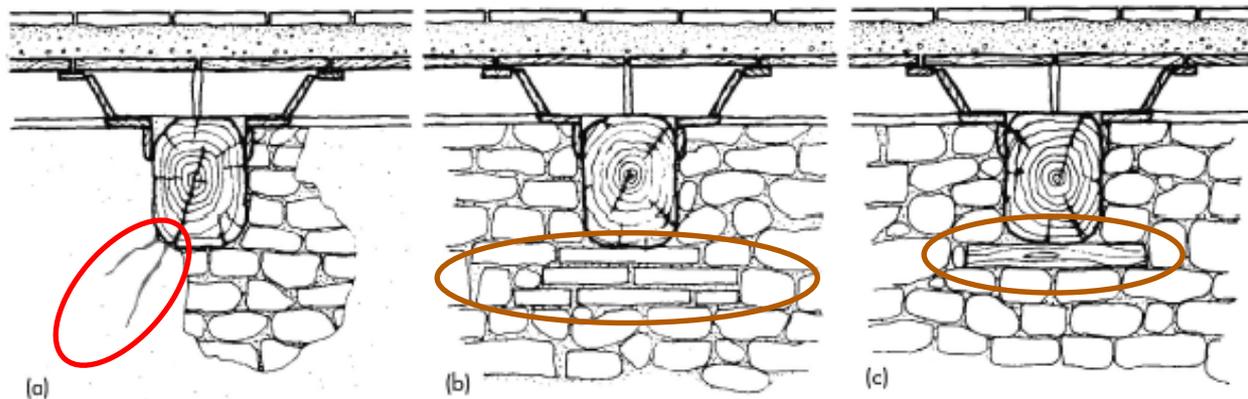
**Scaricano il peso del solaio su tutti e quattro muri**, anche se in corrispondenza delle travi principali esistono **concentrazioni di sforzo**

Solai di **alto spessore**, a volte per ovviare a questo l'orditura secondaria veniva realizzata nello spessore di quella principale





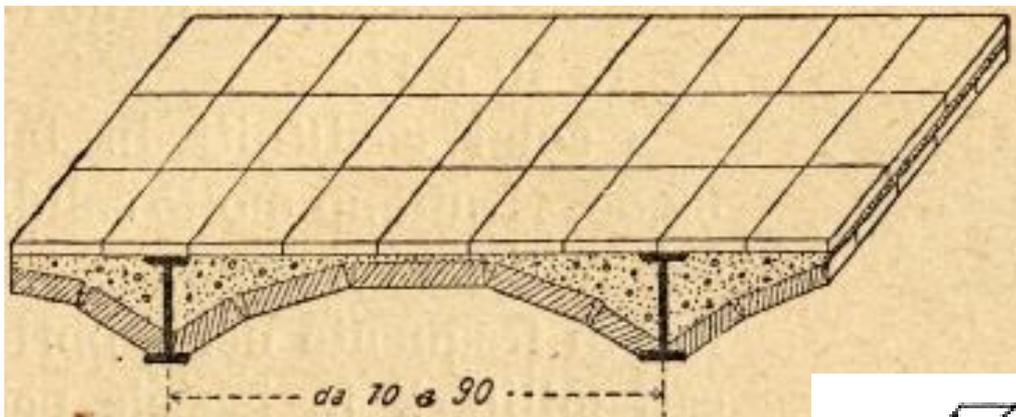
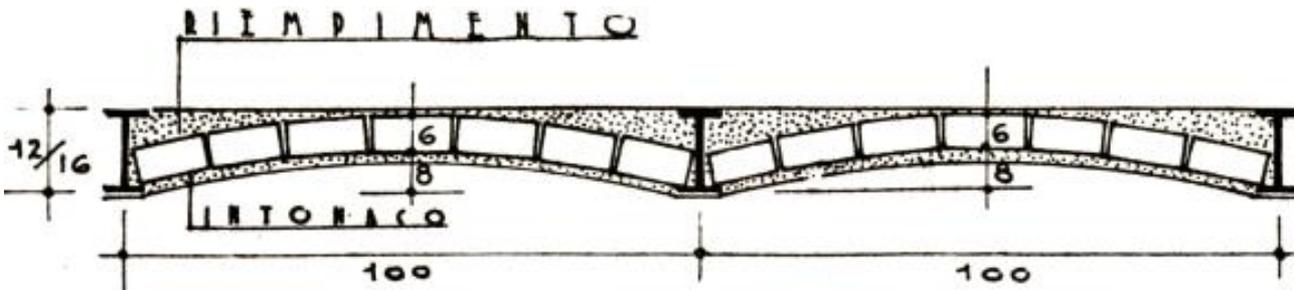
Appoggio delle travi  
maestre su un muro  
rappresentano punto  
critico



Per effetto degli sforzi di  
taglio negli appoggi si  
creano delle fessure  
inclinate di 45°

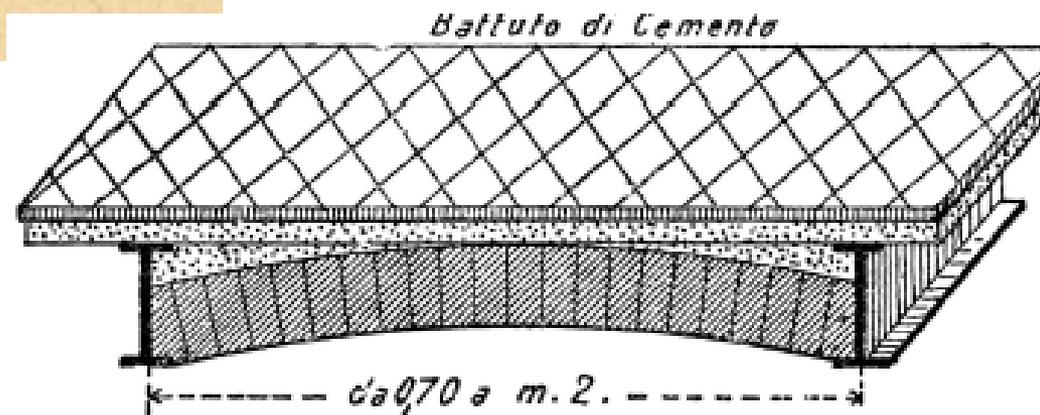


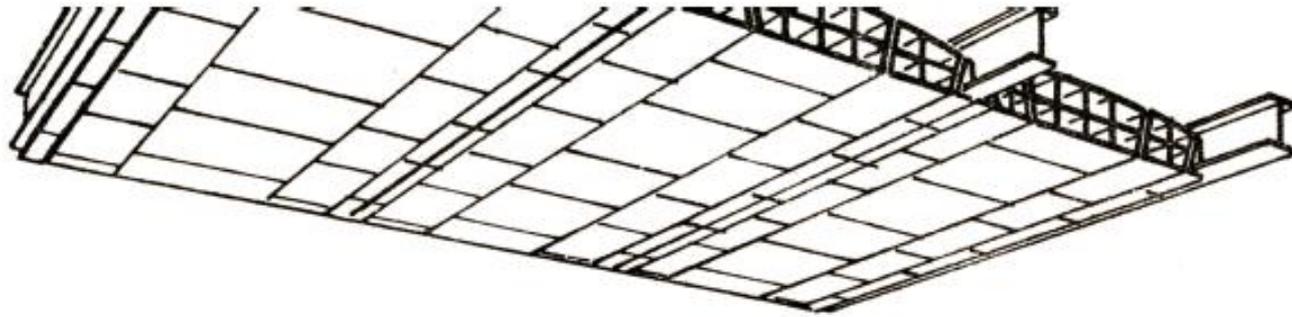
## 2) Solai in acciaio



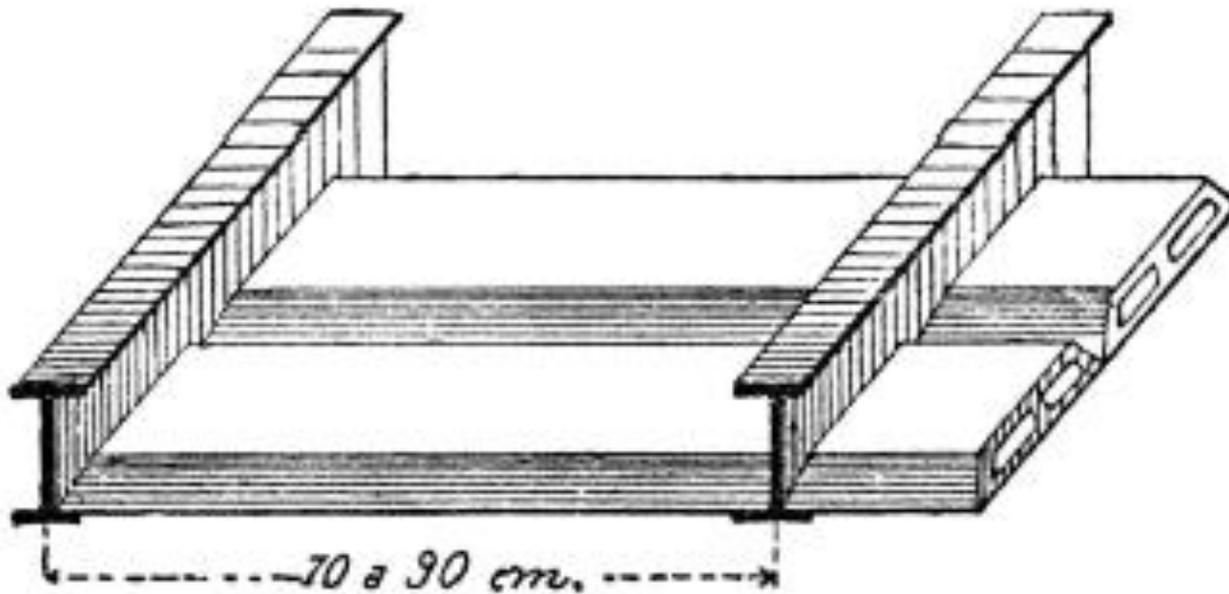
**Voltine in «foglio»** adatte per carichi modesti (5 – 6 cm di spessore)

**Voltine «ad una testa»** adatte per carichi più importanti (12 – 13 cm di spessore)





PARTICOLARE DI UNA  
TRAVE IN FERRO  
PROTETTA DA COPRI-  
FERRO



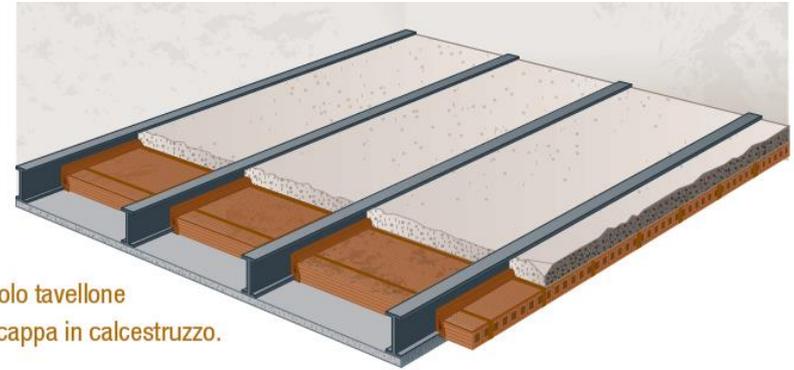
I solai con **tavelloni e volterrane** non differiscono molto da quelli contemporanei



Voltine ad estradosso piano.

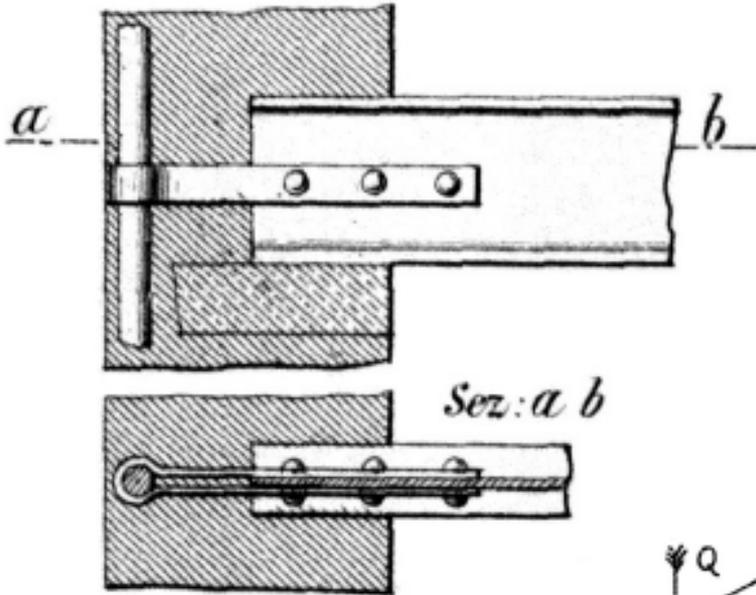


Voltine curve "volterrane".



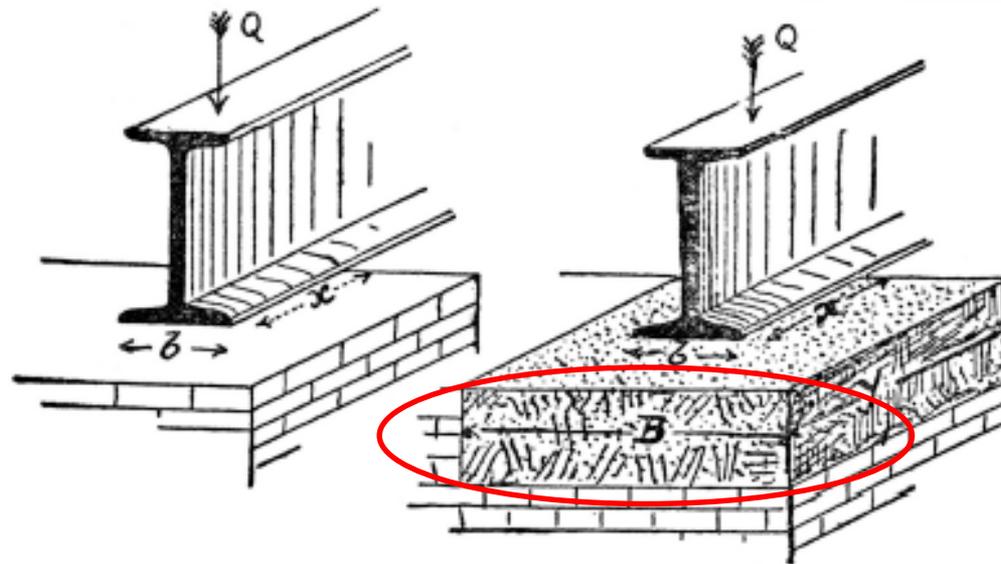
Singolo tavellone  
con cappa in calcestruzzo.





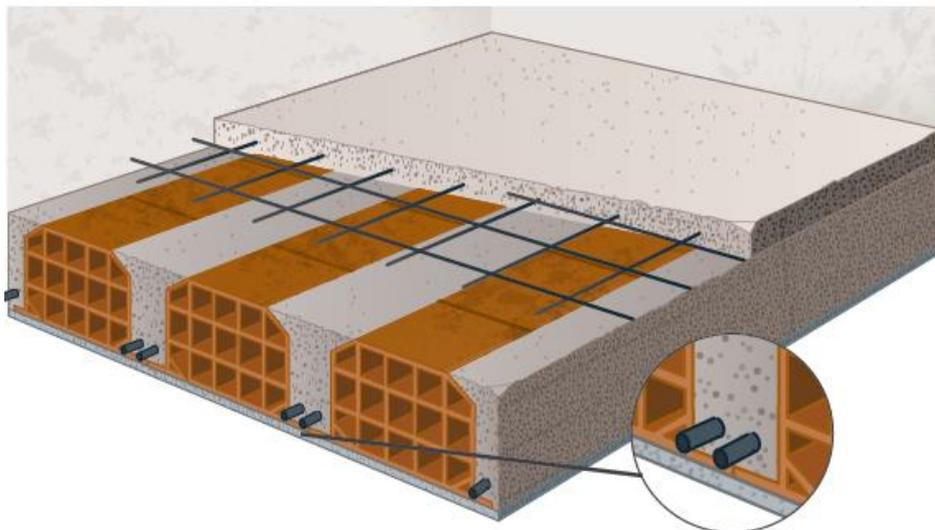
**Bulzone** inserito al fine di prevenire lo sfilamento dalla muratura

Fondamentale ampiezza della superficie di appoggio



### 3) Solai in latero – cemento e laterizi armati

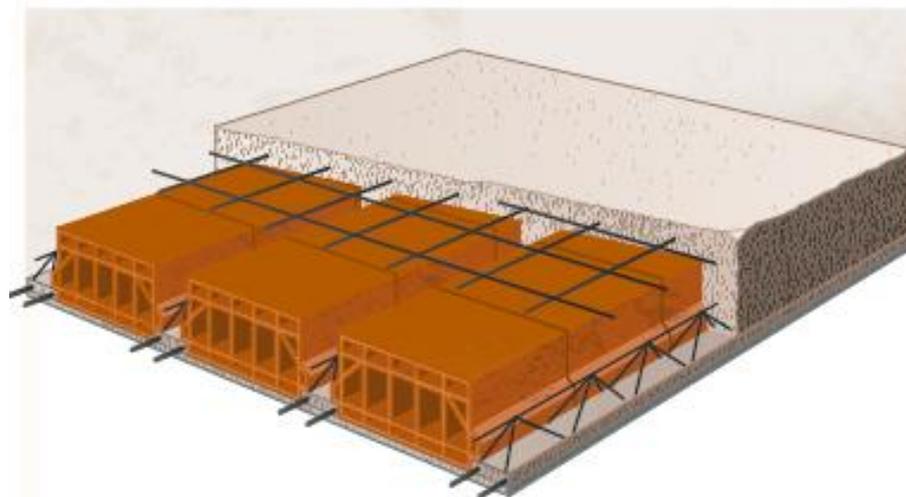
Pignatte con fondello accostato.



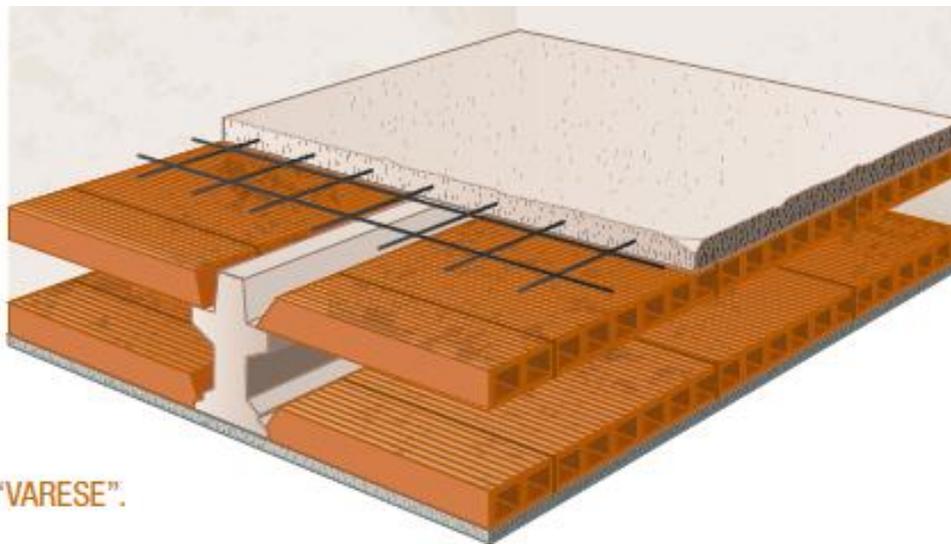
In seguito sono stati realizzati diversi **blocchi di alleggerimento specifici e pezzi speciali** sino arrivare ai giorni nostri

I primi **elementi laterizi** impiegati per **alleggerire** solai latero – cementizi sono stati i **classici mattoni forati** nei primi decenni del secolo scorso

Solaio a travetti tralicciati.



## SOLAIO A TRAVI VARESE



Solaio tipo "VARESE".

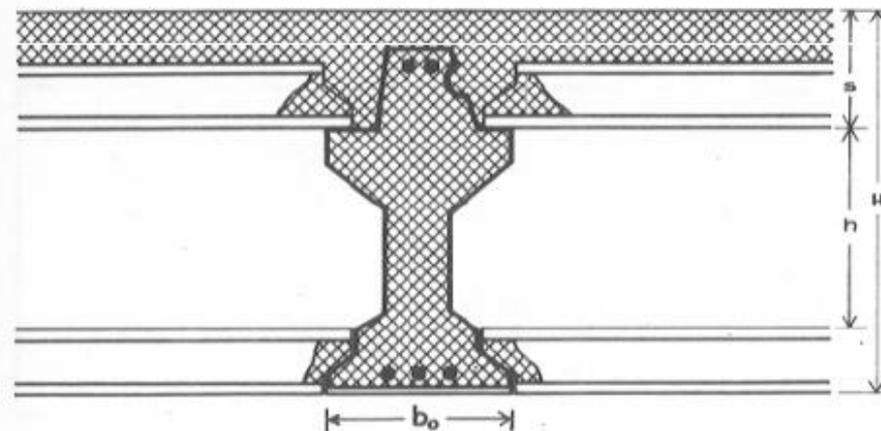
Larga diffusione a partire dagli anni 50' del secolo scorso

Anche per questi solai esistevano delle tabelle di carico in funzione dell'altezza del solaio ed interasse

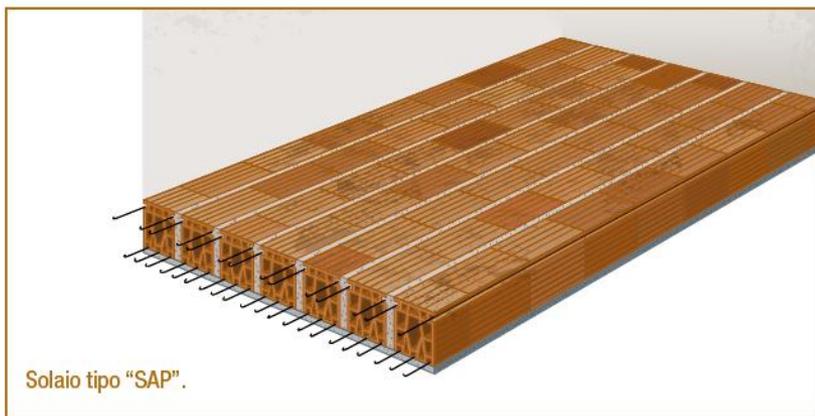
Solaio idoneo a coprire luci da 4,5 sino a 10 metri

**Travi sagomate a doppia armatura eseguite fuori opera + soletta di circa 3 cm di spessore che completa l'intero sistema**

**Alleggerimento mediante tavole di laterizio in duplice ordine**



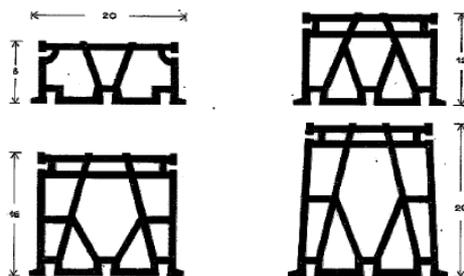
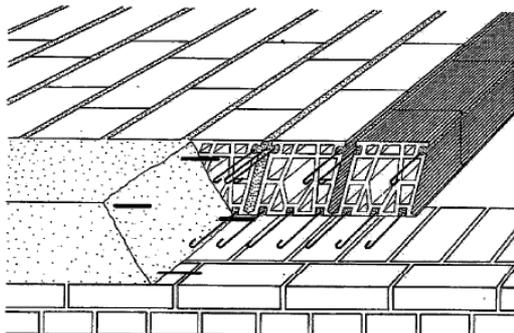
## SOLAIO TIPO SAP



SOLAIO SAP – Portata sino a m 6

Soletta costituita da travi in laterizio armato confezionate a pié d'opera, accostate e collegate tra loro con malta di cemento, caratterizzata da una grande suddivisione dell'armatura metallica in tondi di piccolo diametro posti a distanze non superiore a cm 7.

La larghezza delle travi è costantemente di cm 20. La larghezza minima dei canaletti di sigillatura tra le travi è di cm 2,5. I momenti di servizio ammissibili dedotti sperimentalmente, con coefficiente di sicurezza alla fessurazione 1,2 e coefficiente di rottura 2,5 sono riportati nella tabella.



Tipi di struttura	Peso propr. kg/m <sup>2</sup>	Momenti totali massimi di servizio in kgm riferiti alla serie di solai larga ex 1				
SAP 8	85	230	290	405	—	—
SAP 12	110	385	540	655	—	—
SAP 16	130	615	720	960	1290	—
SAP 20	175	700	1170	1430	1890	2025
Armatura per ogni trave (largh. cm 20 (g mm))		3 Ø 3	3 Ø 4	3 Ø 5	3 Ø 6	4 Ø 6
Carico di snerv. minimo dell'acciaio $\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>		70	60	55	50	50

Solaio brevettato nel 1925 dalla RDB di Piacenza conosciuto come solaio S.A.P. (solaio auto portante)

**Nervature di 2,5 cm poste ad interasse di 22,5 cm**

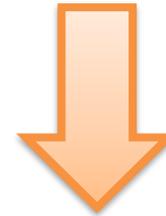
**Solai molto diffusi ed impiegati su intero territorio nazionale**

**SOLAIO SAP**



## DIFFUSIONE DEL LATERO – CEMENTO IN ITALIA

A partire dal dopoguerra (anni 40') iniziò la diffusione di solai a travetti di laterizio armati e prefabbricati il cui dimensionamento faceva riferimento al **Regio Decreto n.2229 del 16/11/1939** impiegato per oltre trent'anni sino all'entrata in vigore della legge n.1086 del 5/11/1971



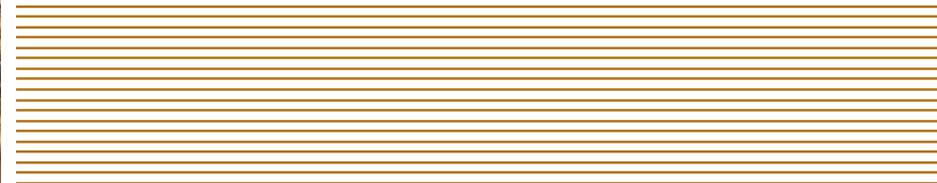
In particolare l'**art. 25 del Regio Decreto 2229** diceva:

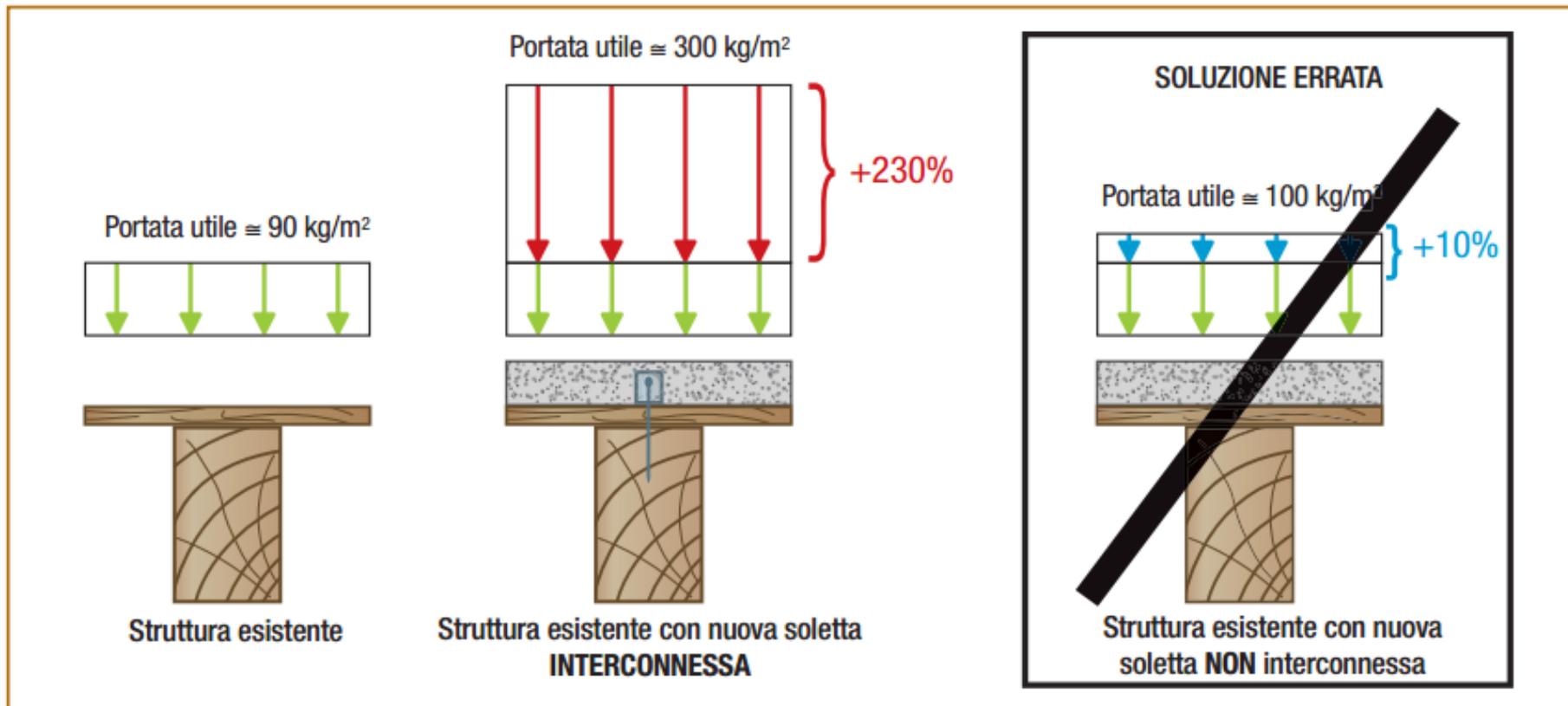
- Lo spessore di una soletta (che non sia di semplice copertura) non deve essere inferiore ad **1/30 della portata ed in ogni caso non inferiore a 8 cm**;
- Nei solai speciali con laterizi la soletta deve essere di **almeno 4 cm**;
- In tutti i solai con laterizi la **larghezza delle nervature non deve essere inferiore a 7 cm** ed il loro **interasse non deve superare i 40 cm** nei tipi a nervature parallele e 80 cm in quelli incrociati;
- Di regola devono essere previste nervature trasversali per luci maggiori di 5 m in quelli a nervature parallele;
- **È consentito l'uso di solai speciali con nervature in cemento armato e laterizi, senza soletta di conglomerato, purchè i laterizi, di provata resistenza, presentino rinforzi di conveniente spessore atti a sostituire la soletta di conglomerato e rimangano incastrati tra le dette nervature.**





***Perché intervenire sui  
SOLAI ESISTENTI***

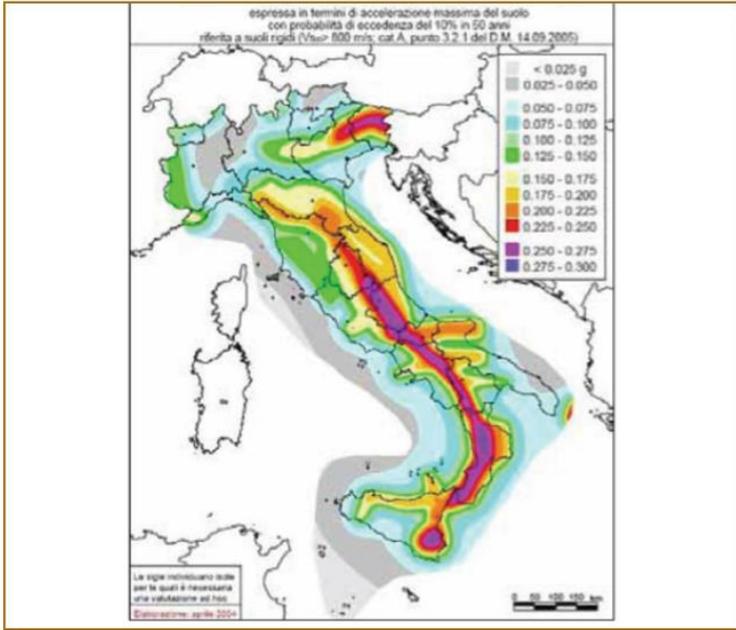




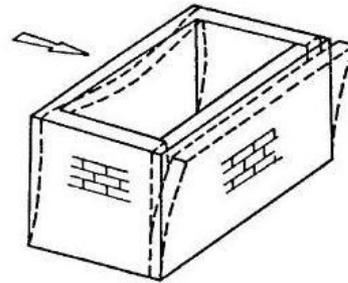
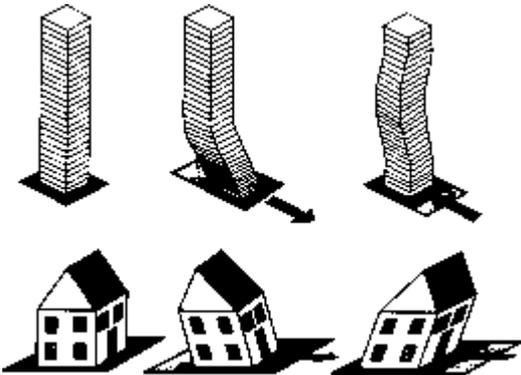
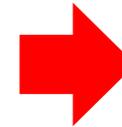
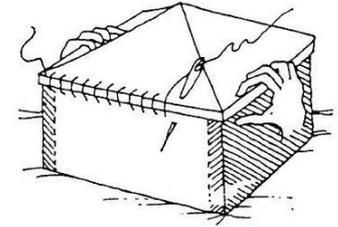
L'interconnessione tra trave e nuova soletta consente di **aumentare fino al 200%** la portata utile del solaio, a parità di deformazione ammessa, rispetto alla soluzione non interconnessa (esempio calcolato su un solaio in legno con luce 4,5 m, sezione travi 10x18 cm, interasse travi 60 cm). L'impiego di **calcestruzzi leggeri strutturali** favorisce un **ulteriore incremento** della portata utile del solaio e una riduzione dei carichi permanenti che gravano sulla struttura esistente.

# 2.1 Miglioramento del comportamento sismico

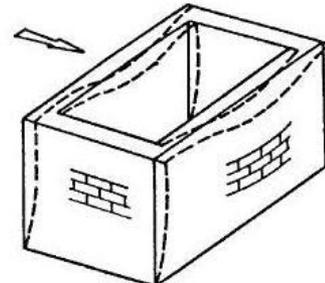
Mapa di pericolosità sismica del territorio italiano (INGV).



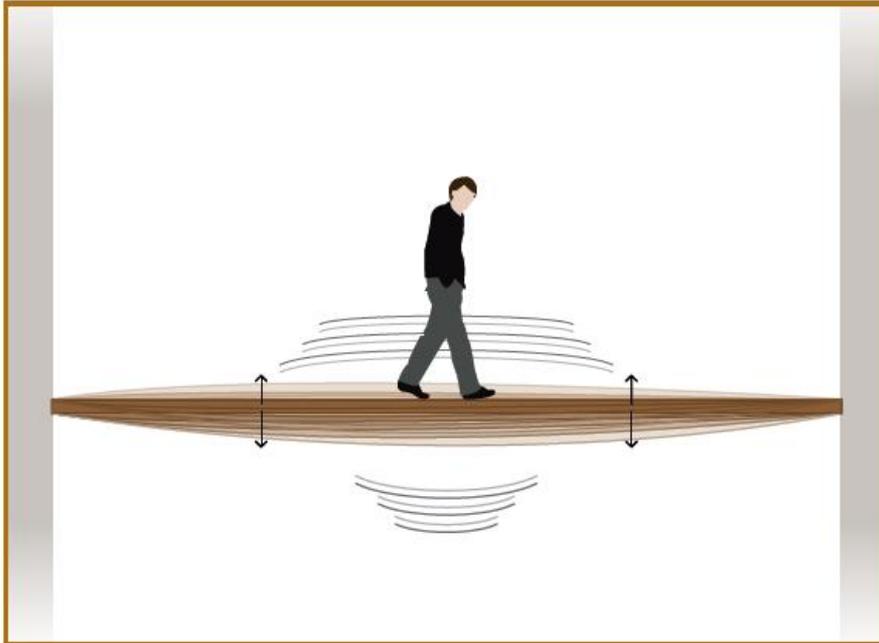
Murature connesse tra loro da  
un solaio con caratteristiche di  
diaframma rigido



NO cordolo  
Solaio deformabile



CON cordolo  
Solaio deformabile



Solaio eccessivamente deformabile, con evidenti vibrazioni provocate dal calpestio.



Solaio eccessivamente deformabile, con conseguenti danneggiamenti del massetto e della pavimentazione sotto carico.

L'intervento di consolidamento e rinforzo del solaio esistente con la tecnica della soletta collaborante produce altri significativi benefici nel comportamento del divisorio orizzontale.

### Isolamento acustico

La formazione di una nuova soletta in calcestruzzo, abbinata ad uno **specifico materassino acustico anticalpestio** e laddove possibile ad un massetto di finitura, consente di **migliorare** sensibilmente le prestazioni di **potere fonoisolante apparente al rumore per via aerea  $R'_w$**  e il **livello di rumore di calpestio normalizzato per rumori trasmessi per via strutturale  $L'_{n,w}$**  (Legge n. 447 del 26/10/95 e D.P.C.M. 5/12/97).



### Isolamento termico

L'impiego di soluzioni leggere, oltre a favorire il miglioramento del comportamento statico del rinforzo del solaio, assicurano un **aumento dell'isolamento termico del divisorio orizzontale**. Infatti i **calcestruzzi leggeri strutturali** in abbinamento a **massetti di finitura leggeri** (quando lo spessore lo consente), grazie alla **bassa conducibilità termica  $\lambda$** , contribuiscono al **miglioramento della trasmittanza termica** dell'intero divisorio orizzontale con l'obiettivo di raggiungere il requisito di Legge  **$U \leq 0,8$  W/m<sup>2</sup>K**



### Protezione al fuoco

La presenza di una nuova soletta in calcestruzzo favorisce un **miglior comportamento al fuoco del divisorio orizzontale**, grazie alla presenza di uno **strato pieno di materiale isolante incombustibile** (per maggiori approfondimenti contattare l'Assistenza Tecnica Laterlite e scaricare la specifica documentazione su [www.leca.it](http://www.leca.it)).

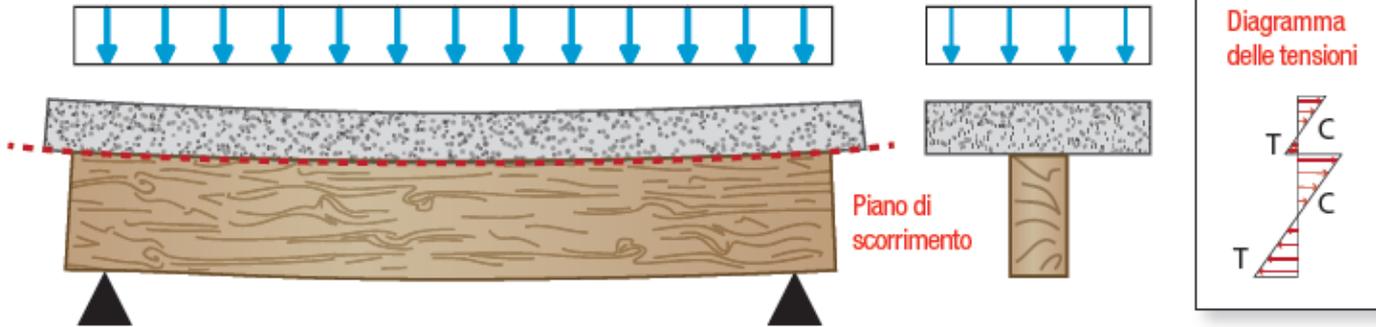




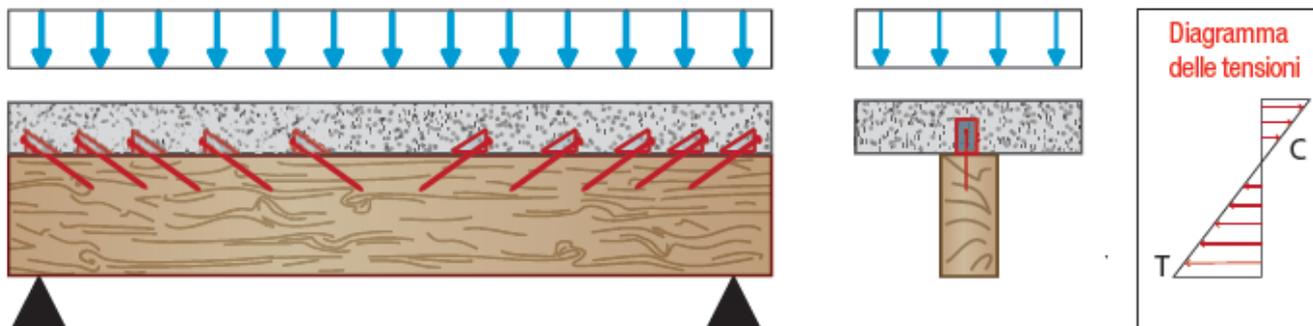
***Consolidamento  
Statico/Flessionale  
mediante la tecnica della  
soletta mista collaborante***

### 3.1.1 La tecnica della soletta mista collaborante

Struttura non interconnessa.



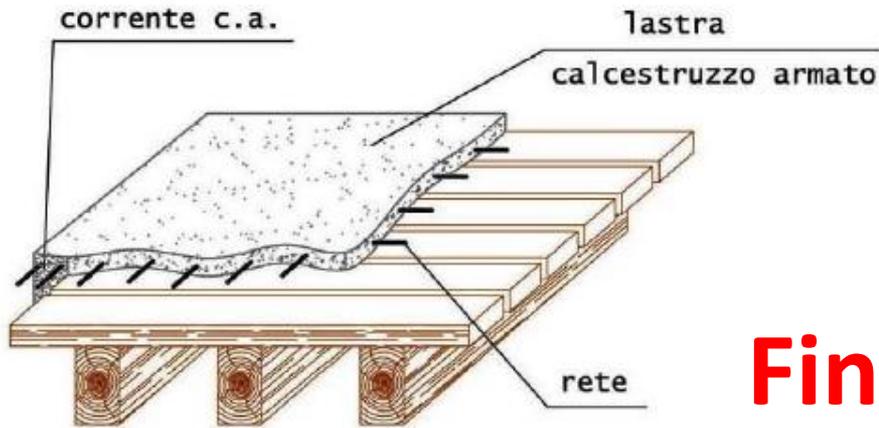
Struttura interconnessa rigidamente (monolitica).



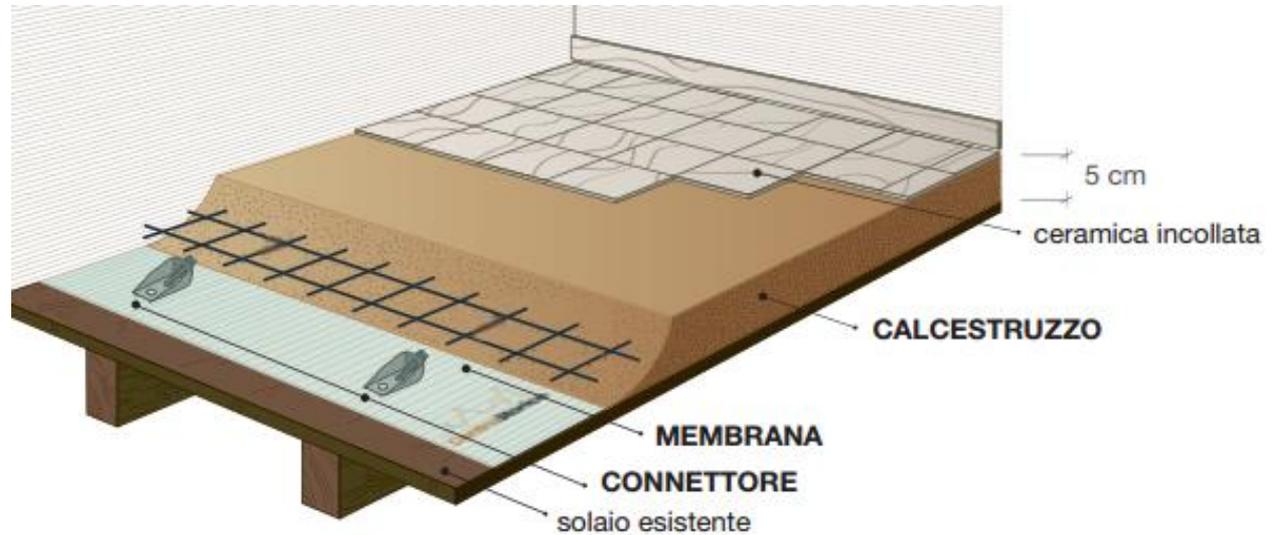
**3 volte** più rigida della struttura non interconnessa e circa il **70% in meno** delle deformazioni flessionali

***L'importanza del  
contenimento dei carichi***

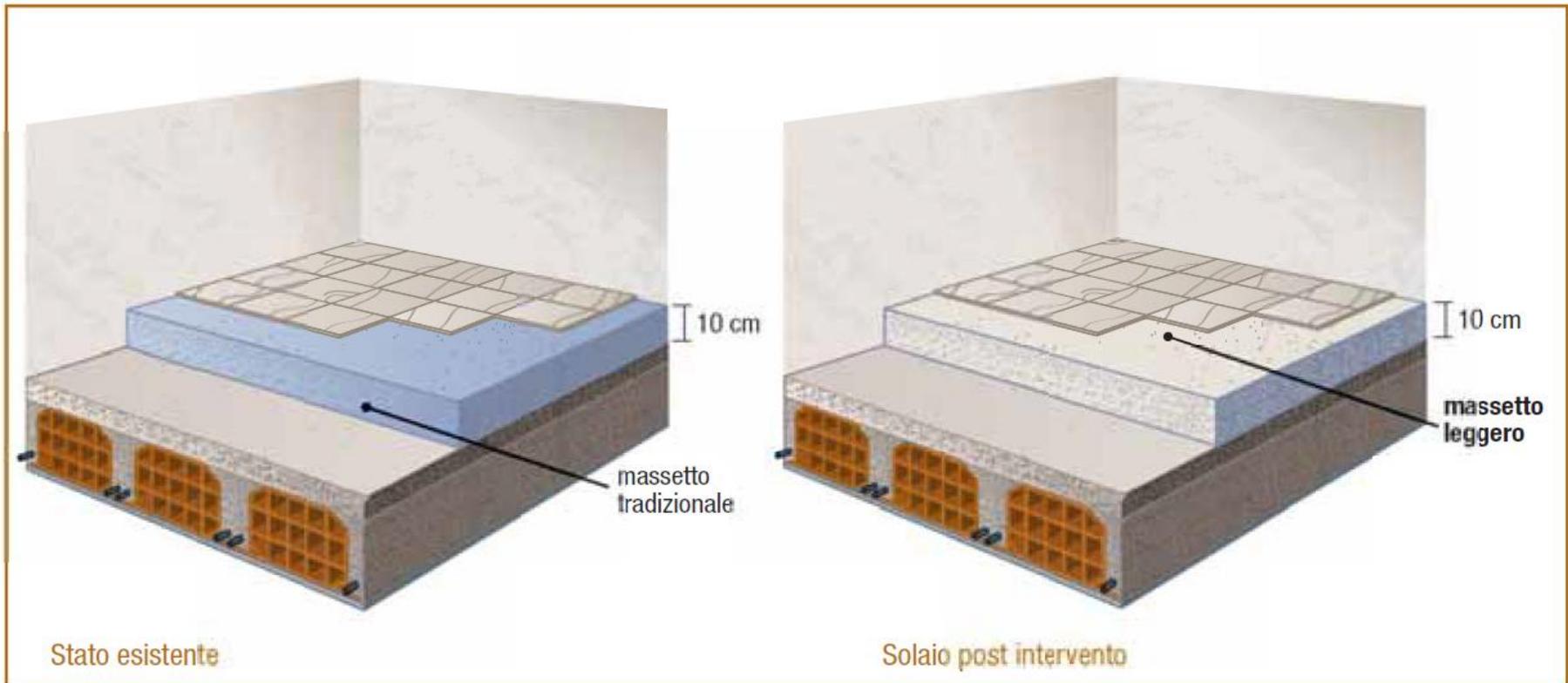
### 3.1.2 Importanza del contenimento dei carichi



**Fino a -40% di peso**



## Fino al 50% in meno di peso



Esempio: rimozione del sottofondo e la formazione di un nuovo massetto di finitura.

L'impiego di massetti leggeri Lecamix consente di ridurre significativamente il peso proprio complessivo sino al **50%** rispetto ad una soluzione tradizionale, a favore di un **eventuale** aumento dei carichi accidentali e/o permanenti portati.

**SOLUZIONE TRADIZIONALE**  
**CIRCA 200 kg/mq**

**SOLUZIONE LEGGERA**  
**CIRCA 100 kg/mq**

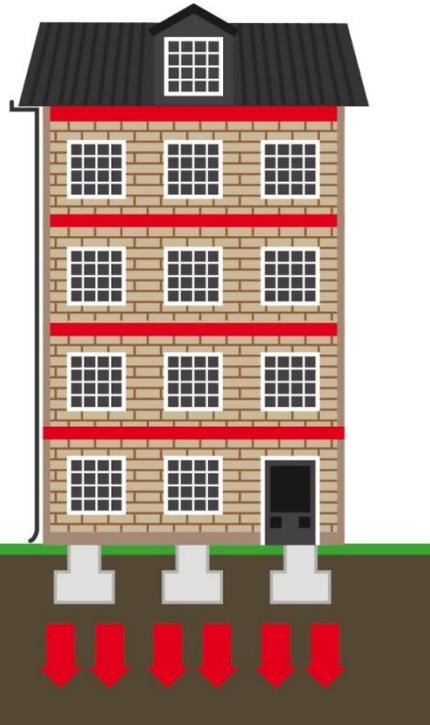
### 3.1.2 Importanza del contenimento dei carichi



#### Soluzione leggera.



#### Soluzione tradizionale.



Soluzione leggera  
Leca

**PESO -40%**



Soluzione tradizionale pesante



*Le soluzioni tecniche*

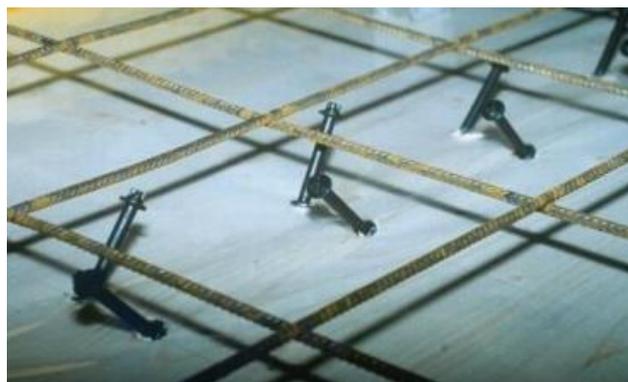
**CONSOLIDAMENTO**

**STATICO/FLESSIONALE**

## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



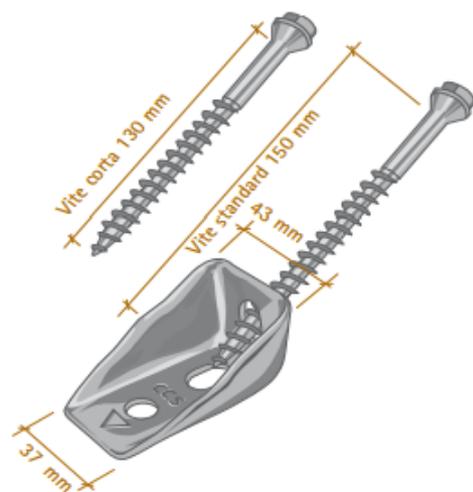
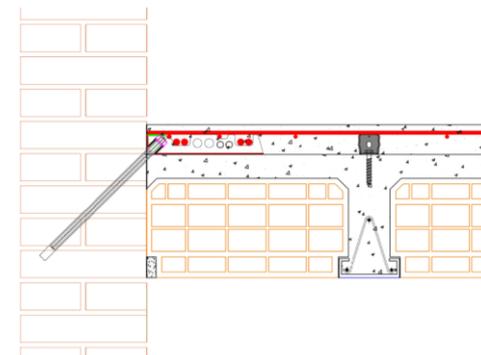
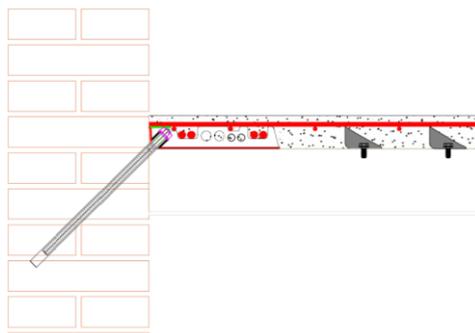
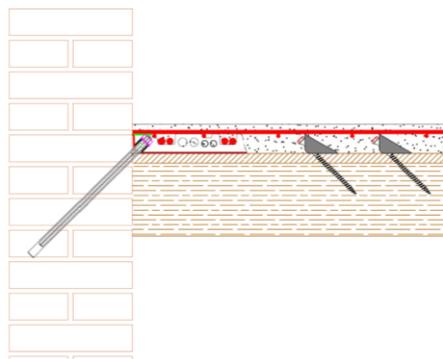
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



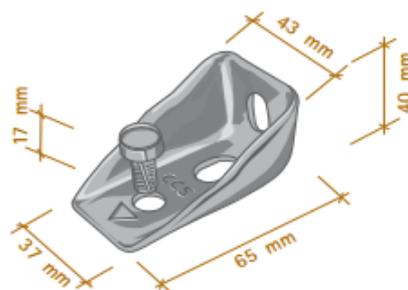
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



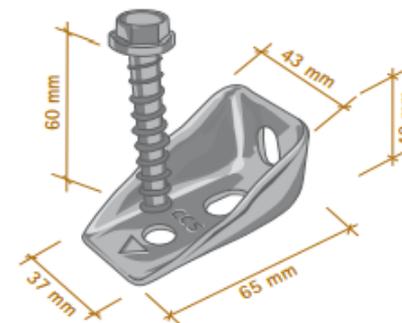
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE



Connettore per solai in legno.



Connettore per solai in acciaio.



Connettore per solai in calcestruzzo.

## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

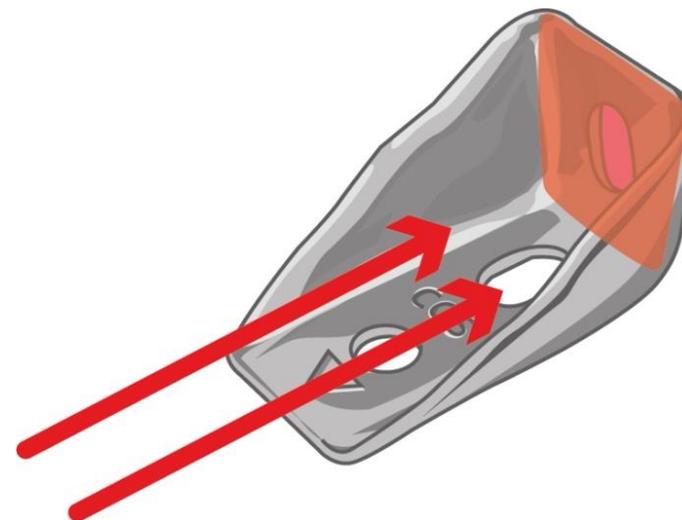
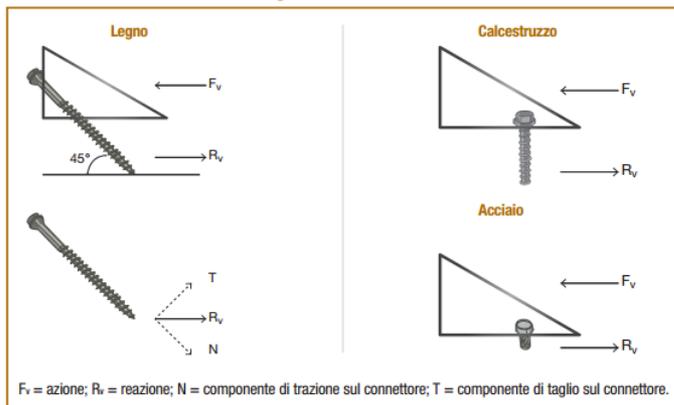
Connettore industrializzato (tipo sistema Connettore CentroStorico)



Connettore non industrializzato (tipo sistema "Turrini-Piazza")



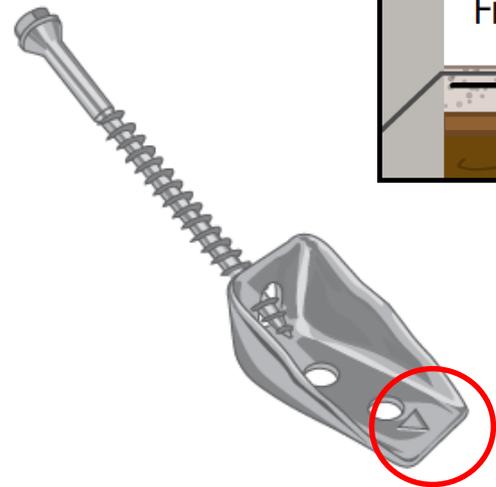
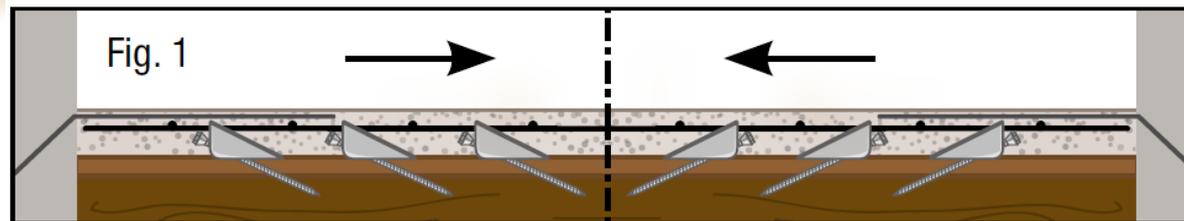
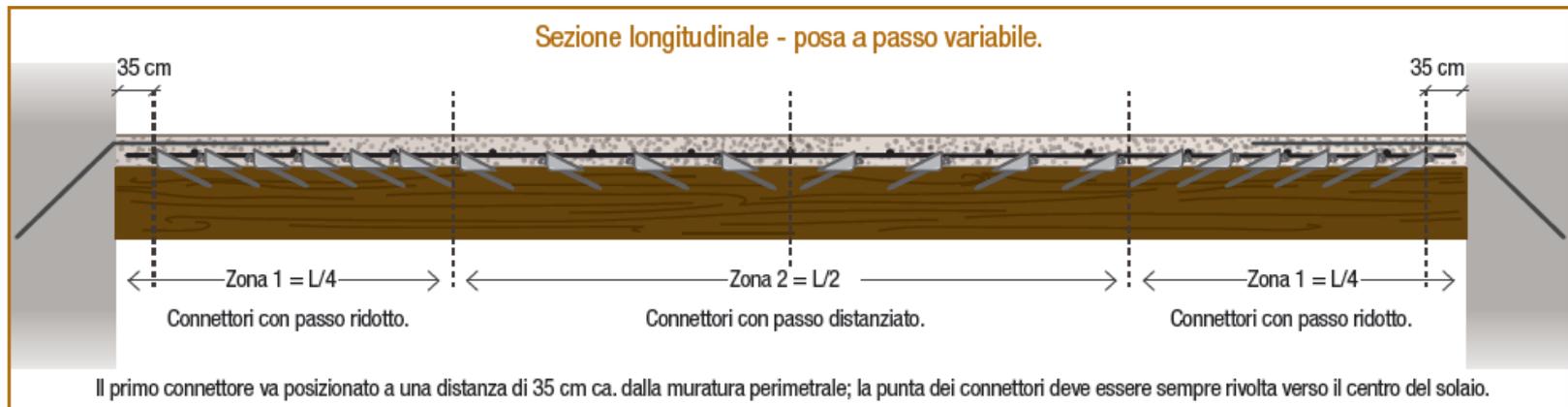
Distribuzione delle forze di taglio



La particolare **conformazione a cuneo del prisma di base** del connettore centro storico permette di disporre di un'ampia **superficie verticale di contatto tra connettore e calcestruzzo**, che permette un'ottimale **trasmissione delle azioni di taglio**.

**Innovazione tecnica sostanziale rispetto ai sistemi a piolo o a barre piegate**

## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

### Posizionamento Connettori CentroStorico



### Vista planimetrica.



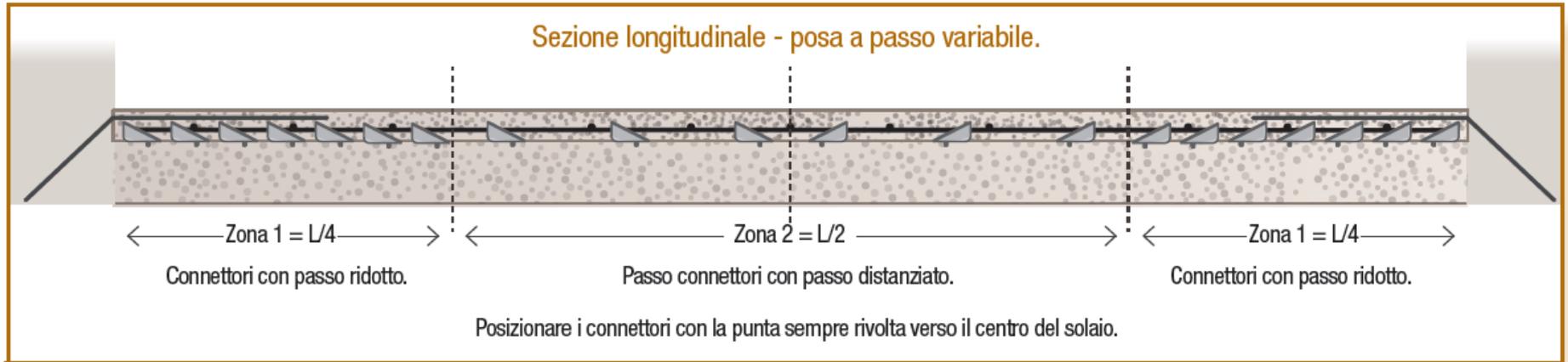
### Sezione trasversale.

Connettore CentroStorico Acciaio può essere fissato indistintamente sull'ala della trave o sull'anima (spessore minimo ala trave 6 mm).



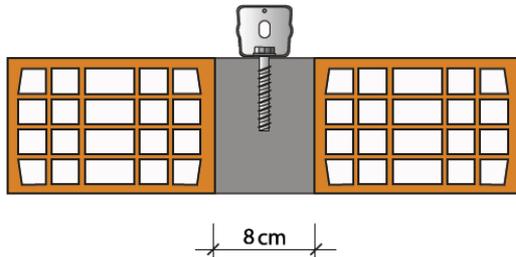
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

### Posizionamento Connettori CentroStorico

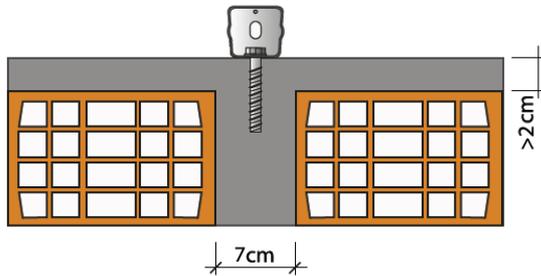


## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

Posa su solaio senza soletta esistente.

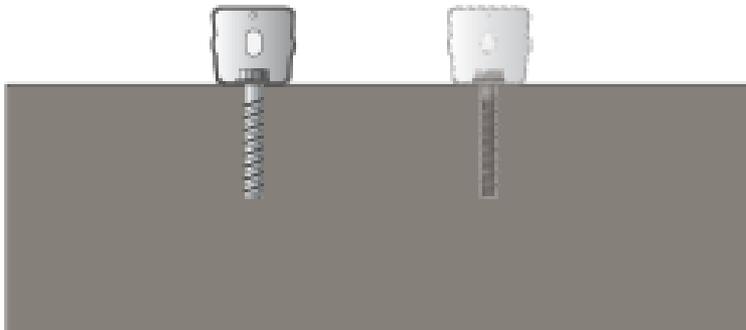
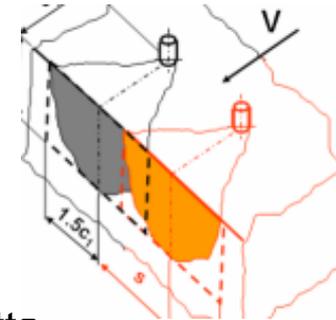


Posa su solaio con soletta esistente.



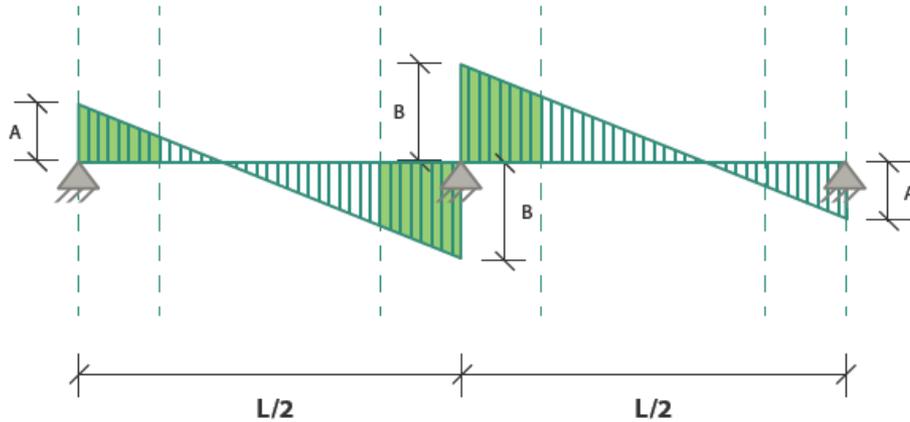
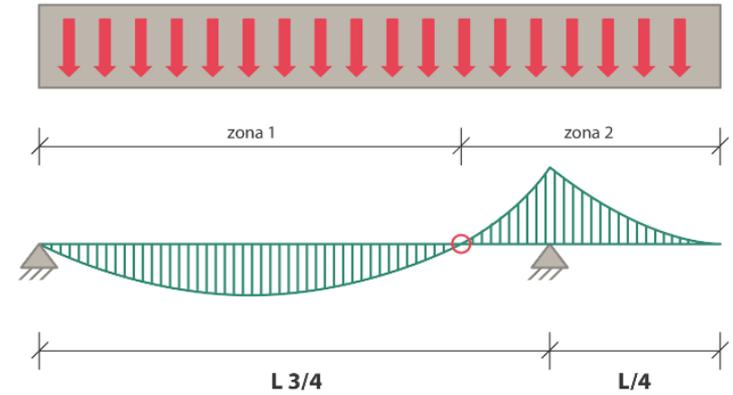
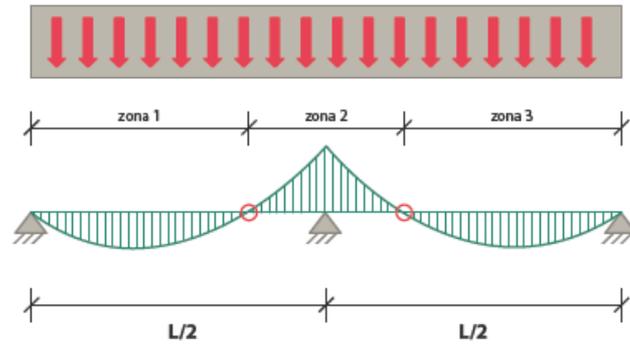
**Larghezza del travetto sufficiente a permettere l'applicazione del connettore:**

- 8 cm nel caso di solaio senza soletta esistente o di spessore inferiore ai 2 cm
- 7 cm nel caso di solaio con soletta esistente superiore ai 2 cm

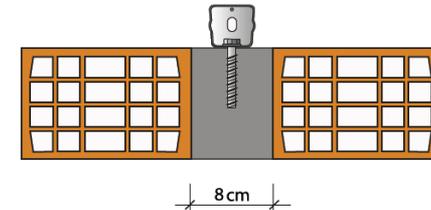


## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

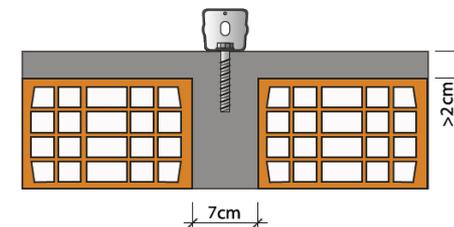
### Trave continua su più appoggi- diagramma del Momento flettente



Posa su solaio senza soletta esistente.



Posa su solaio con soletta esistente.



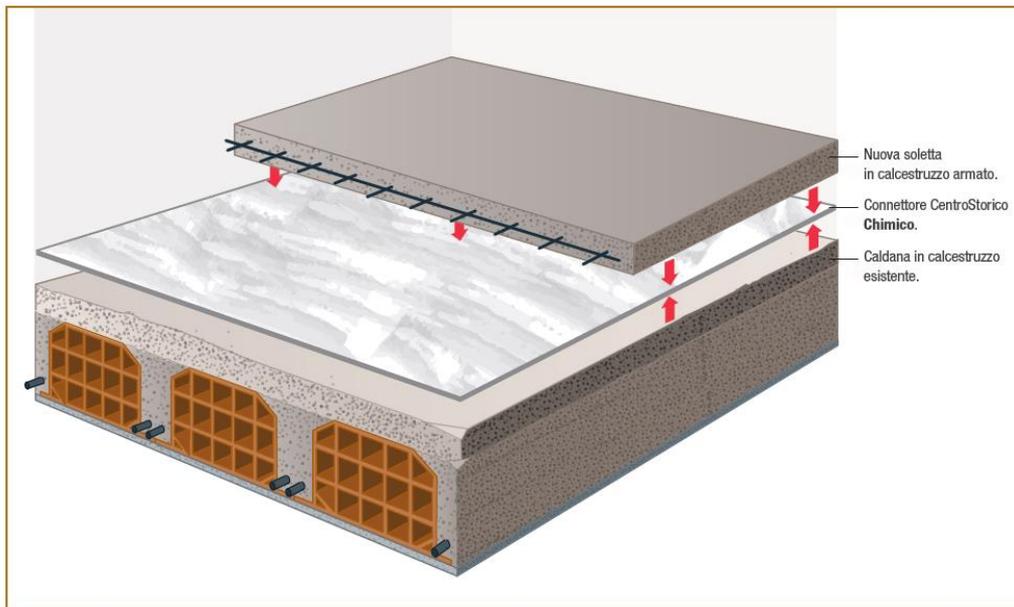
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

POLITECNICO DI MILANO

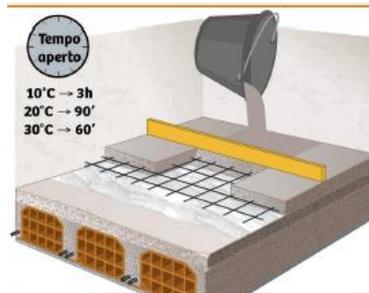
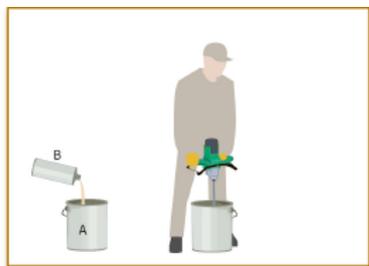


Sistema di **incollaggio strutturale** tra calcestruzzo esistente e nuova soletta collaborante.

Le azioni di taglio vengono trasferite su tutta la superficie



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



### AVVERTENZE

- Applicare entro il tempo di vita utile, calcolato dall'inizio della miscelazione; il prodotto miscelato che rimane nel barattolo indurisce rapidamente e diventa non più utilizzabile.
- Non gettare il calcestruzzo fresco su Connettore CentroStorico Chimico indurito.
- Qualora la temperatura scendesse al di sotto dei +10°C, Connettore Chimico potrebbe presentare un aumento della viscosità e la formazione di grumi. Prima di utilizzarlo, scaldare le confezioni immergendo (a confezione chiusa) parte della latta in acqua calda fino alla scomparsa dei grumi.
- Non applicare su superfici bagnate, su supporti polverosi e poco consistenti.

### DURABILITÀ

La normativa di riferimento per la Marcatura CE del prodotto è la UNI EN 1504-4 "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 4: Incollaggio strutturale".

Tra i requisiti prestazionali della Marcatura CE è richiesto quello della Durabilità secondo EN 13733: "Il carico

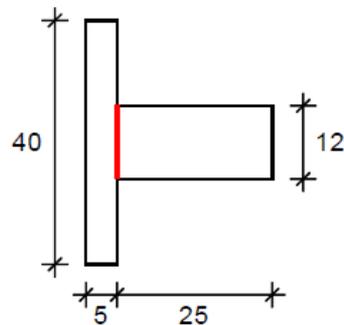
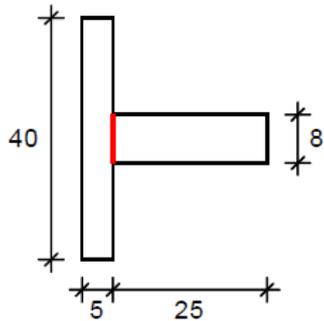
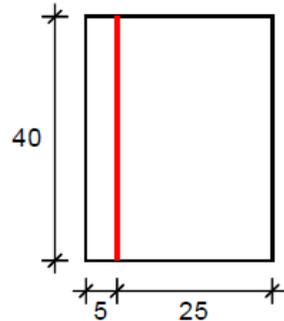
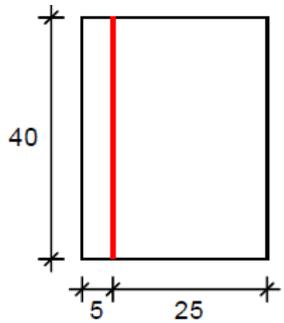
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

POLITECNICO DI MILANO

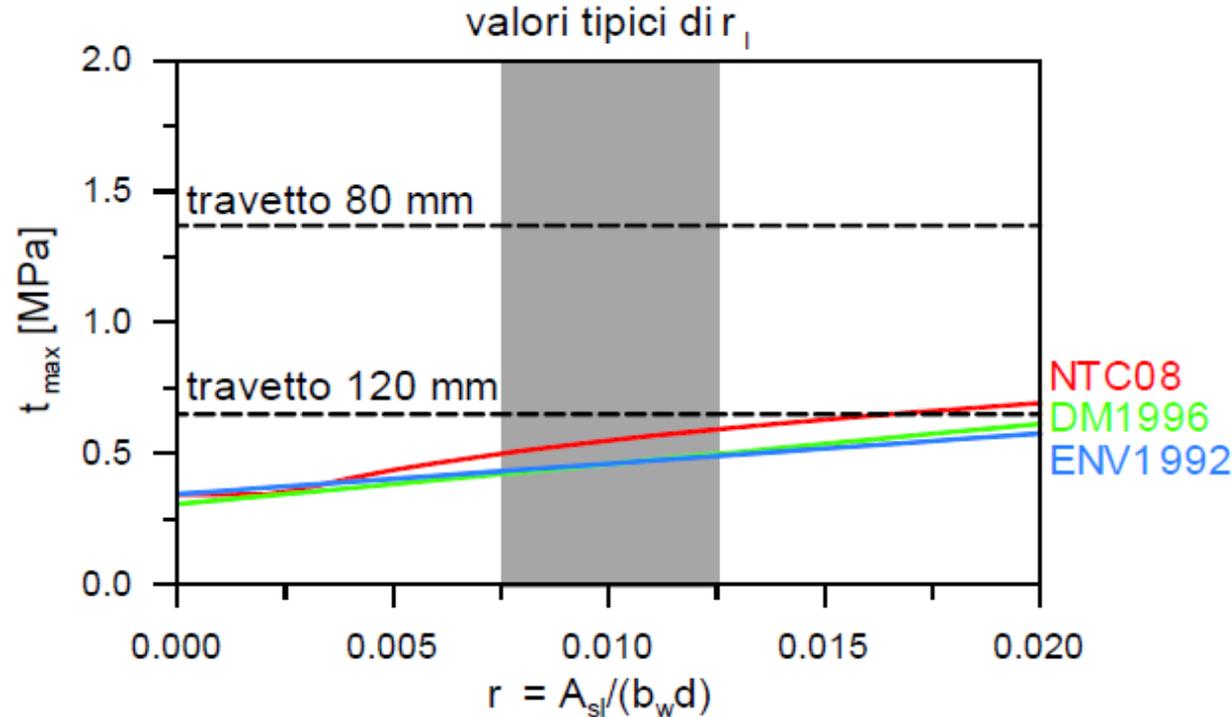


Relazione finale del contratto di consulenza  
Politecnico di Milano - Laterlite

**"Caratterizzazione del comportamento di resine epossidiche per il consolidamento di solai in latero-cemento"**



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

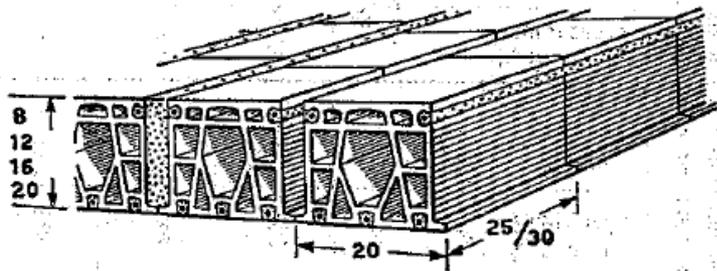


Dal grafico si evidenzia come la tensione tangenziale limite all'interfaccia sia sempre superiore alle tensioni massime ottenute con le prescrizioni normative, ad esclusione di un intervallo limitato per  $\rho_{sl} \geq 1.5\%$  dove risulta  $\tau_{NTC} > \tau_{INT}$  (per il travetto di larghezza pari a 120 mm).

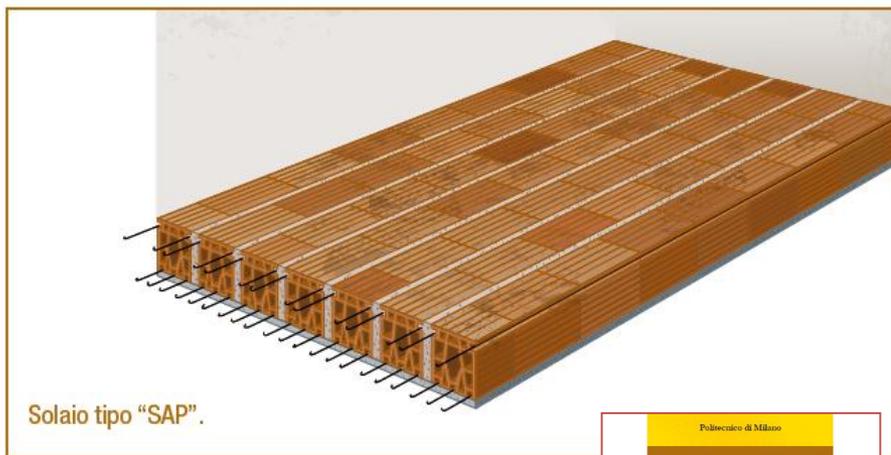
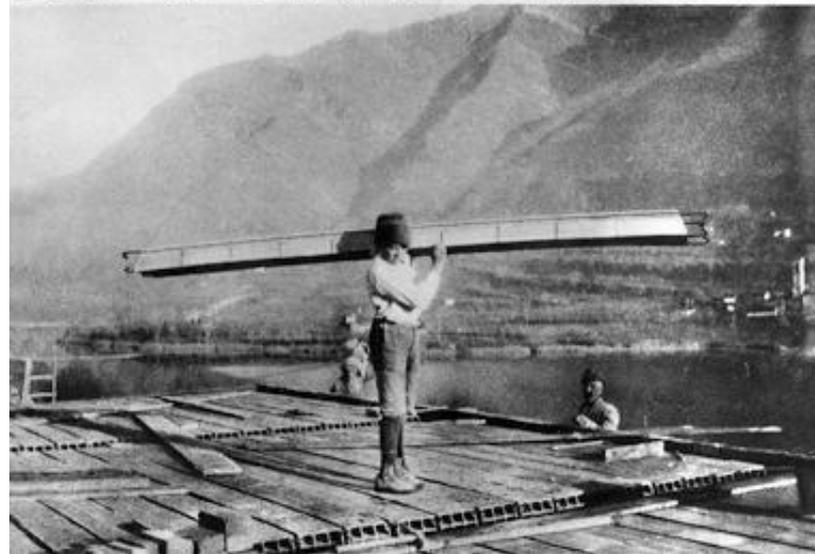
gruppo	media	dev.st.	c.o.v.	$\tau_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]
CC-80	2.15	0.39	18.0%	1.58	1.52
CC-120	1.36	0.28	20.5%	0.90	0.72

### 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

S O L A I O S A P



# SOLAIO SAP



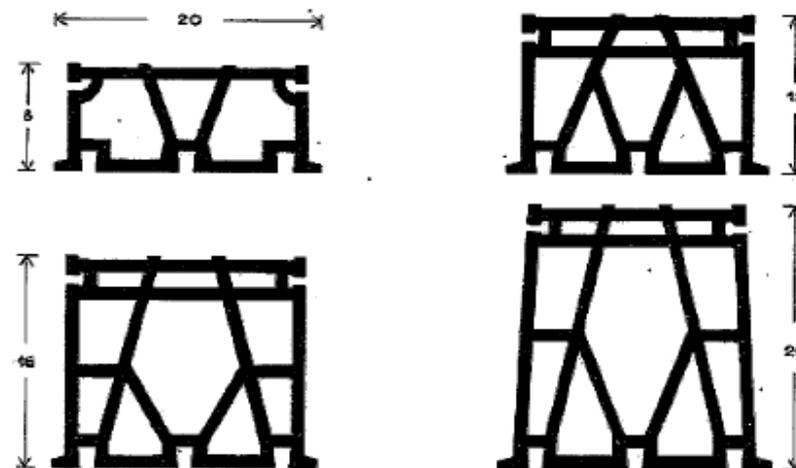
Solaio tipo "SAP".

Politecnico di Milano

INDAGINE SPERIMENTALE  
SUL CONSOLIDAMENTO DI SOLAI  
A TRAVETTI ARMATI TIPO SAP

Rinforzo mediante la tecnica  
della soletta mista collaborante:

- Calcestruzzi Leggeri Strutturali Leca.
- Connettore CentroStorico Chimico.



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

SAP H 12 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 1

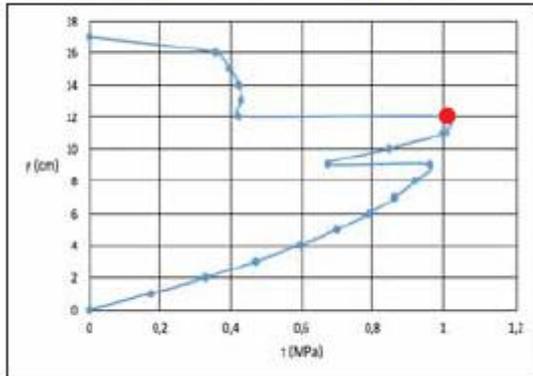


Figura 76: Andamento sforzi tangenziali per il primo solaio consolidato di  $h = 12 + 5$  cm.

SAP H 16 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 1

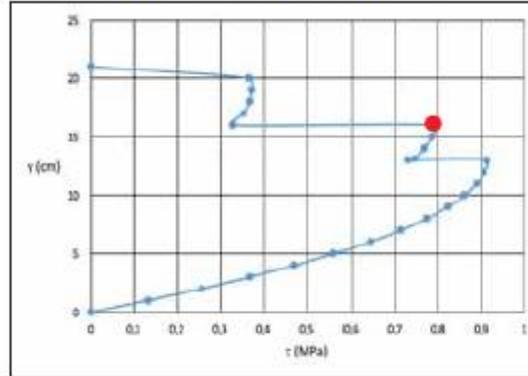


Figura 78: Andamento sforzi tangenziali per il primo solaio consolidato di  $h = 16 + 5$  cm.

SAP H 12 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 2

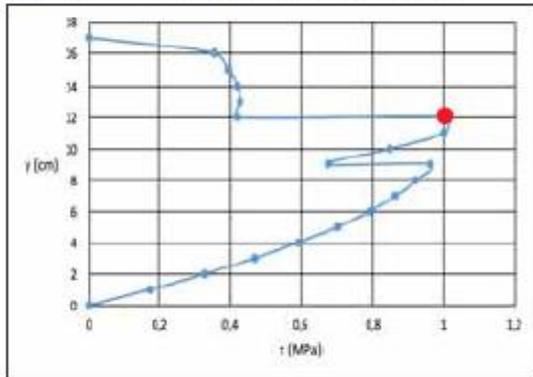


Figura 77: Andamento sforzi tangenziali per il secondo solaio consolidato di  $h = 12 + 5$  cm.

SAP H 16 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 2

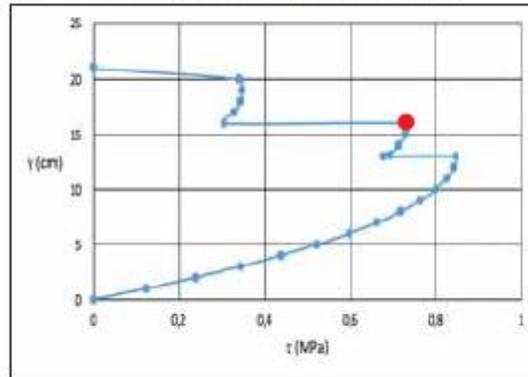
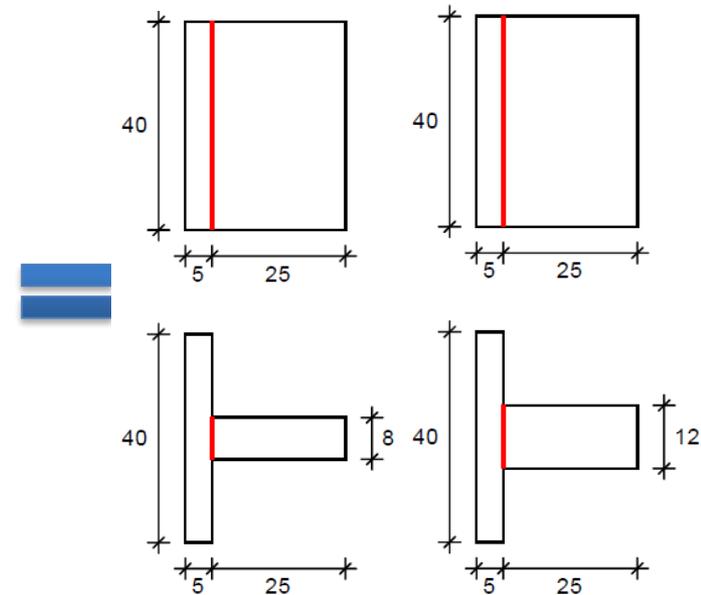


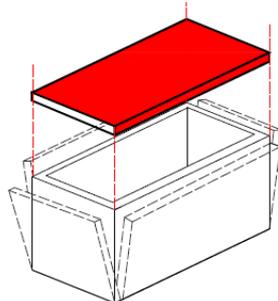
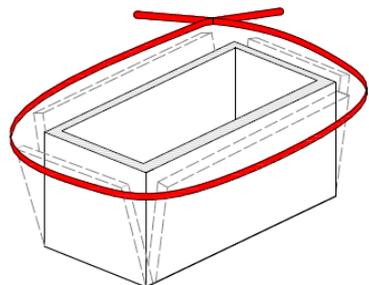
Figura 79: Andamento sforzi tangenziali per il secondo solaio consolidato di  $h = 16 + 5$  cm.



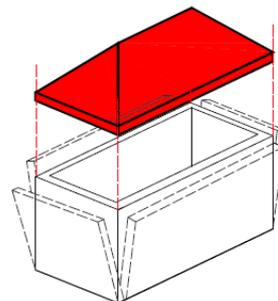
***Ruolo dei diaframmi di piano e dei collegamenti solaio – pareti***

# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

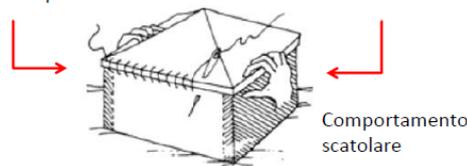
DIAFRAMMI DI PIANO E DI FALDA



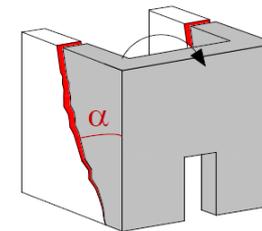
Diaframmi di piano



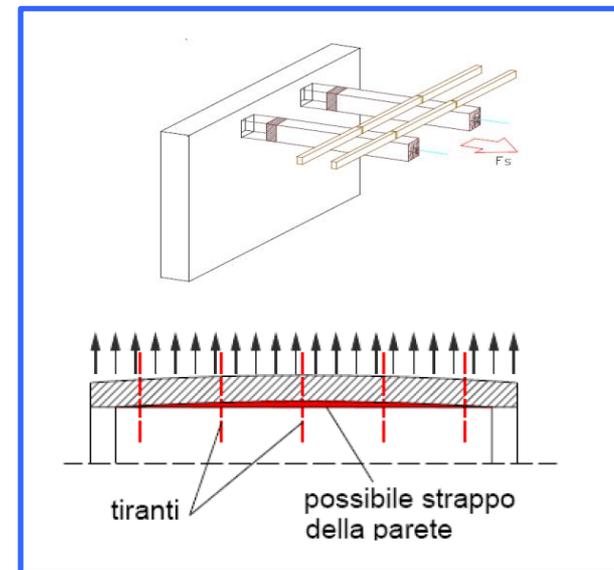
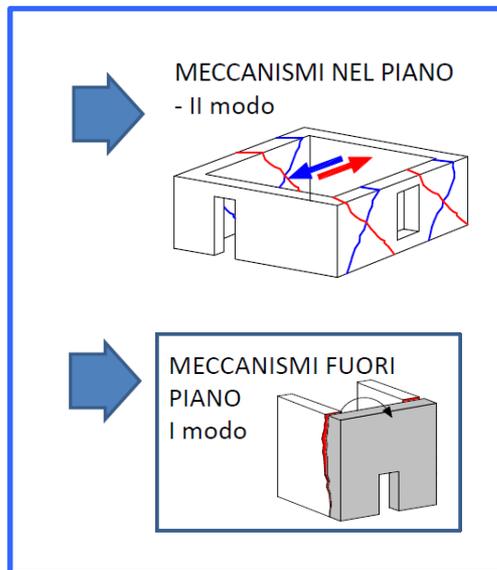
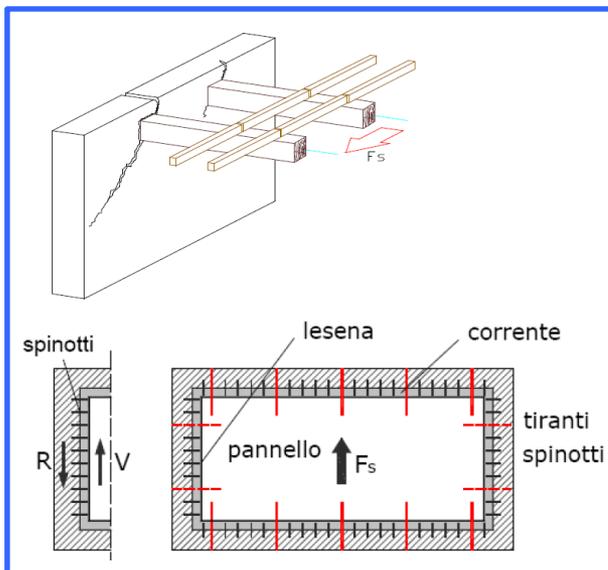
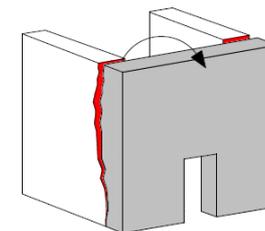
Diaframmi di falda



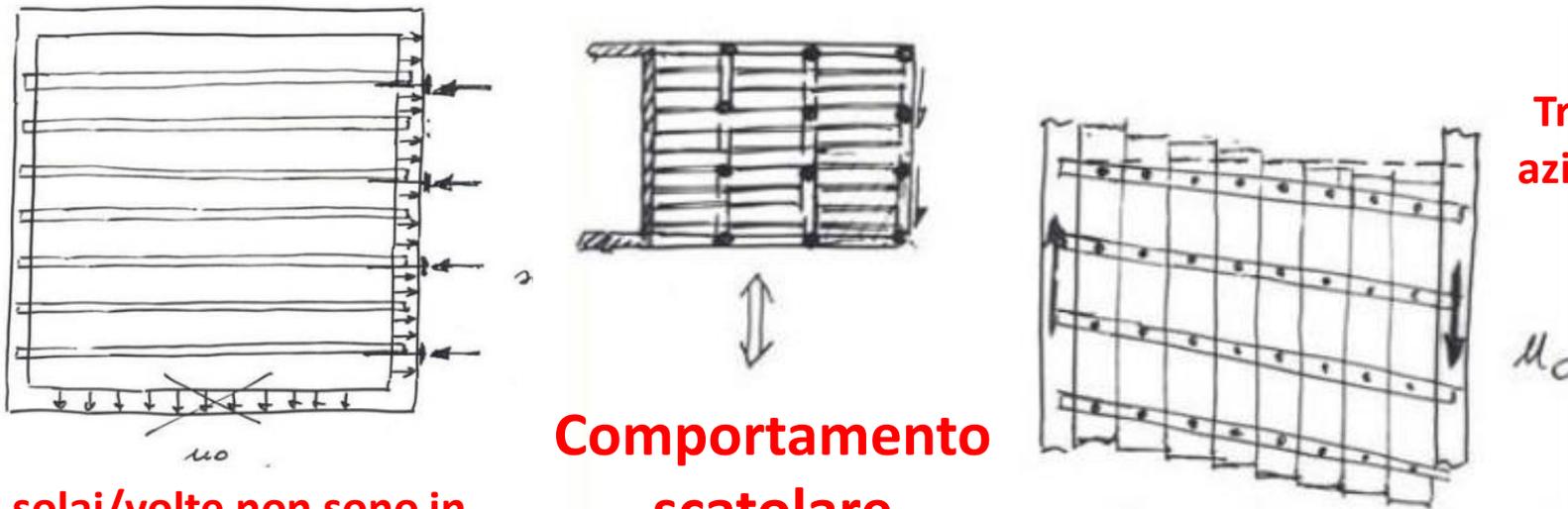
Comportamento scatolare



?  $\alpha_{Max} = 10^\circ - 15^\circ$



### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



Trasmissione  
azioni di taglio  
nel piano

Comportamento  
scatolare  
ipotizzabile???

I solai/volte non sono in  
grado di contenere le pareti

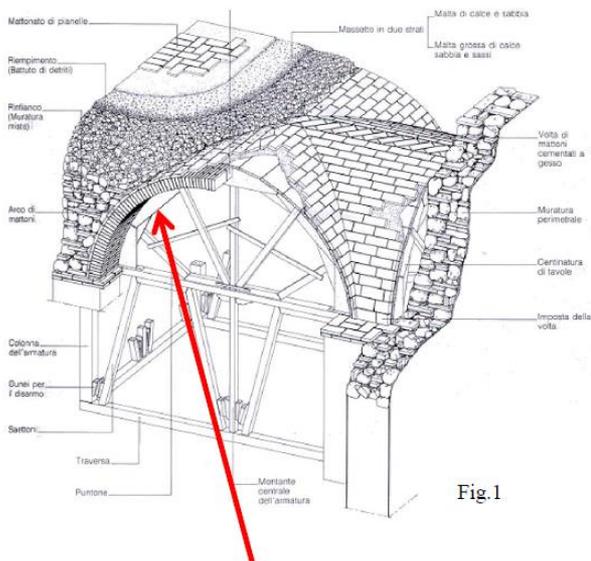
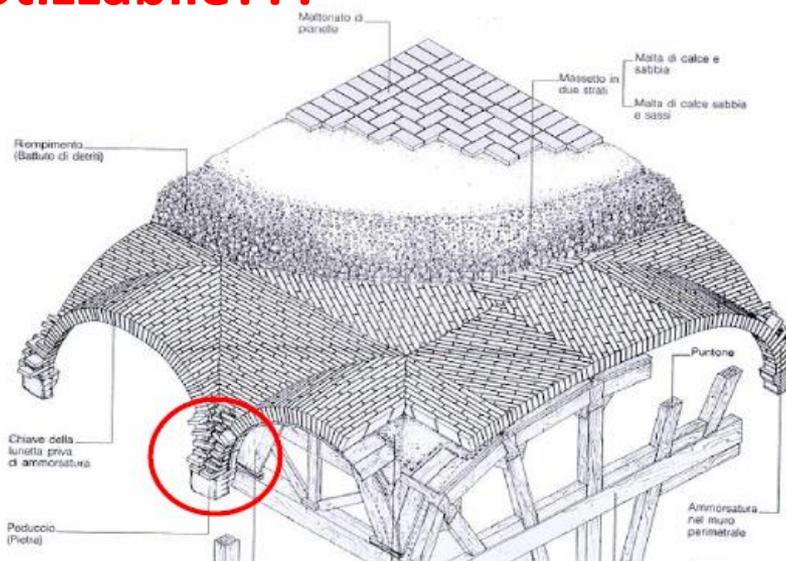


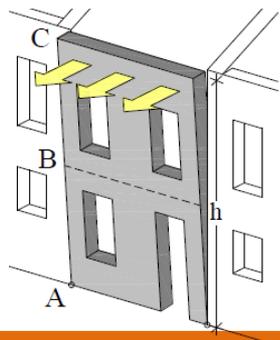
Fig. 1



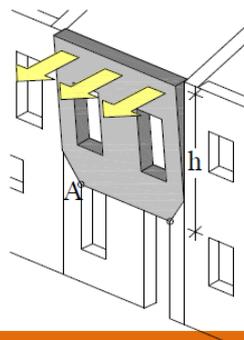
Collegamento  
solo ai peducci  
– no sulla  
direttrice

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

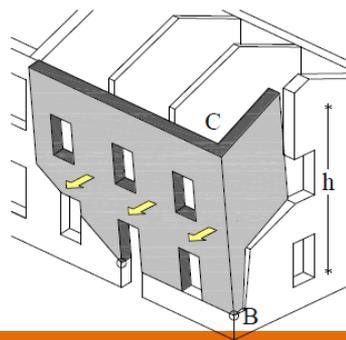
RIBALTAMENTO SEMPLICE



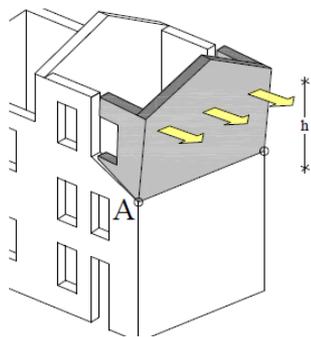
RIBALTAMENTO SEMPLICE



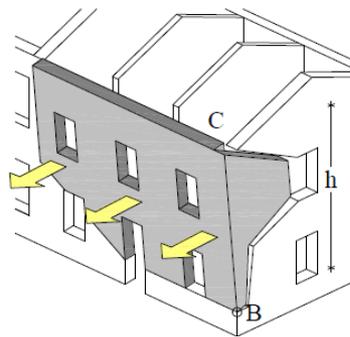
RIBALTAMENTO COMPOSTO



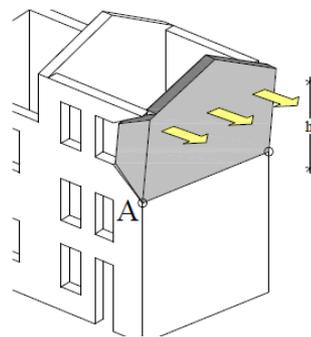
RIBALTAMENTO COMPOSTO



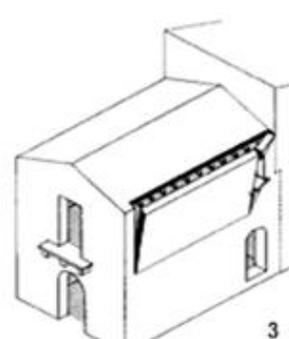
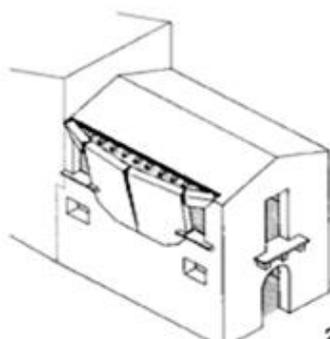
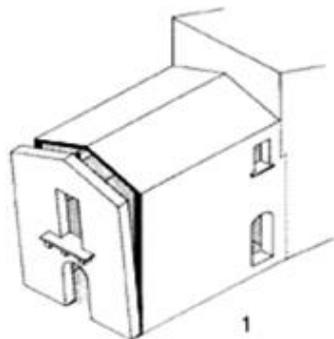
RIBALTAMENTO COMPOSTO



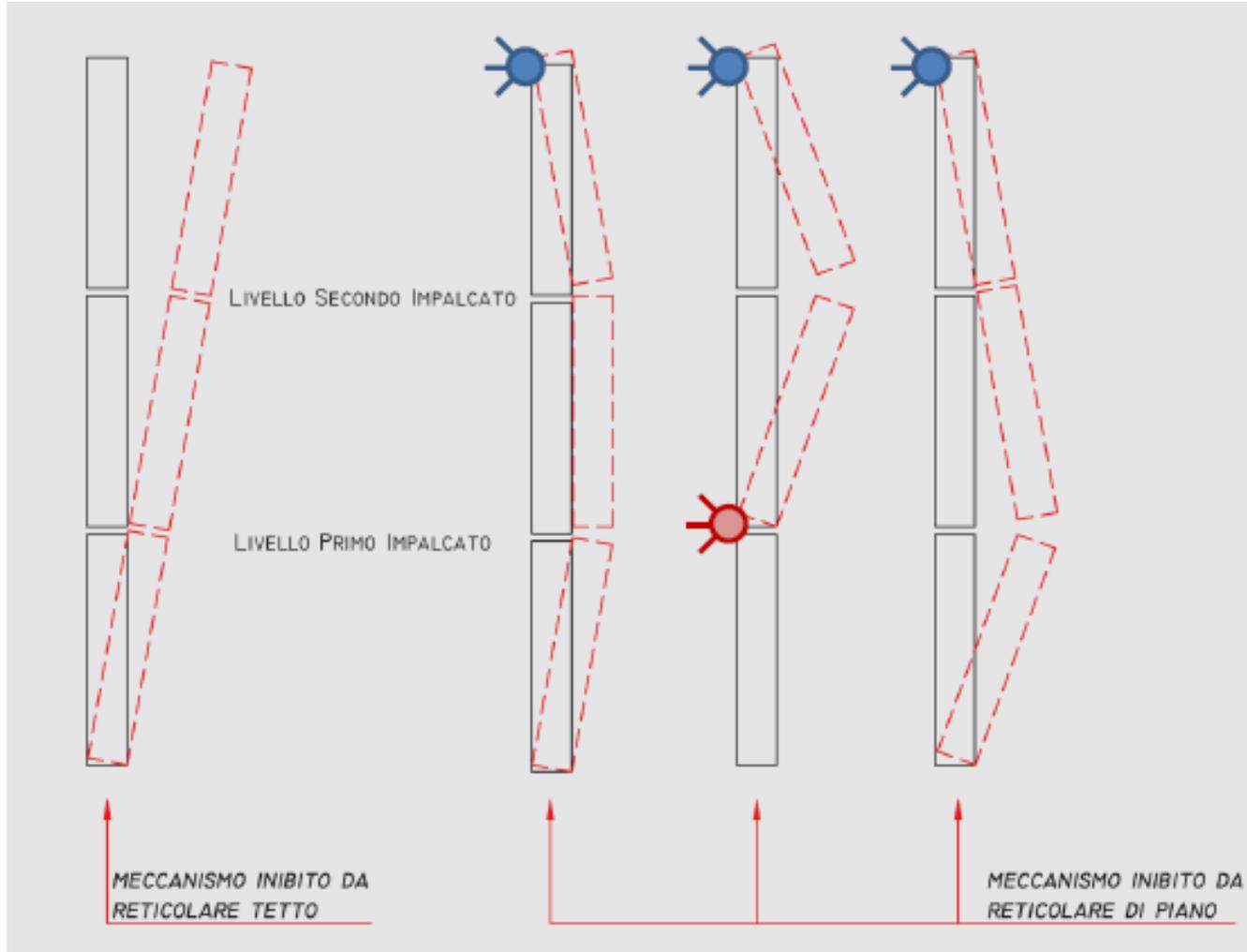
RIBALTAMENTO COMPOSTO



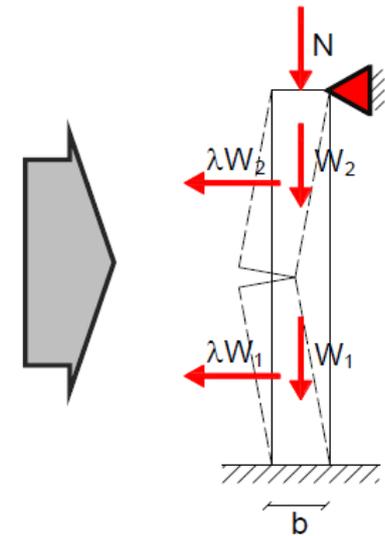
Edifici in  
MURATURA:  
esempi di  
meccanismi di  
danno e fuori piano



### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



VULNERABILITA' NELLE CONDIZIONI POST INTERVENTO



$$\alpha_{0, ANTE} \gg \alpha_{0, POST}$$

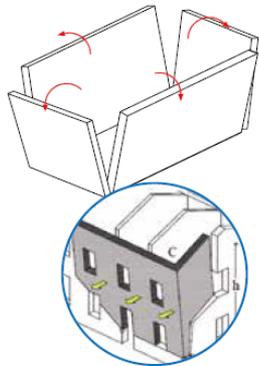
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Metodi di mitigazione del rischio sismico:

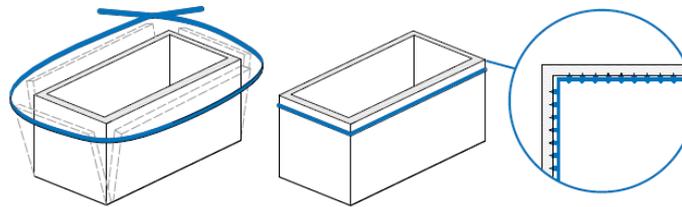
Prevenire o ritardare i meccanismi di collasso fuori piano **mediante alcuni sistemi costruttivi** che contribuiscono al comportamento scatolare

INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.

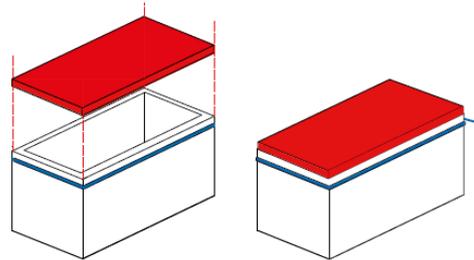
EDIFICIO SENZA COLLEGAMENTI SOLAIO-PARETI.



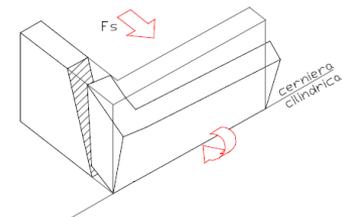
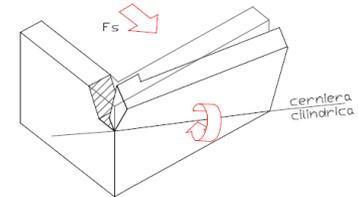
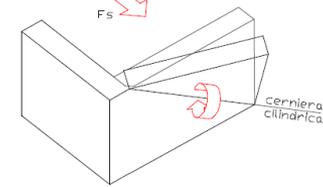
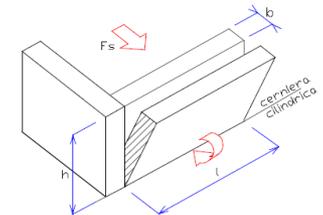
Ribaltamento delle facciate.



**PERIMETRO FORTE:** formazione della cerchiatura perimetrale per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).

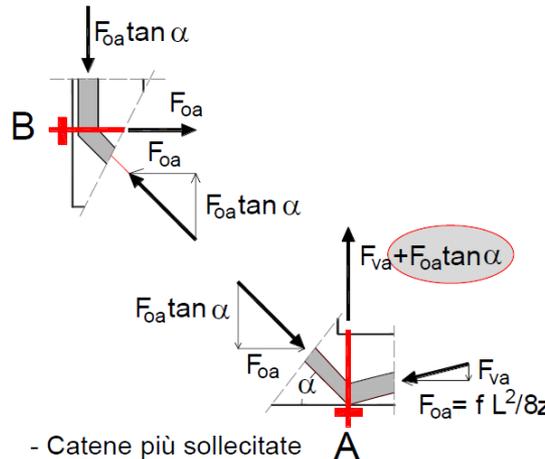
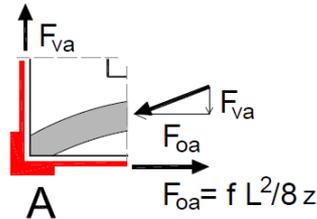
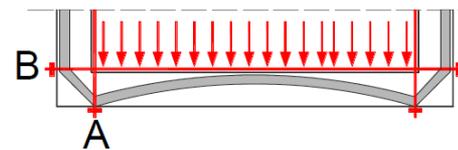
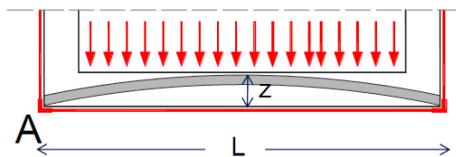
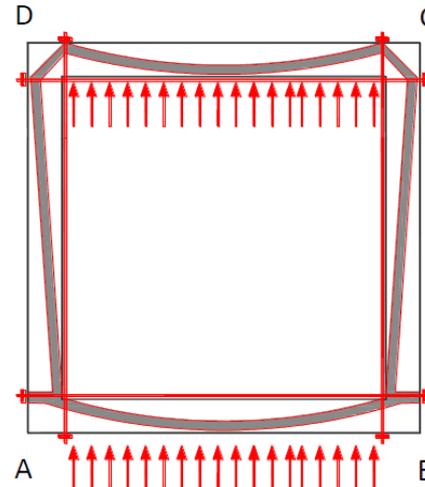
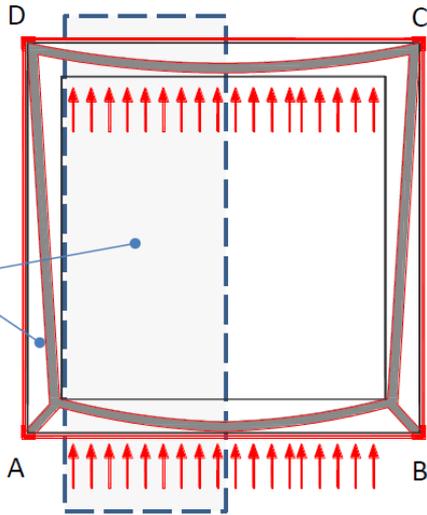


**PIANO RIGIDO:** formazione della nuova soletta collaborante leggera interconnessa al solaio esistente (Calcestruzzo Leca + Connettore CentroStorico).



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

Azione sismica trasferita alla parete sismo-resistente che può risultare troppo sollecitata.



+ Catene meno sollecitate  
- Impatto visivo

- Catene più sollecitate  
+ Nascoste alla vista

### Catene

- Esterne oppure alloggiato entro scanalature di qualche centimetro di profondità o raramente, entro fori, praticati con la carotatrice
- Attive, passive, aderenti o non aderenti
- Tesate con martinetto o sistemi a vite

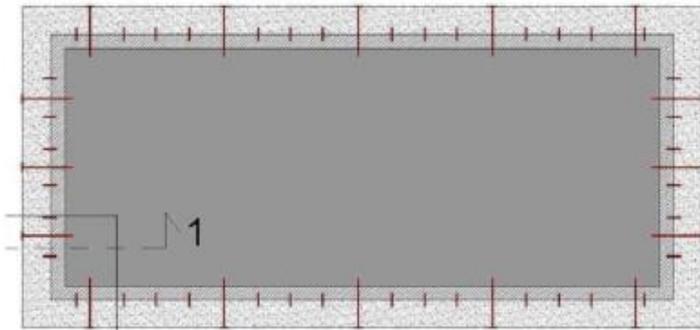
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Catene

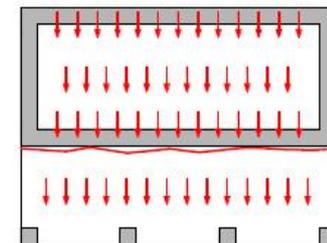
#### Inefficaci quando:

- Snellezza eccessiva delle pareti
- **Discontinuità della fascia muraria**
- Murature scadenti
- Presenza di canne fumarie e quindi impossibilità di realizzare il sistema arco – catena
- Incatenamento incompleto/inefficace
- **Presenza di porticati o irregolarità in pianta**

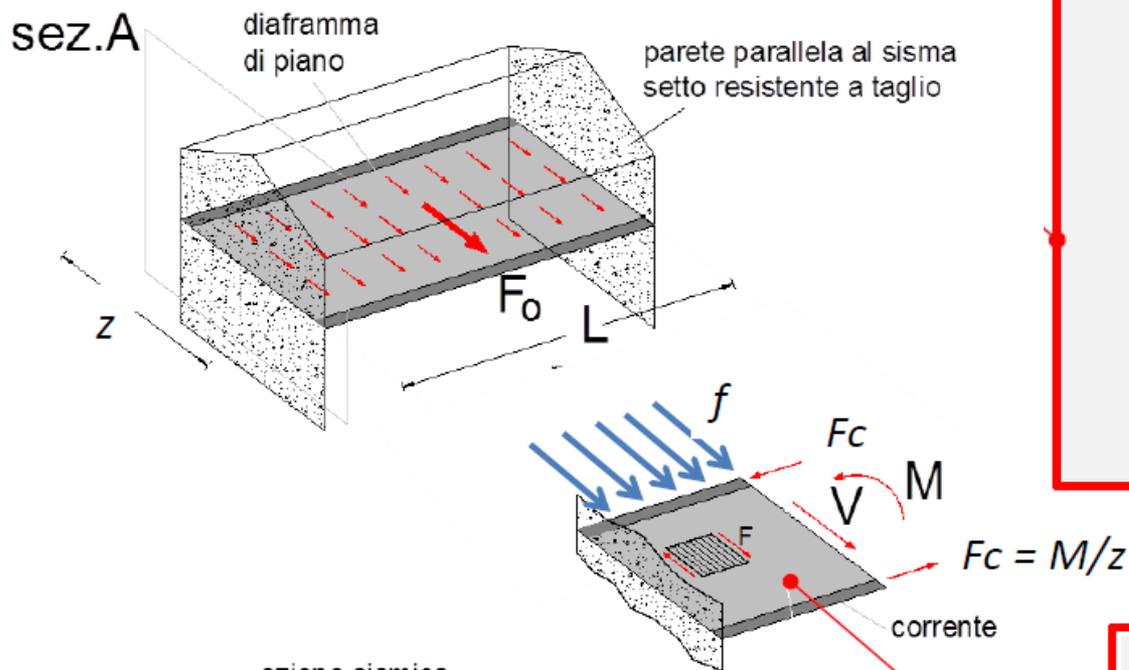
→ Necessità diaframmi di piano



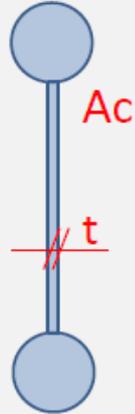
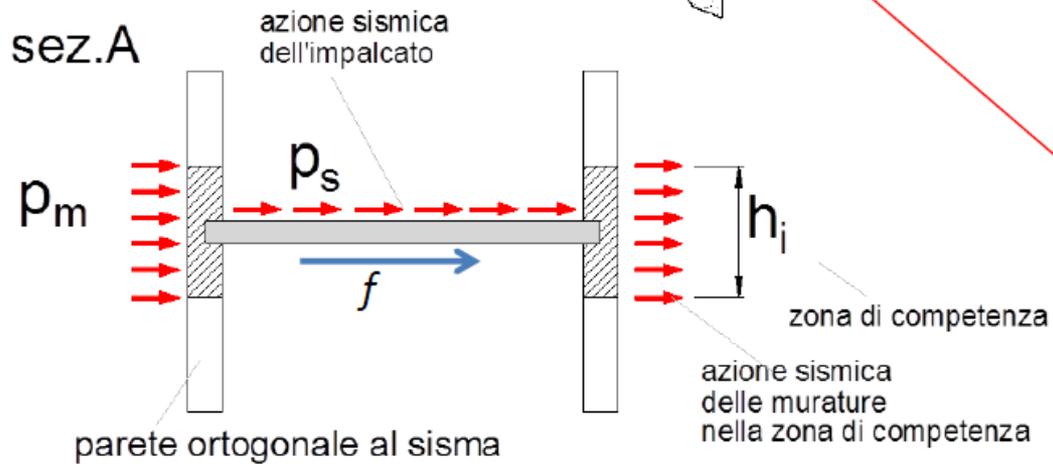
→ Catene inefficaci;  
necessità di  
diaframma di piano.



### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

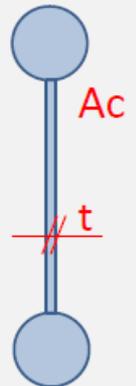


**SCHEMA STATICO:**  
**ELEMENTO BIDIMENSIONALE A CORRENTI E PANNELLO**  
 APPOGGIATO SUI SETTI SISMORESISTENTI

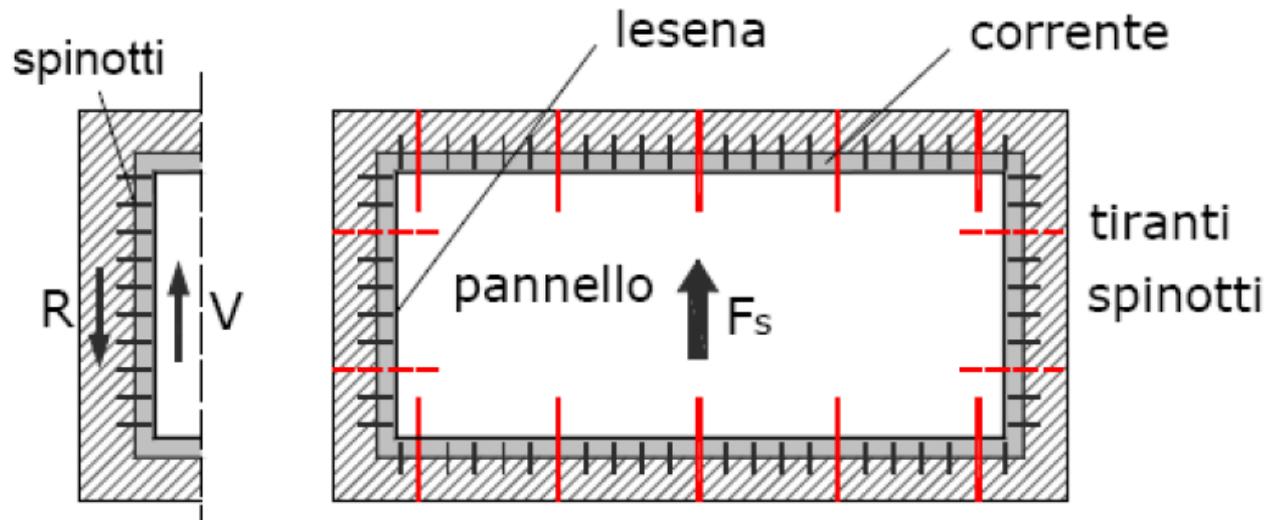



**SUDDIVISIONE DEI COMPITI:**

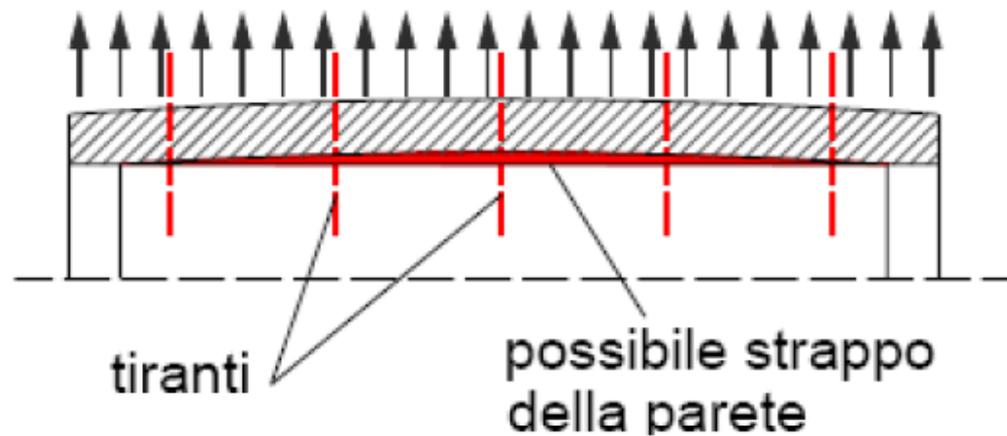
- MOMENTO FLETTENTE AI CORRENTI
- TAGLIO AL PANNELLO D'ANIMA.



### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



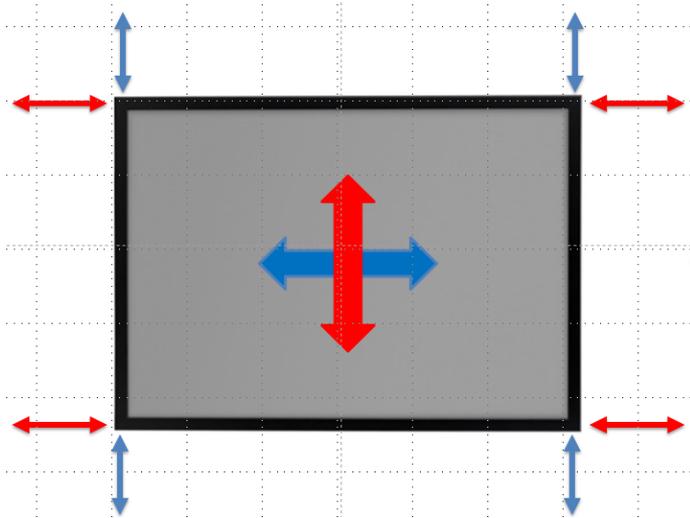
**Spinotti a taglio**



**Tiranti a trazione**

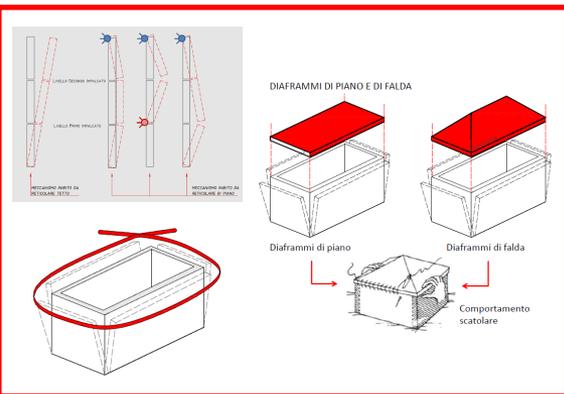
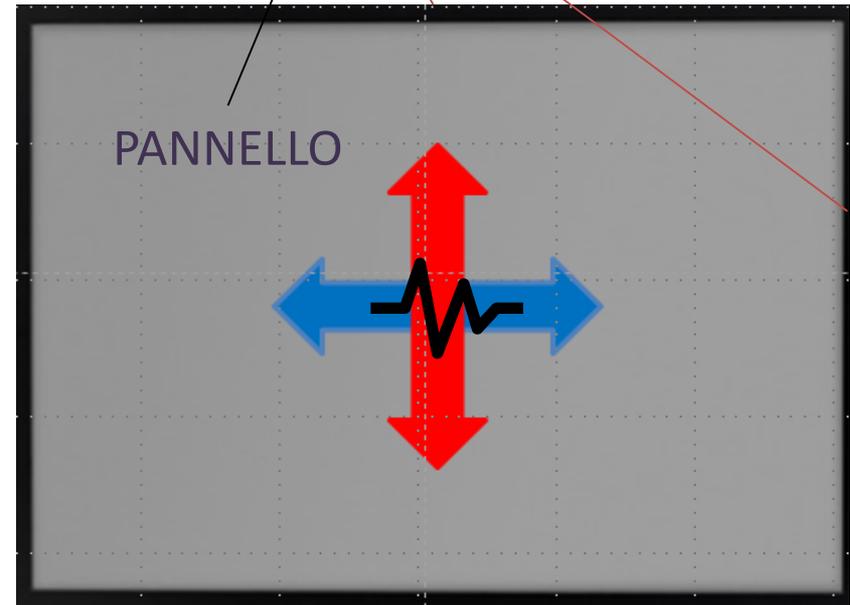
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### 1) Organizzazione del diaframma



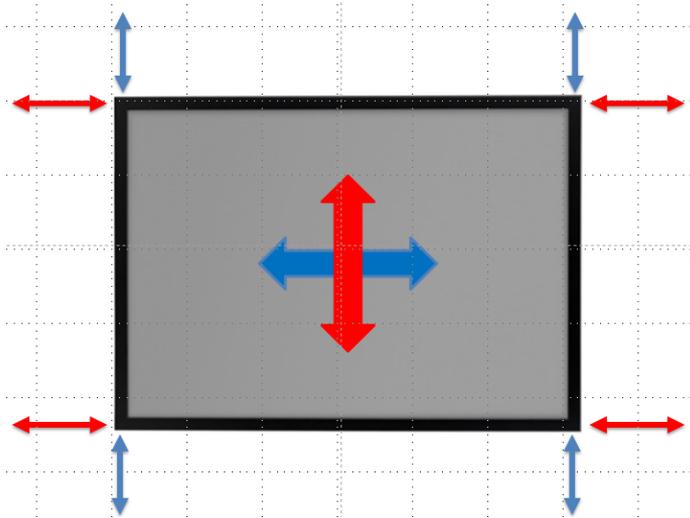
**DIAFRAMMA**

CORRENTI E  
RIPARTITORI



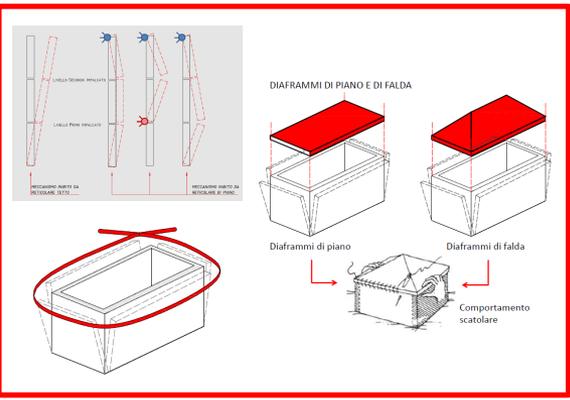
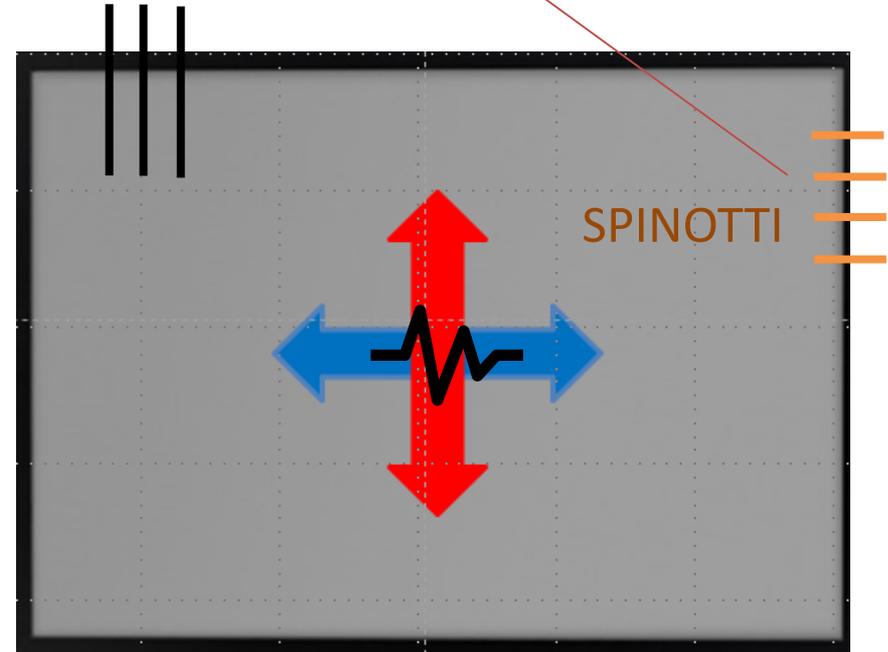
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### 2) Organizzazione dei collegamenti



**COLLEGAMENTI**

TIRANTI



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Cordolo in acciaio (angolare perimetrale)

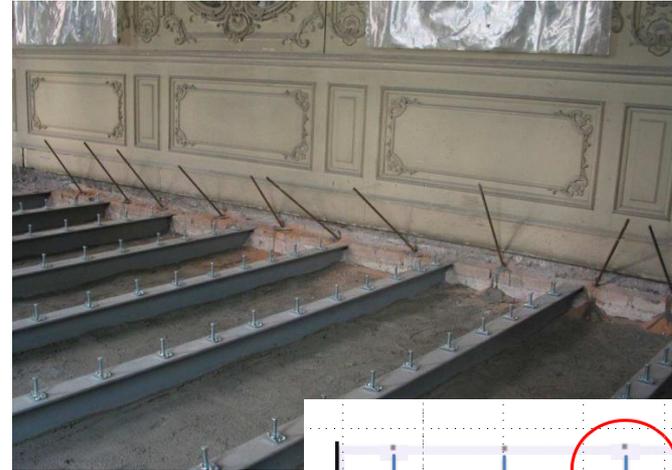


#### Sistema efficiente ma impegnativo nella sua realizzazione:

- Taglio degli angolari (lavori di carpenteria metallica);
- Trasporto e movimentazione;
- Saldatura;
- Inserimento degli spinnotti e tiranti all'interno di sedi già forate degli angolari (poco versatile);
- Difficoltà nel seguire irregolarità di perimetro.

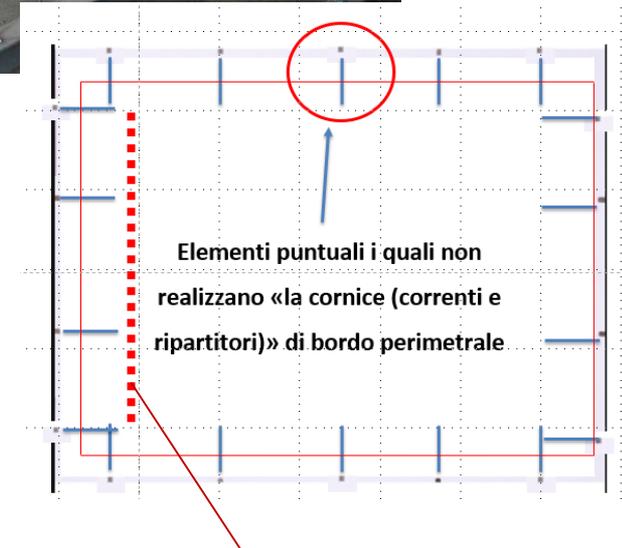
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Barre/Spazzoni «inghisati» nelle pareti



#### Sistema artigianale:

- Aleatorietà legata alla posa in opera (inclinazione, lunghezza e diametro scelto, tipo di resina);
- Difficoltà di controllo delle quote;
- Mancanza dell'efficienza del sistema a CORRENTI/RIPARTITORI di perimetro (diaframma e collegamenti no organizzati!).



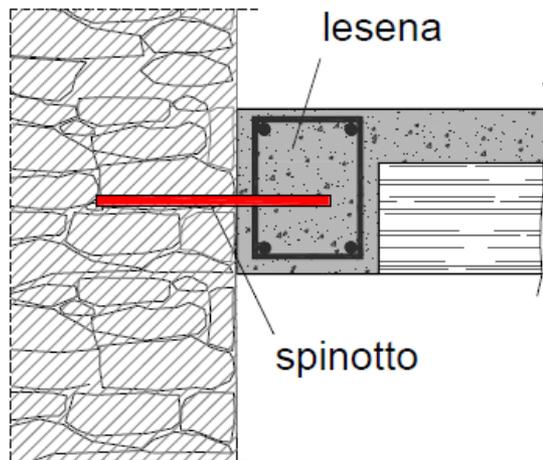
**RISCHIO DI LESIONI PER MANCANZA DI ELEMENTI CHE ASSORBONO TRAZIONI/COMPRESIONI DI BORDO**

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Trave di bordo – cordolo in CA fuori spessore

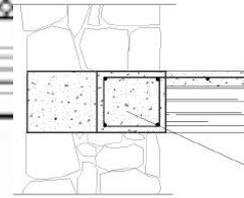
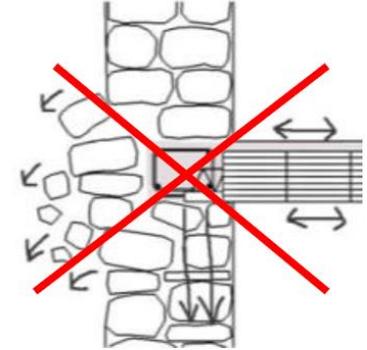
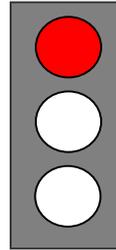
#### Sistema invasivo e impattante:

- Impossibilità del contenimento delle quote;
- Lavoro impattante per la realizzazione del cordolo in CA, testa delle travi coinvolte.

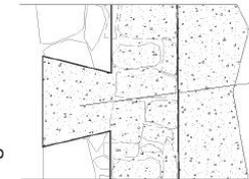


## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

**Interventi da EVITARE!!!**



**EVITARE**  
cordoli  
perimetrale  
realizzato entro  
lo spessore  
della muratura



**EVITARE**  
connessioni  
a code di  
rondine

*Assenza totale o parziale di  
cordoli o catene.*

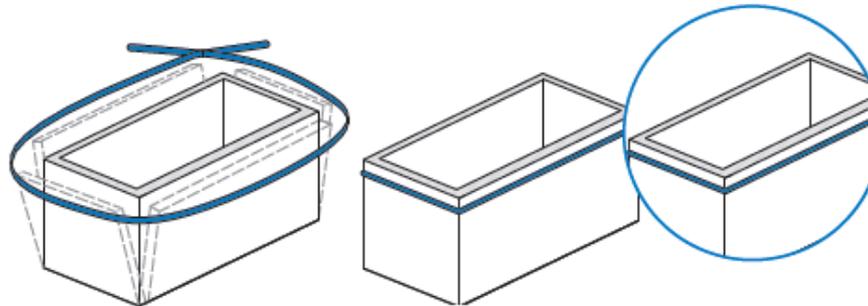
*Collegamenti tra orizzontamenti e  
pareti tramite cordoli in c.a. in breccia  
su un solo paramento.*

*Fonte: Regione Toscana: rilevamento della vulnerabilità sismica edifici in muratura*

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

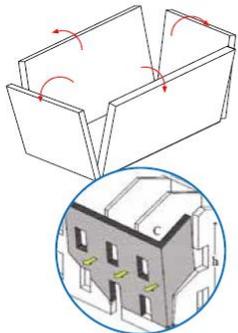
### Innovativo sistema costruttivo

INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL  
COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.

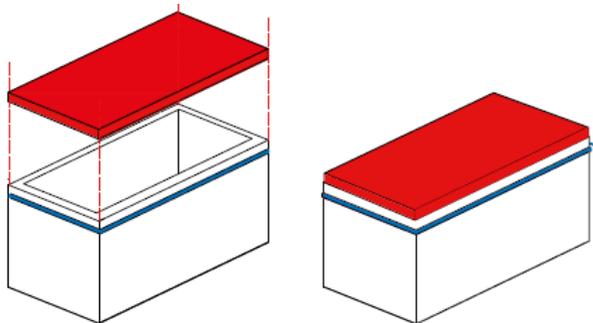


**PERIMETRO FORTE:** formazione della cerchiatura perimetrale per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).

EDIFICIO SENZA  
COLLEGAMENTI  
SOLAIO-PARETI.



Ribaltamento delle facciate.

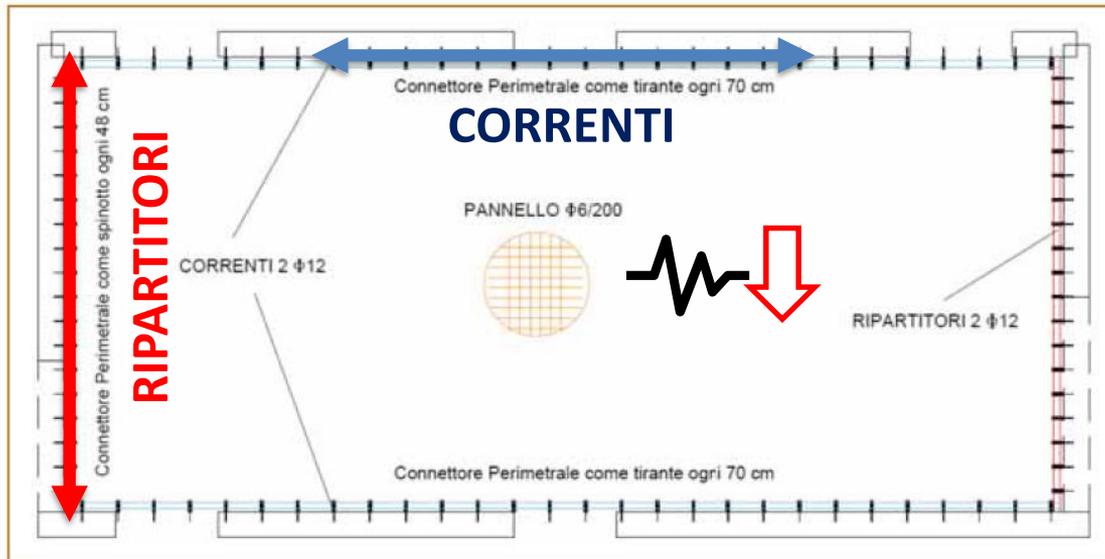


**PIANO RIGIDO:** formazione della nuova soletta collaborante leggera interconnessa al solaio esistente (Calcestruzzo Leca + Connettore CentroStorico).

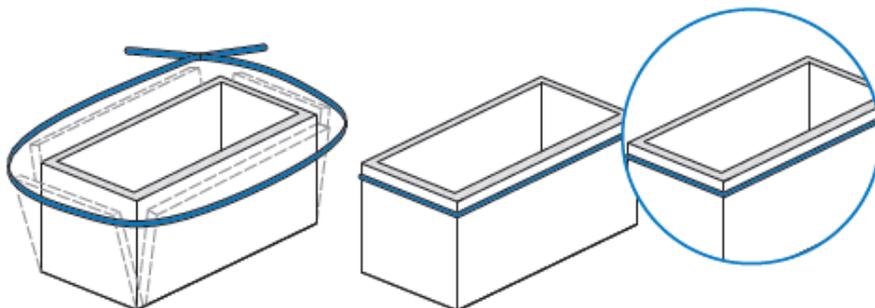


## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

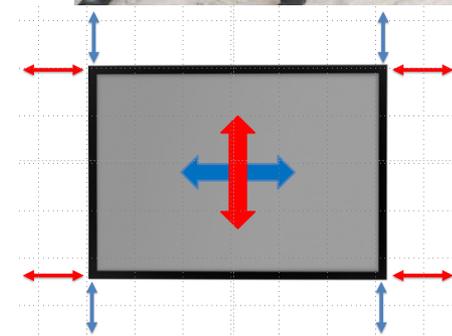
### Collegamento solaio – pareti & CERCHIATURA ANTISISMICA



INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL  
COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.



formazione della cerchiatura perimetrale  
per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



Carico ultimo a trazione	15 kN
Carico ultimo a taglio	8,2 kN
Rigidità della connessione	7,5 kN/mm
Confezione: scatole da 12 pezzi	
Certificazione soluzione: Università di Bergamo.	

Connettore Perimetrale è l'innovativo sistema certificato e brevettato in grado di realizzare la cerchiatura perimetrale antisismica Perimetro Forte, finalizzata a ridistribuire le forze sismiche dal solaio alle pareti riducendo i rischi di collassi locali causati dallo sfilamento dei solai e dal ribaltamento dei muri fuori dal loro piano.

Il sistema antisismico è studiato per completarsi al meglio con il consolidamento statico dei solai Leca-CentroStorico (Connettore CentroStorico, Calcestruzzi e Massetti Leca), soluzione certificata per l'aumento della portata utile del divisorio portante orizzontale. È certificato dall'Università di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate.



### ✓ **COMPORTEMENTO SCATOLARE DELL'EDIFICIO**

Il sistema riduce la vulnerabilità dell'edificio con interventi finalizzati ad assicurare la stabilità delle pareti.

### ✓ **MIGLIORAMENTO CAPACITÀ PORTANTE DEL SOLAIO**

Connettore Perimetrale contribuisce all'aumento dei carichi di esercizio del solaio.

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



### Bussola metallica



Carico consigliato a trazione (barra $\phi$ 12)	2,8 kN (mattoni pieni) 13,5 kN (cls C20/25)
Carico consigliato a taglio	3,9 kN (mattoni pieni) 17,4 kN (cls C20/25)
Resa in opera (indicativa in funzione della tipologia di parete, della profondità e riempimento del foro)	1 cartuccia ogni 6 fori (L 30 cm, $\phi$ 16 mm)
Tempo di lavorabilità	10' (5-10°C) 6-8' (10-20°C) 4-5' (20-30°C)
Tempo di indurimento	2h (5-10°C) 75-85' (10-20°C) 40-50' (20-30°C)
Confezione: cartuccia da 300 ml in scatole da 6 pezzi	
Durata: 12 mesi (in imballi originali e ben conservati)	

Ancorante Chimico è la speciale resina metacrilato priva di stirene a consistenza tixotropica bicomponente per l'ottimale fissaggio strutturale del tirante-spinotto di Connettore Perimetrale all'interno delle pareti sismo-resistenti.

I due componenti vengono miscelati nel beccuccio mixer semplicemente estrudendo la cartuccia con la tradizionale pistola applicatrice (tipo silicone).

È certificato dall'Università di Bergamo in abbinamento al Connettore Perimetrale.

- 
**ECCELLENTE ADESIONE STRUTTURALE E ALTO POTERE ADESIVO**  
 Consente di ottenere monoliticità tra il solaio e le pareti sismo-resistenti.
- 
**RAPIDO SVILUPPO DELLE PRESTAZIONI**  
 Consente una veloce messa in esercizio di Connettore Perimetrale.
- 
**SEMPLICE DA USARE, FACILE DA ESTRUDERE**  
 La pratica confezione da 300 ml consente l'impiego della tradizionale "pistola" da silicone.

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



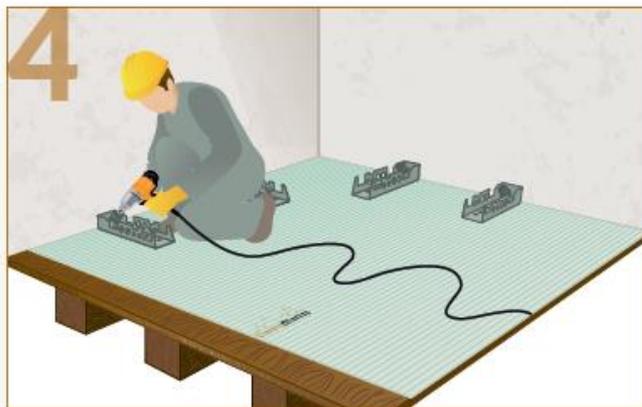
1 Posizionare il Prisma di base lungo l'intero perimetro del solaio (adeguatamente pulito e regolarizzato) secondo lo schema di posa previsto dal Progetto. Eseguire il foro a 45° nella muratura utilizzando la dima presente nel Connettore Perimetrale servendosi di un trapano tassellatore (punta  $\phi$  16 mm) per una lunghezza pari a circa 300 mm.



2 Pulire il foro (con pistola ad aria compressa, scovolino metallico, aspirazione), inserire l'eventuale bussola metallica (in presenza di muratura eterogenea) e riempire con Ancorante Chimico sino a circa i 3/5 della profondità posizionando la cartuccia dentro la "pistola" applicatrice.



3 Inserire immediatamente il Tirante-Spinotto (completo del relativo Prisma) all'interno del foro resinato applicando un leggero movimento di rotazione.



4 Attendere l'indurimento di Ancorante Chimico (in funzione della temperatura da ca. 5 h, +5°C, a ca. 40 min, +30°C) e procedere al serraggio del Tirante-Spinotto al Prisma di base a mezzo avvitatore con bussola da 19 mm.

Trapano tassellatore con punta  $\phi$  16 mm e lunghezza min 315 mm.



Avvitatore dotato di buona coppia (meglio se ad impulsi) con bussola esagonale 19 mm.

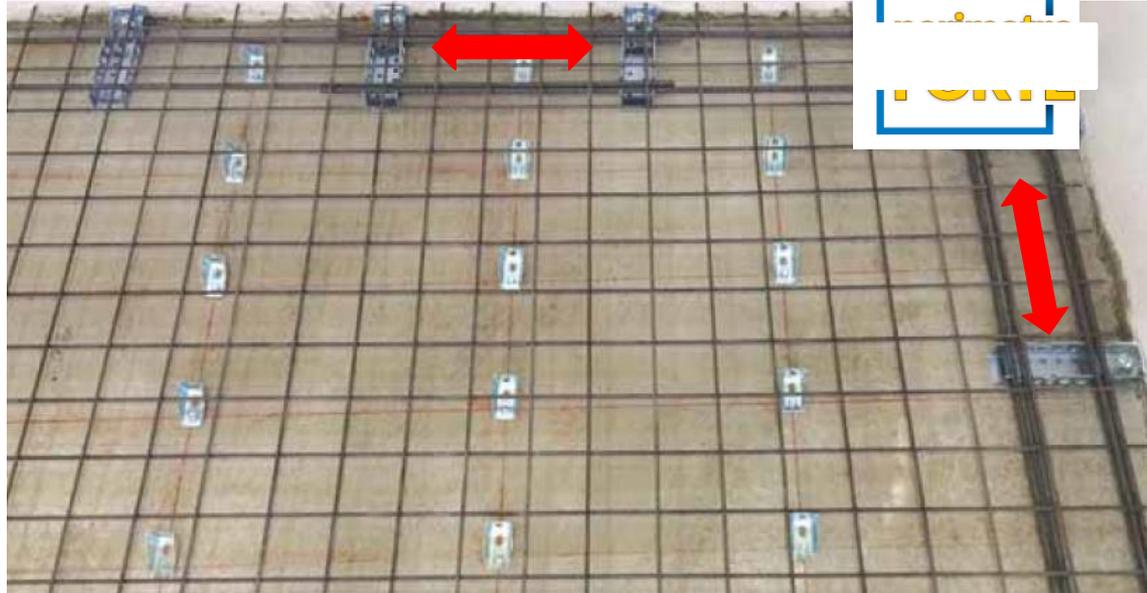


Scovolino metallico o aria compressa per pulizia foro.



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA

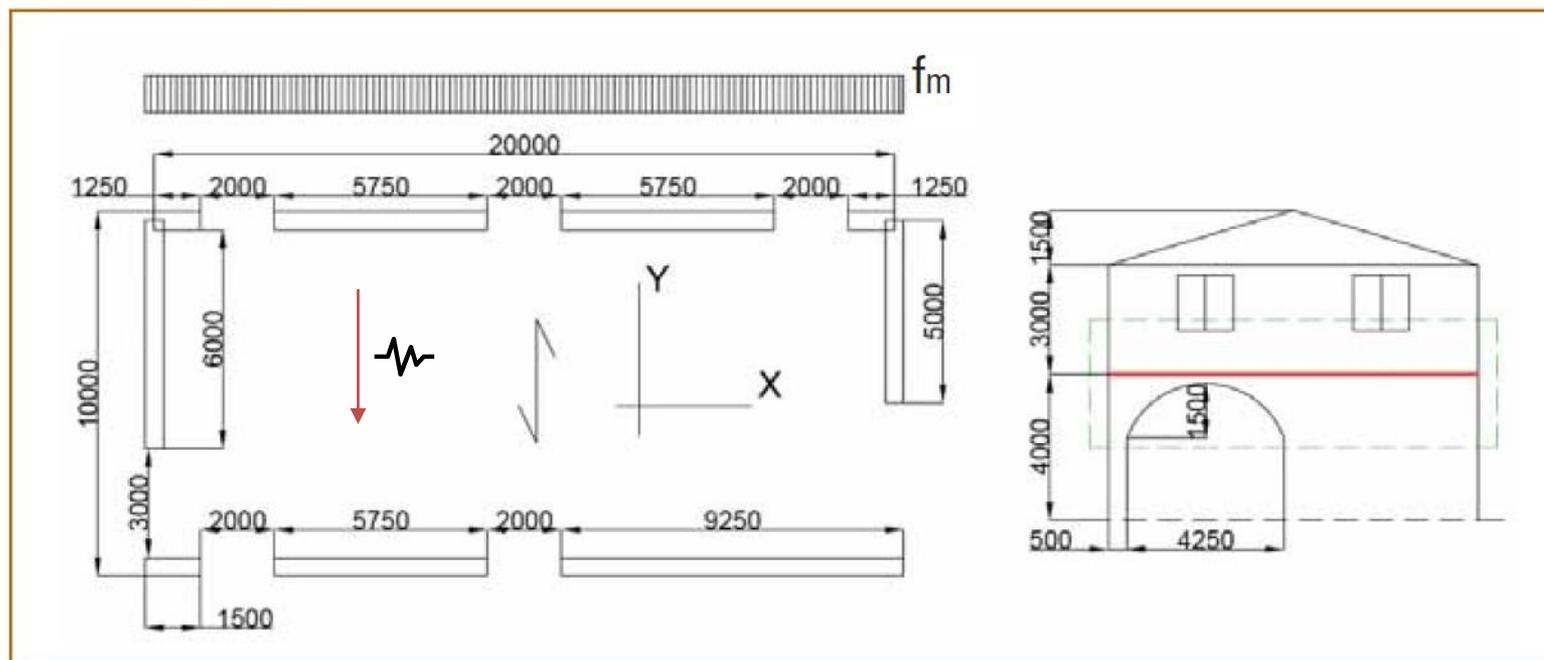


# *Esempi di calcolo del diaframma*

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Esempio di calcolo con Perimetro Forte

Il diaframma di piano oggetto di intervento è il seguente:



#### Analisi dei carichi:

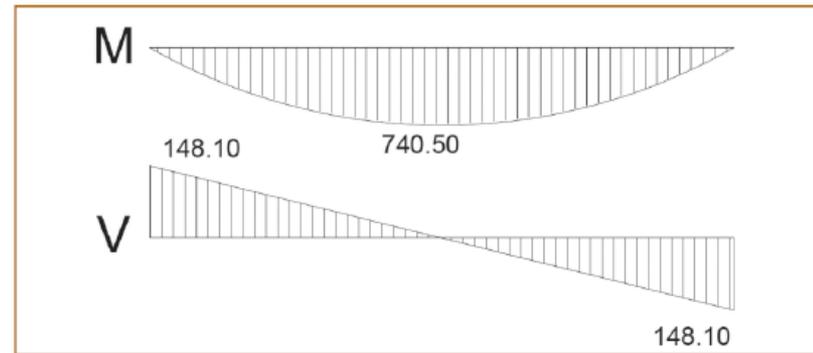
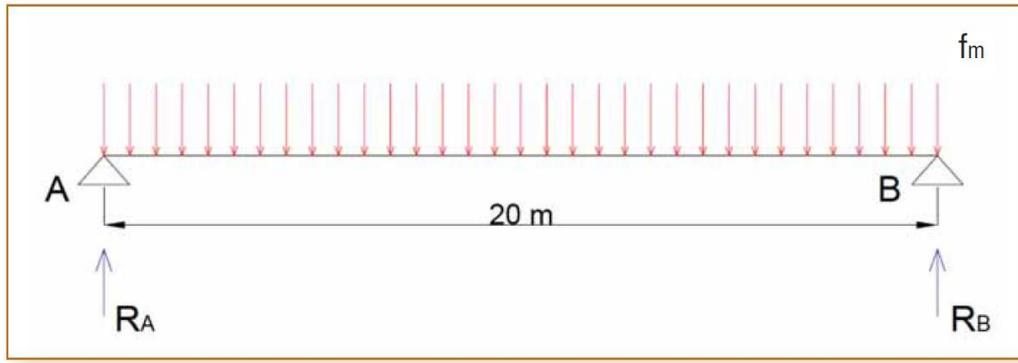
- $G = 4.40 \text{ kN/m}^2$  (carichi strutturali e permanenti portati);
- $Q = 2.00 \text{ kN/m}^2$  (civile abitazione oppure uffici non aperti al pubblico);
- $G + 0.30 Q = 5.00 \text{ kN/m}^2$   
(combinazione sismica secondo N.T.C. 2018);
- $a_g = 0.15g$  (accelerazione applicata al piano in oggetto).

#### Carichi raccolti dall'impalcato di piano:

$$W_{\text{piano}} = (20 - 0.50) \cdot (10 - 0.50 \cdot 2) \cdot (G + 0.30 \cdot Q) = 877.50 \text{ kN}$$

$$W_{\text{pareti di competenza}} = (20 + 0.50) \cdot h_i \cdot \gamma_m \cdot s \cdot 0.85 \cdot 2 = 1097.78 \text{ kN}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO



Dove:

$$f_m = (W_{piano} + W_{pareti di competenza}) \cdot \frac{a_g}{L} = (877.50 + 1097.78) \cdot \frac{0.15}{20} = 14.81 \text{ kN/m}$$

Equazione di equilibrio alla traslazione

$$R_A + R_B = f_m \cdot L$$

Equazione di equilibrio attorno ad A

$$f_m \cdot L \cdot \frac{L}{2} - R_B \cdot 20 = 0 \rightarrow R_B = 148.10 \text{ kN}$$

$$R_A = 148.10 \text{ kN}$$

Progetto rete elettrosaldata

$$q_{V,max} = \frac{V_{max}}{z} = \frac{148.10}{8.77} = 16.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ (flusso di taglio massimo)}$$

Ipotizzando l'impiego di una rete filo 6 mm, si ottiene:

$$s \leq \frac{A_s \cdot f_{yd}}{q_{V,max}} = 655 \text{ mm} \rightarrow \text{Ø6 ogni 200 mm} \rightarrow \text{OK}$$

Verifica spessore del pannello

$$\frac{q_{V,max}}{h_c} < \tau_{ud} \rightarrow 0.282 < 0.71 \text{ (resistenza a trazione di progetto del Leca CLS 1400)} \rightarrow \text{OK}$$

Il valore di  $\tau_{ud}$  rappresenta un valore limite agli SLU per la verifica dello spessore minimo del pannello.

Verifica di duttilità del pannello

$$\omega_{(x,y)} = \frac{(A_{s(x,y)} \cdot f_{yd})}{(\Delta_{(x,y)} \cdot h_c \cdot f_{cd} \cdot v)} < 0.3$$

$$\omega_{(x,y)} = 0.163 < 0.3 \rightarrow \text{OK}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Progettazione dei correnti

#### ARMATURA

$$T_{CORRENTE} = \frac{M_{max}}{z} = \frac{740.50}{8.77} \cong 84.44 \text{ kN}$$

$$z = 9 - 0.115 \text{ (metà larghezza prisma del Connettore Perimetrale CentroStorico)} \cdot 2 \cong 8.77 \text{ m}$$

$$f_{yd} = 391 \text{ MPa}$$

$$A_{s,min} = \frac{T_{CORRENTE}}{f_{yd}} \cong 215.96 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ } \phi 12 = 226 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

#### SEZIONE IN CALCESTRUZZO

$$C_{CORRENTE} \cong 84.44 \text{ kN}$$

$$f_{icd} = 0.85 \cdot \frac{20}{1.50} = 11.33 \text{ MPa (ipotizzato impiego del Leca CLS 1400)}$$

$$A_{c,min} = \frac{C_{CORRENTE}}{f_{cd}} \cong 7452.78 \text{ mm}^2$$

$$b = 230 \text{ mm (larghezza del prisma del Connettore Perimetrale CentroStorico)} \rightarrow h_{c,min}$$

$$= \frac{7452.78}{230} = 32.40 \text{ mm (spessore minimo e quindi con } h_c = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{OK)}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Progettazione dei ripartitori

Si sceglie il valore dell'azione tagliante più significativo, in questo caso in corrispondenza del polo B perché la parete lungo la quale viene distribuito il flusso di taglio ha le dimensioni più corte e pertanto il flusso di taglio di competenza del ripartitore è incrementato.

$$V_B = 148.10 \text{ kN}$$

$$q_{V,B} = \frac{V_B}{z} = \frac{148.10}{8.77} = 16.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_{\text{parete}} = B_m = 5 - 0.115 = 4.885 \text{ m}$$

#### ARMATURA

$$N_{LESENA} = q_{V,B} \cdot (z - B_m) = 16.89 \cdot (8.77 - 4.885) = 65.62 \text{ kN}$$

$$A_{s,min} = \frac{N_{LESENA}}{f_{yd}} \cong 167.83 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ } \emptyset 12 = 226 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

#### SEZIONE IN CALCESTRUZZO

$$A_{c,min} = \frac{N_{LESENA}}{f_{cd}} \cong 5791.70 \text{ mm}^2$$

$$b = 230 \text{ mm (larghezza del prisma del Connettore Perimetrale CentroStorico)} \rightarrow h_{c,min}$$

$$= \frac{5791.70}{230} = 25.18 \text{ mm (spessore minimo e quindi con } h_c = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{OK)}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Progettazione degli spinotti a taglio

La progettazione del numero e passo degli spinotti a taglio viene determinato in funzione della prestazione del Connettore Perimetrale CentroStorico certificata dall'Università degli Studi di Bergamo (vedere sezione 4.4.1).

In questo caso l'azione tagliante massima che dovrà trasferire il Connettore Perimetrale CentroStorico è la seguente:

$$V_{max} = 148.10 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,Connettore Perimetrale CS} = 8.2 \text{ kN}$$

$$n = \frac{V_{max}}{V_{Rd,Connettore Perimetrale CS}} \cong 18 \text{ spinotti}$$

$$L_{parete} = 8.77 \text{ m} \rightarrow \text{passo} = \frac{8.7}{18} = 0.48 \text{ m}$$

**Posando il Connettore Perimetrale CentroStorico (con funzione spinotto) ogni 48 cm la verifica risulta soddisfatta.**

### Progettazione dei tiranti

In questo caso si dovrà determinare l'azione sollecitante che determina l'innescarsi di meccanismi di collasso di primo modo delle pareti di competenza, nella direzione dell'azione sismica considerata.

In funzione della prestazione del Connettore Perimetrale CentroStorico certificata dall'Università degli Studi di Bergamo secondo tutte le condizioni al contorno ben definite (vedere sezione 4.4.1).

In questo caso l'azione di trazione massima che dovrà sostenere il Connettore Perimetrale CentroStorico è la seguente:

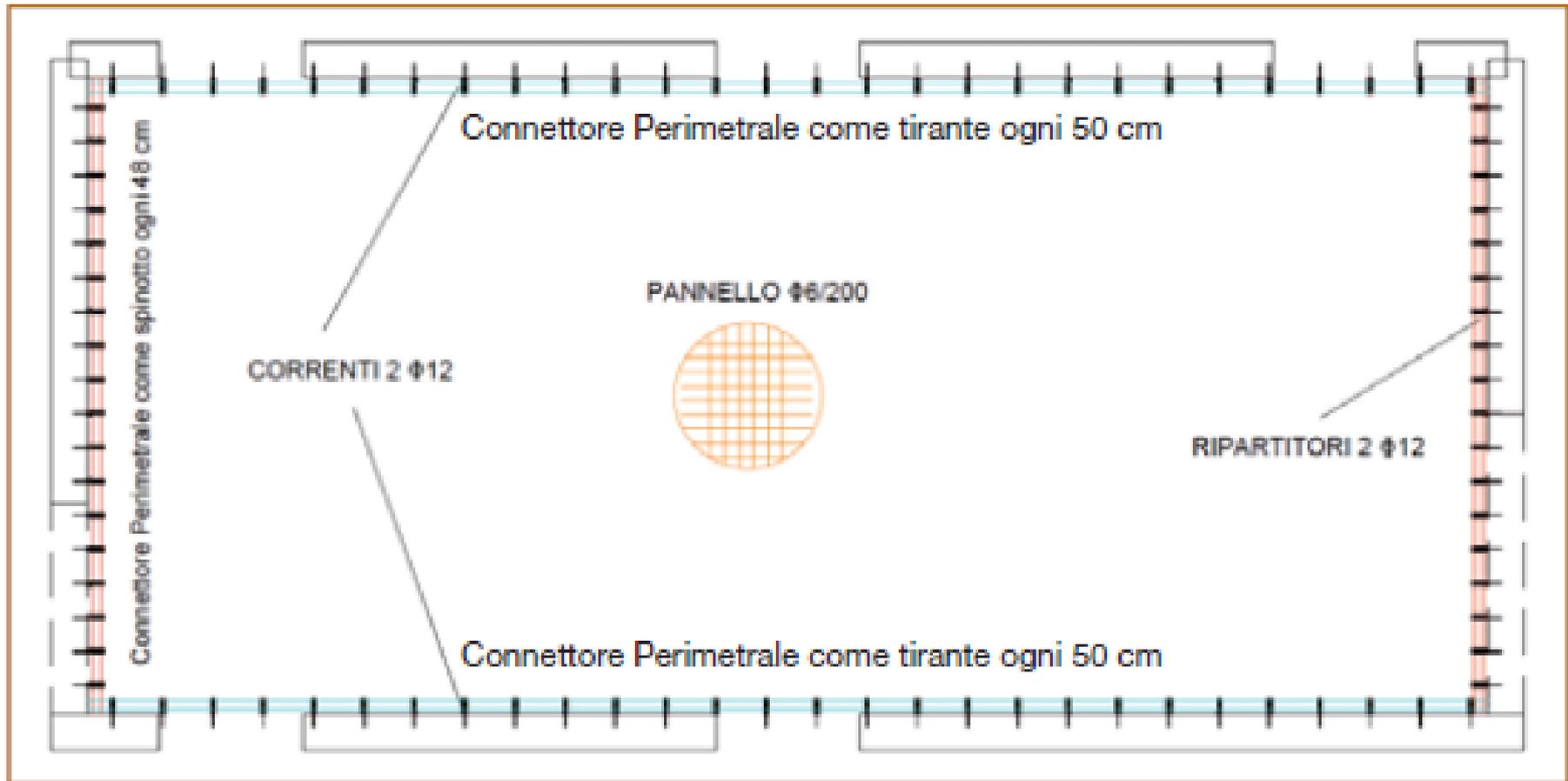
$$f_m = h_i \cdot s \cdot \gamma_m \cdot \frac{a_g}{g} = 4.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$T_{Rd,Connettore Perimetrale CS} = 2.4 \text{ kN}$$

$$\text{passo} = \frac{T_{Rd,Connettore Perimetrale CS}}{f_m} = 0.51 \text{ m}$$

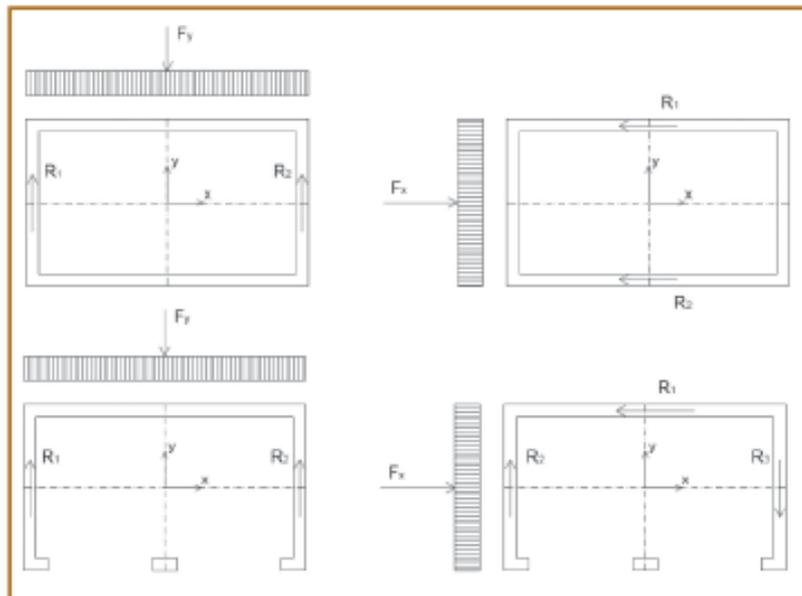
**Posando il Connettore Perimetrale CentroStorico (con funzione tirante) ogni 50 cm la verifica risulta soddisfatta.**

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

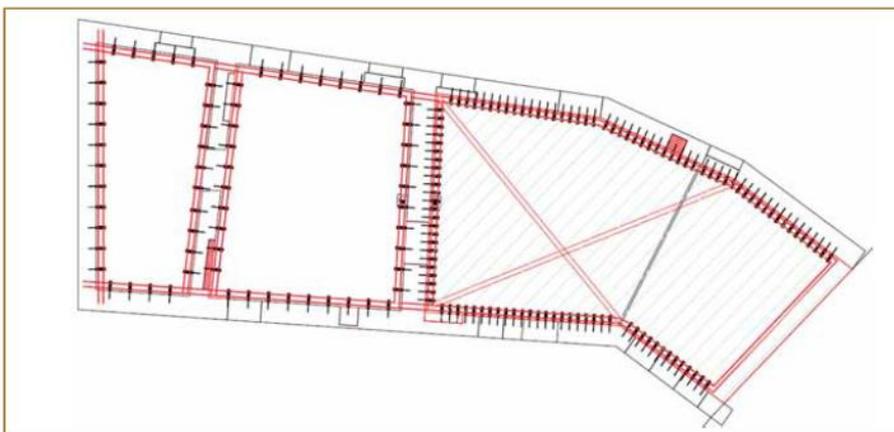
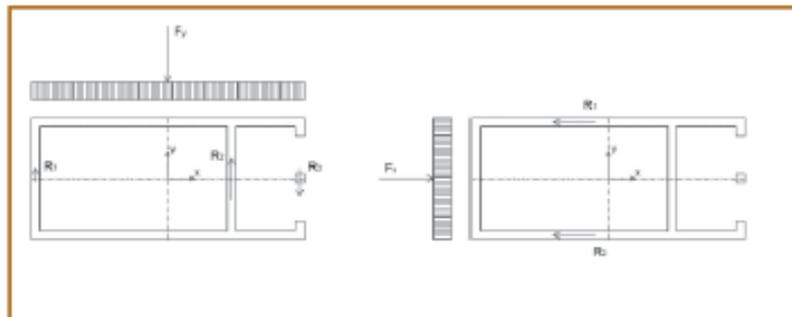


## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Alcuni esempi di schemi strutturali



Quando è presente una discontinuità delle fasce murarie (per esempio la presenza di un elemento ad arco o loggiato sottostante).



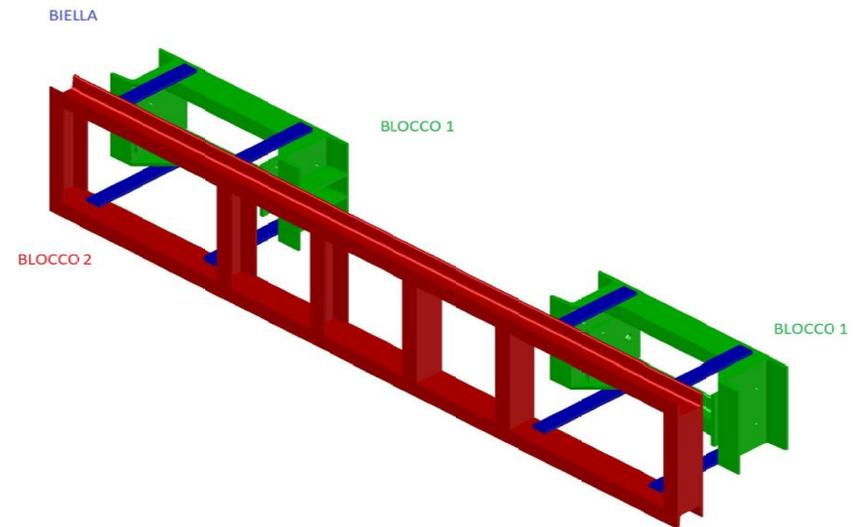
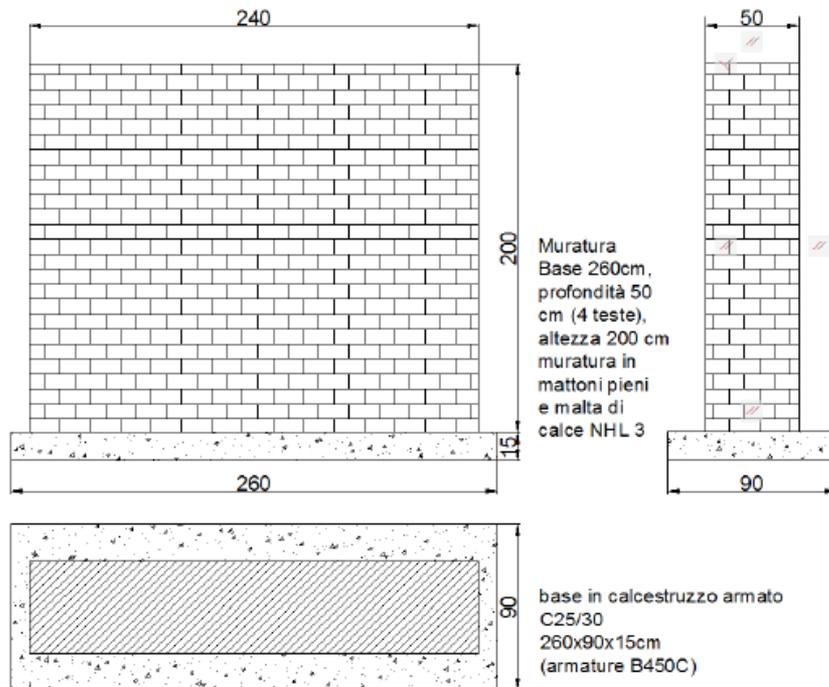
***Sperimentazione presso  
Università degli Studi di Bergamo***

## 3.9 Sperimentazione presso UNI BG

# PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



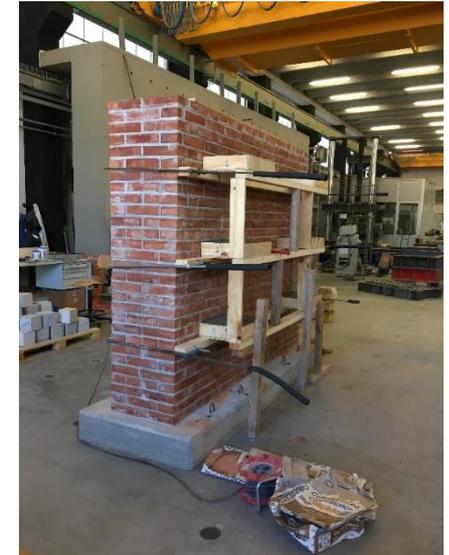
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO  
Dipartimento di Ingegneria e Scienze applicate



**Ricostruito modello solaio – parete in scala reale e determinate le prestazioni:**

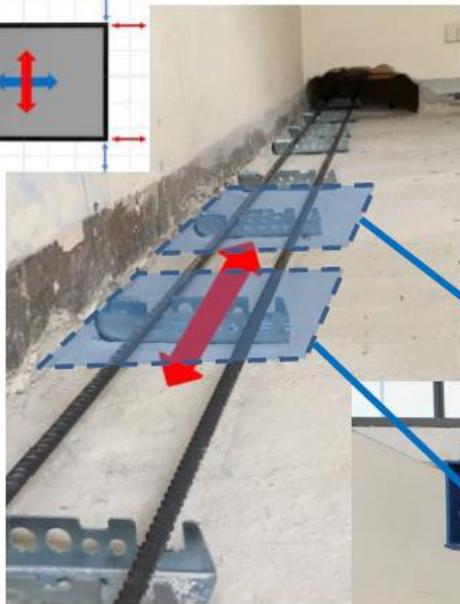
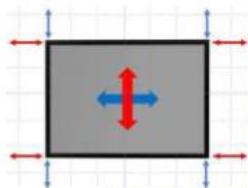
- Taglio puro del sistema spinotto
- Trazione pura del sistema tirante

## PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA

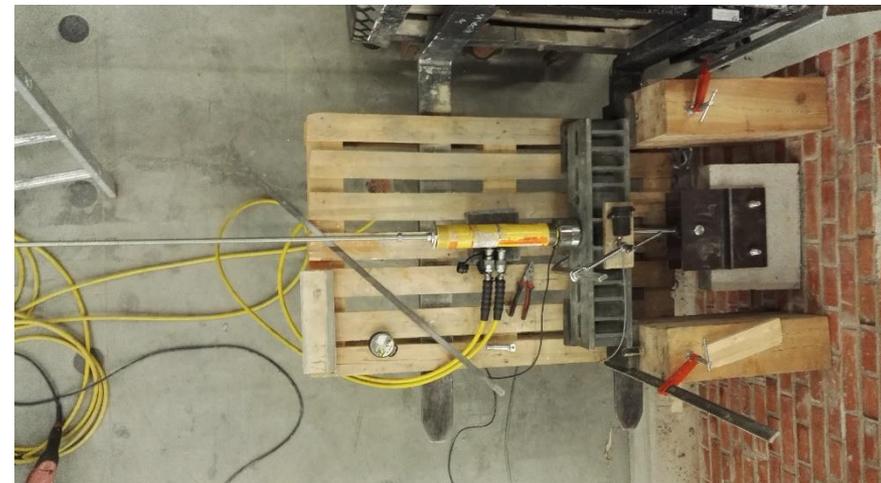


## 3.9 Sperimentazione presso UNI BG

### PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA

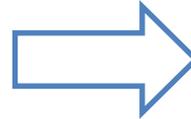


## PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



# 3.9 Sperimentazione presso UNI BG

## PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



### Report Prove UNI BG

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

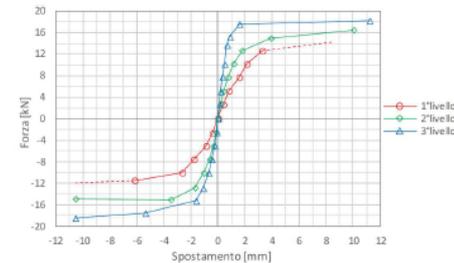
##### Resistenza a taglio del singolo connettore\*

$V_n$ [kN] spostamento corrispondente +2 mm	9.5 / 13 / 17.5
$V_n$ [kN] spostamento corrispondente -2 mm	-8.2 / -13.2 / -15.5

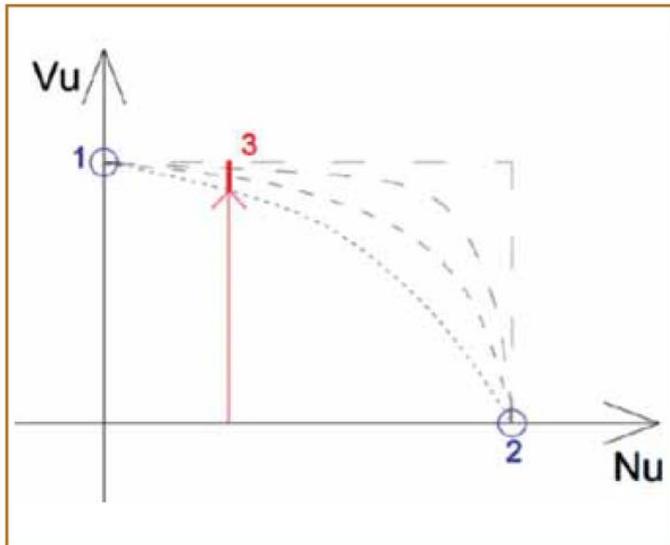
##### Rigidità media del singolo connettore\*

K [kN/mm] ciclo di carico +5 kN	7.5 / 17.3 / 28.1
K [kN/mm] ciclo di carico -5 kN	7.5 / 11.9 / 30.4

##### Grafico Forza – Spostamento massimi e minimi raggiunti nel primo ciclo di ogni tripletta\*



\*Le prestazioni sono determinate dalle prove sperimentali condotte presso il Laboratorio Prove Materiali dell'Università degli Studi di Bergamo applicate a 3 coppie di mensole su differenti livelli e muratura di mattoni pieni (per maggiori approfondimenti consultare il Report di prova disponibile sul sito [www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu))



**N**

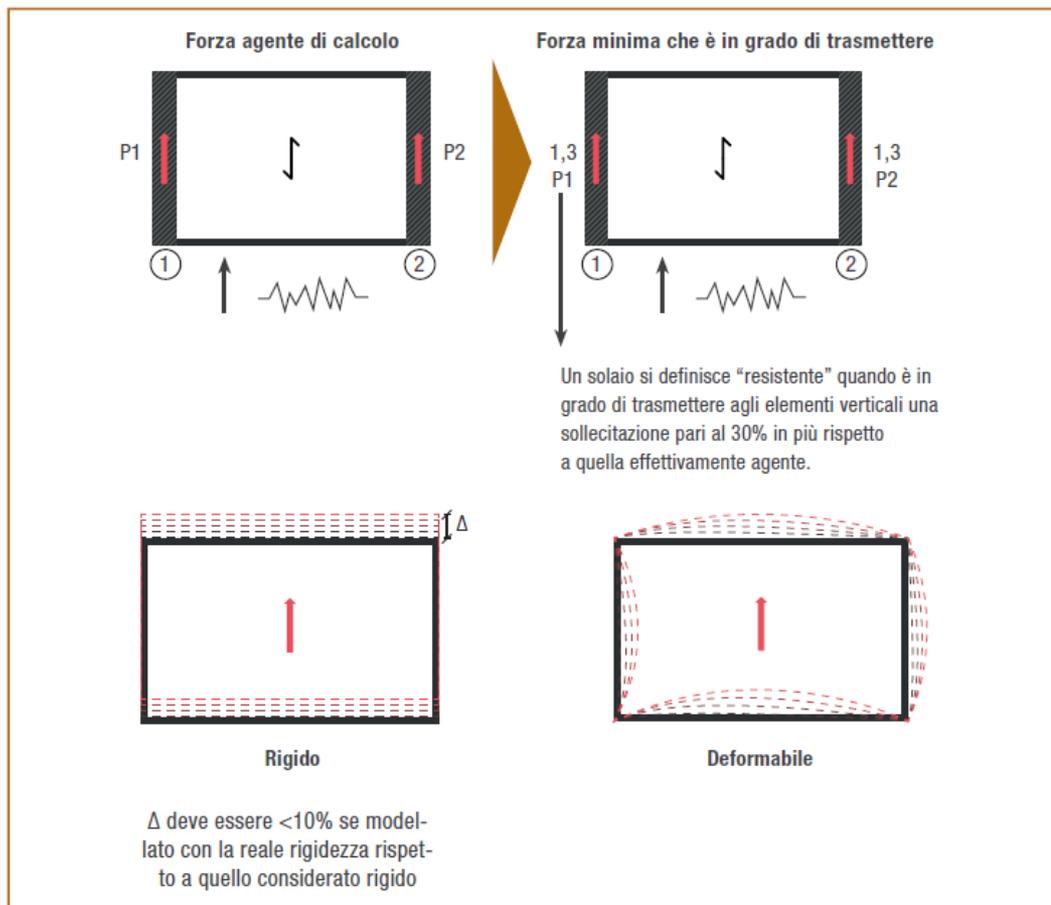
Resistenza a Trazione (Pull – Out) del singolo tirante – spinotto $F_{max}$ [kN]**	27.69 ± 4.30
Resistenza a Trazione (Pull – Out) della connessione danneggiata a taglio ultimo $F_{max}$ [kN]**	19.46 ± 4.23

\*\*Le prestazioni sono determinate dalle prove sperimentali condotte presso il Laboratorio Prove Materiali dell'Università degli Studi di Bergamo applicate sia sui singoli tirante – spinotto, sia sul sistema di connessione completo già danneggiato dalle precedenti prove a taglio applicati su muratura di mattoni pieni (per maggiori approfondimenti consultare il Report di prova disponibile sul sito [www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu))

**V**

# ***Ruolo delle soluzioni leggere nel diaframma***

## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza



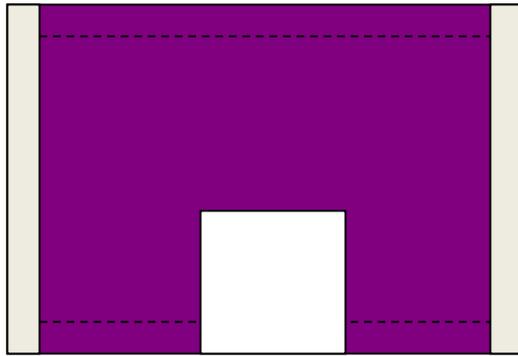
Ruolo del diaframma di piano e definizione di piano rigido

Ovviamente declinando il ruolo dei diaframmi orizzontali anche nei confronti degli aspetti statici, questi dovranno essere calcolati nei confronti delle azioni ultime ed esercizio (**deformabilità principalmente**) quando si tiene conto dell'azione dei carichi gravitazionali (vedere cap. 3.1 e 3.2).

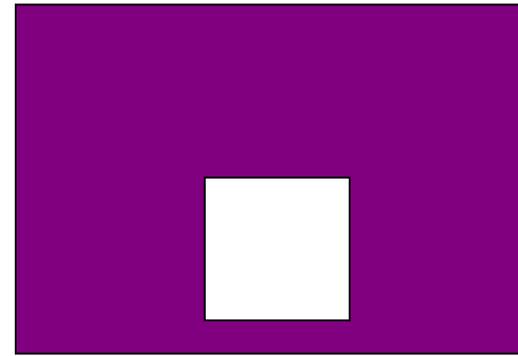
Si ricorda che **secondo le N.T.C. 2018 un diaframma si definisce rigido di piano se:**

- Realizzato in **latero – cemento con una cappa collaborante armata di almeno 4 cm di spessore;**
- In struttura mista **acciaio – calcestruzzo** oppure **legno – calcestruzzo** con uno **spessore della cappa collaborante di almeno 5 cm di spessore collegata** alle strutture esistenti **mediante sistemi di connessione a taglio opportunamente dimensionati.**

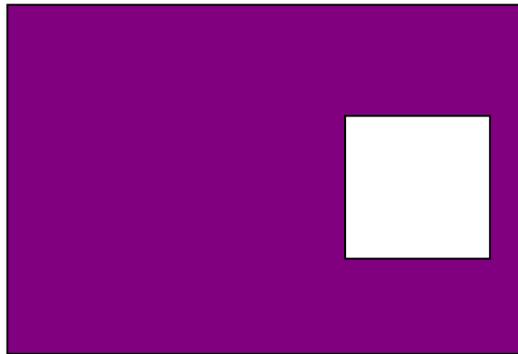
### 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza



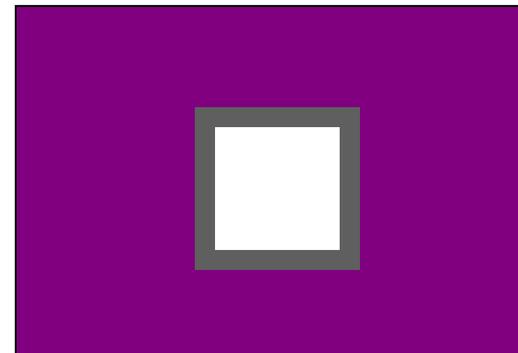
la cavità interrompe il  
cordolo/catena



la cavità non interrompe il  
cordolo/catena

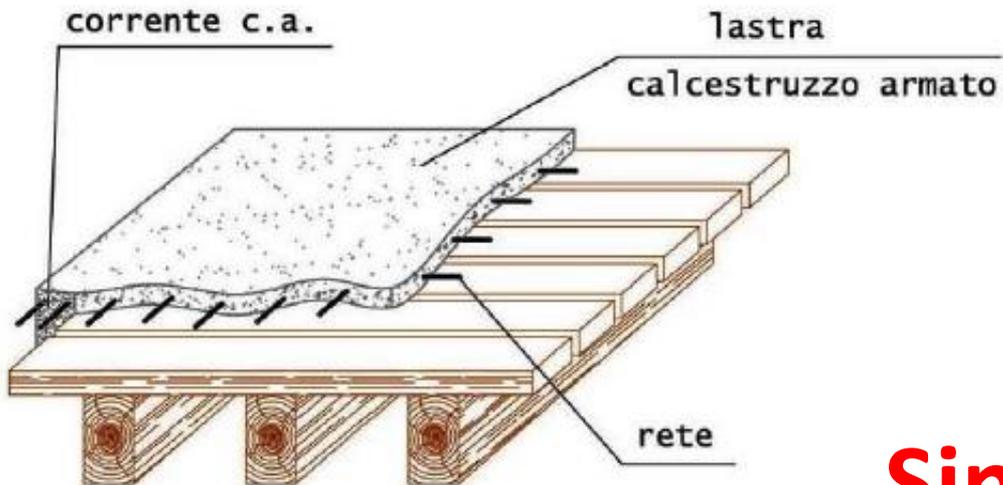


la cavità interrompe il collegamento al  
muro ove il taglio è max

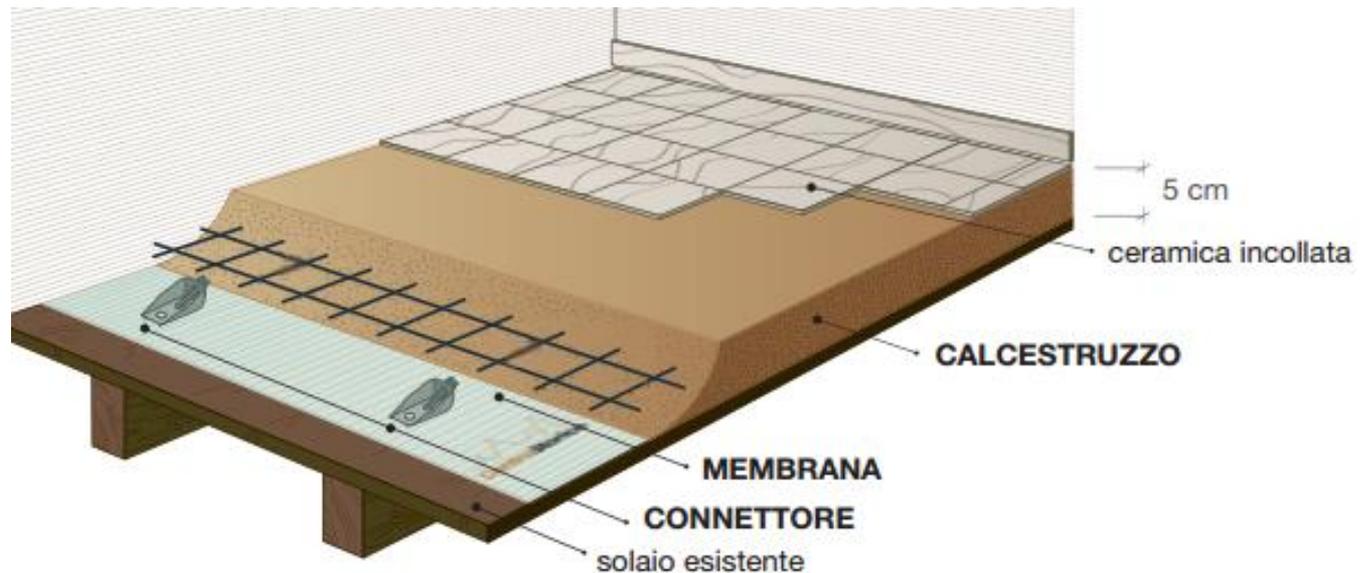


soluzione migliore

## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

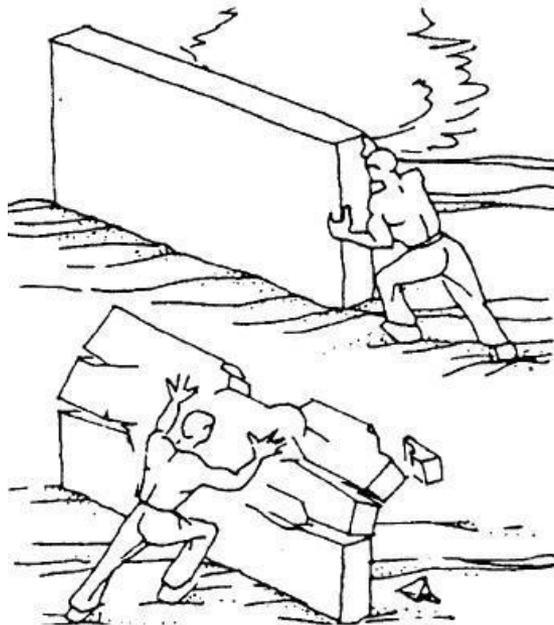
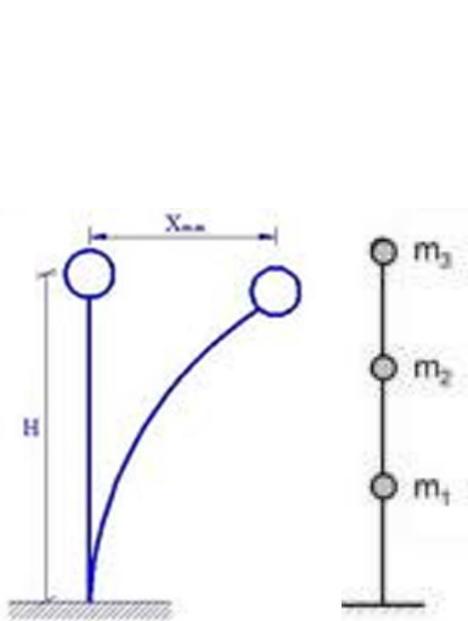


**Sino a -40% di peso**



## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

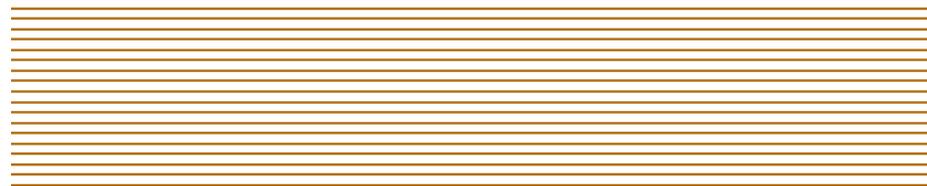
Il contenimento delle masse inerziali è fondamentale per il contenimento delle azioni indotte dal sisma sulla struttura



Meno massa nei solai = meno spinta orizzontale in caso di sisma



## *La classificazione del rischio sismico degli edifici*



# ***Introduzione e definizioni***

## 4.1 Introduzione e definizioni

Il **rischio sismico** rappresenta la misura matematico/ingegneristica per valutare il danno (perdita) atteso a seguito di un possibile evento sismico



METODO  
SEMPLIFICATO

METODO  
CONVENZIONALE

*«Meno rischio per  
tanti piuttosto che  
tanta sicurezza per  
pochi»*

Vengono evidenziati gli  
interventi di

**MIGLIORAMENTO**

(importanti **novità** nel  
capitolo delle **Costruzioni**

**Esistenti)**

Detrazioni per il **SismaBonus**:

- 70% (75%) una classe;
- 80% (85%) due o più classi

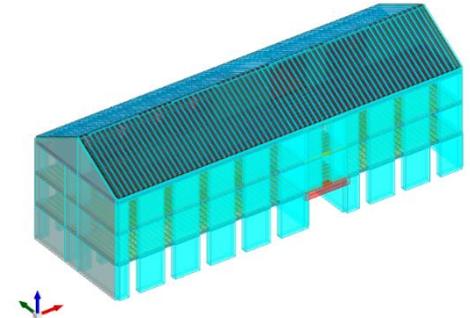
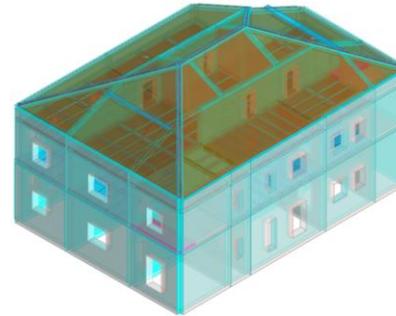
Massimo di ammontare delle spese pari a **96.000 €**

# ***Casi studio: Edificio A & B***

## 4.2 Casi studio affrontati

### Edifici oggetto di studio:

- Edificio in muratura ordinaria tipo A
- Edificio in muratura ordinaria tipo B



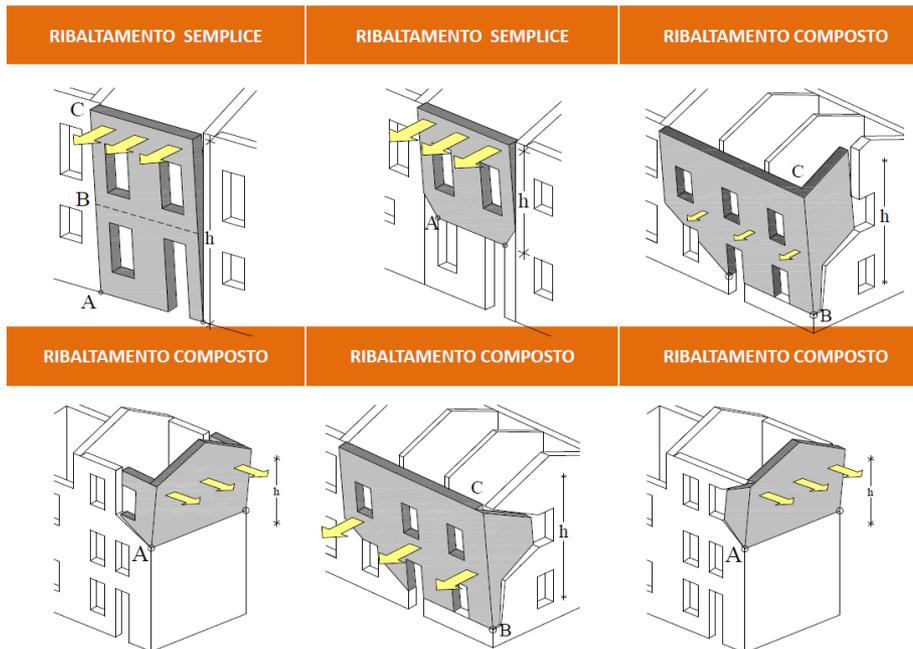
### Caratteristiche edifici:

- Muratura ordinaria in **mattoni pieni e malta di calce**
- **Solai in legno** (semplice e doppia orditura) in abete tipo S2
- **Livello di conoscenza** dell'edificio come da NTC 2008 tipo **LC2** (livello intermedio che necessita di: rilievo geometrico – strutturale completo, verifiche estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini estese sulle proprietà dei materiali);
- Destinazione d'uso **Residenziale o Uffici non aperti al pubblico**
- Categoria topografica T1 e sottosuolo tipo C (per l'azione sismica);
- Classe di duttilità bassa (per le verifiche in zona sismica)

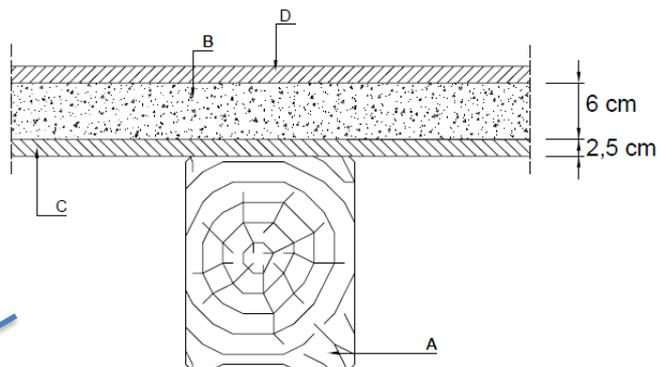
## 4.2 Casi studio affrontati

### Osservazioni sulle analisi:

- L'edificio di partenza (esistente) è stato analizzato tenendo conto della **possibilità** di collassi – meccanismi locali
- Gli edifici tipo A & B con entrambe le soluzioni (leggero VS tradizionale) sono stati analizzati **impedendo** i collassi – meccanismi locali



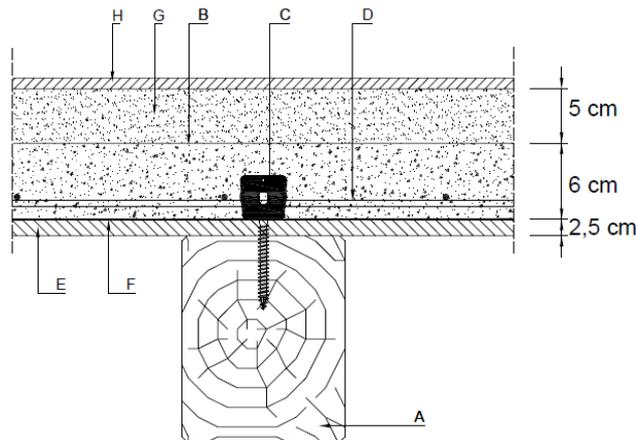
## 4.2 Casi studio affrontati



- A: travetto in legno
- B: vecchio sottofondo di materiale incoerente 2000 kg/mc
- C: assito in legno
- D: pavimento esistente 1,5 cm 2000 kg/mc

### Stratigrafie piano tipo:

- Edificio esistente
- Soluzione leggera VS tradizionale

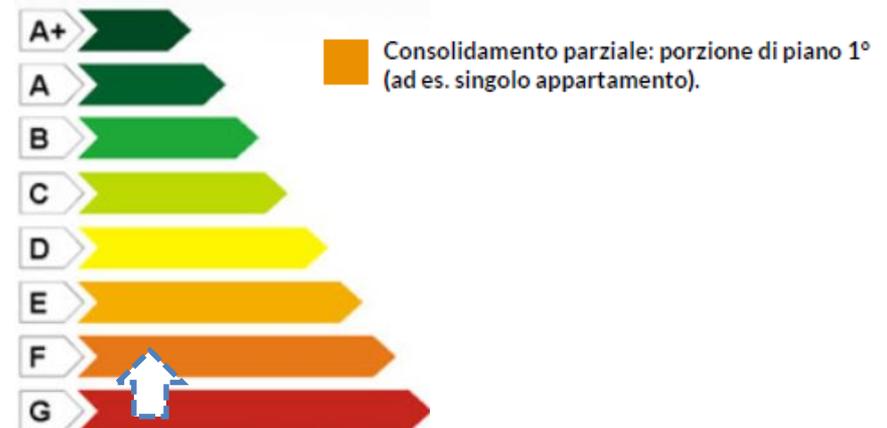
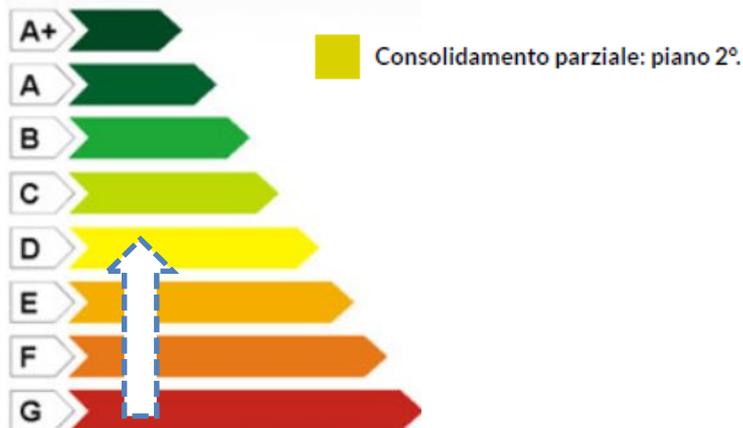
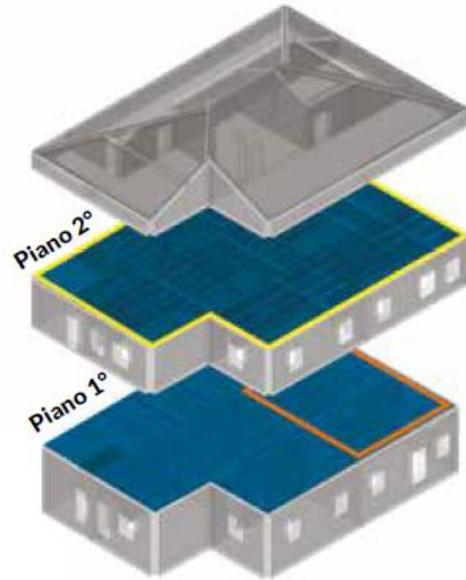


- A: travetto in legno
- B: nuova soletta in calcestruzzo strutturale
- C: connettore Centrostorico posato su assito
- D: rete elettrosaldata
- E: assito in legno o cassero in altri materiali
- F: membrana CentroStorico
- G: Massetto di finitura
- H: Nuovo pavimento spessore 1 cm

# *Risultati*

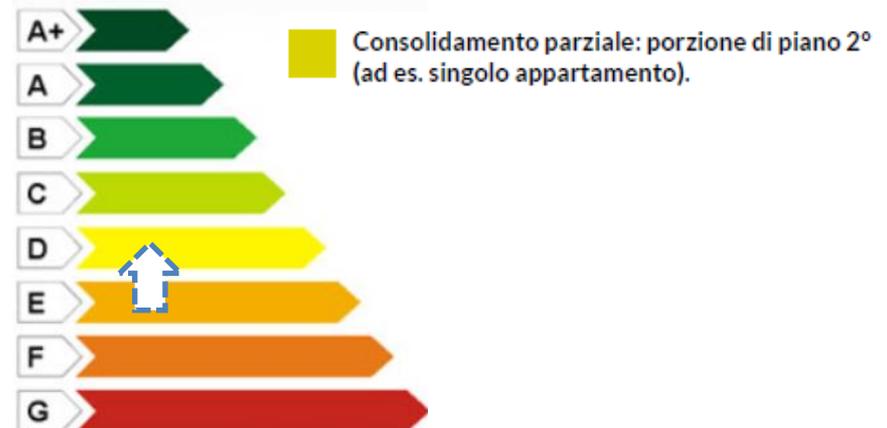
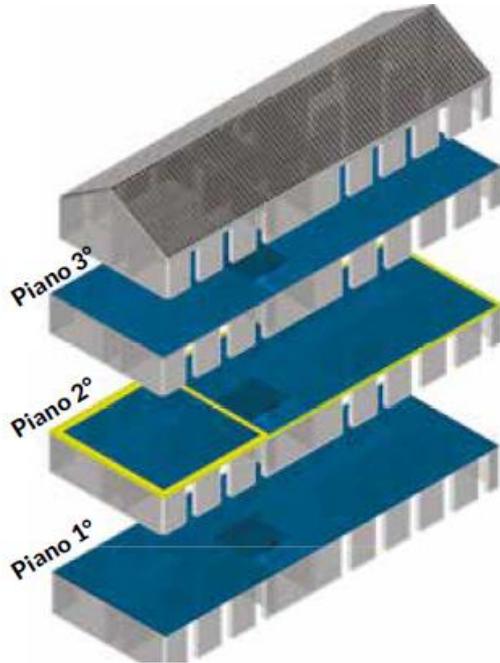
## 4.3 Risultati

### EDIFICIO TIPO A: $PGA = 0,18 \text{ g}$ (sismicità medio – alta) – Ancona



## 4.3 Risultati

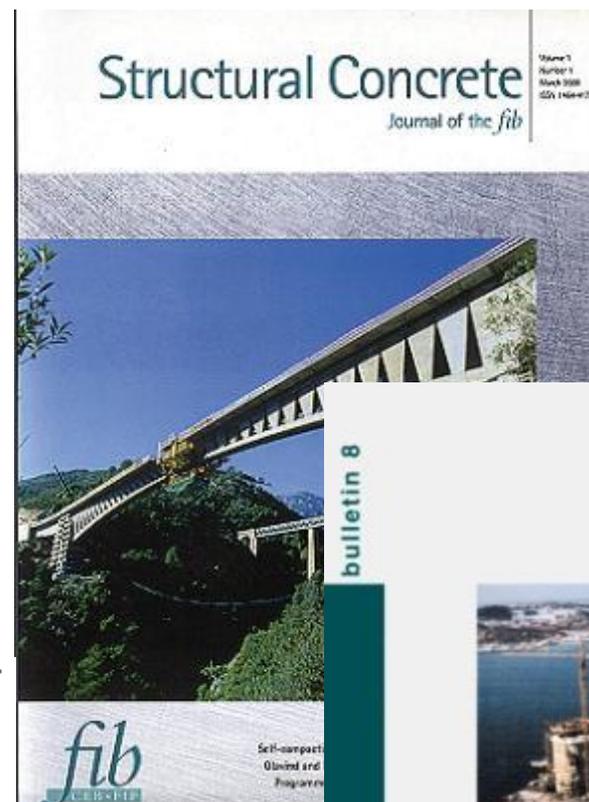
### EDIFICIO TIPO B: $PGA = 0,10 \text{ g}$ (sismicità medio – bassa) – Milano





**Calcestruzzi leggeri strutturali**

## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari



bulletin 8

guidance documents



### Lightweight Aggregate Concrete

Recommended extensions to Model Code 90 Guide

Identification of research needs  
Technical report

Case studies  
State-of-art report

#### Eurocodice 2

#### Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

#### Eurocode 2

Design of concrete structures

Part 1-1: General rules and rules for buildings

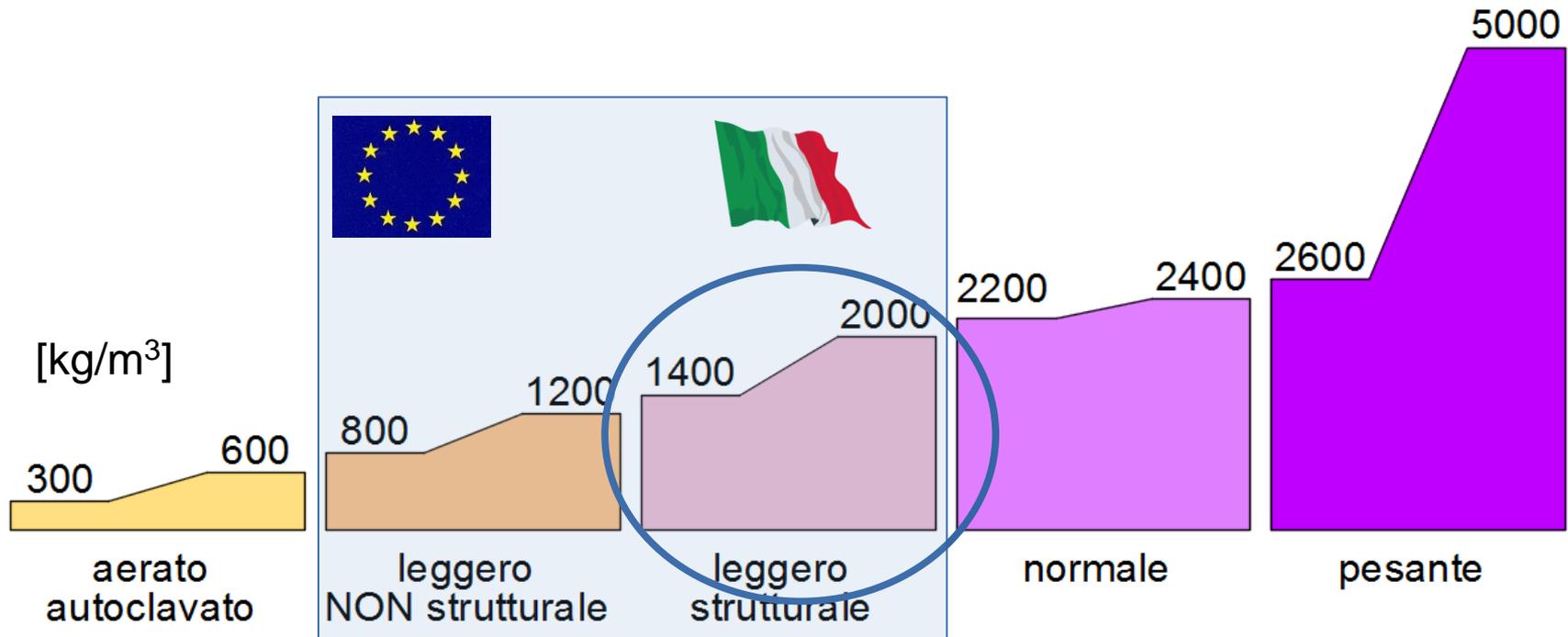
La norma fornisce i criteri generali per la progettazione delle strutture di calcestruzzo non armato, armato e precompresso di edifici e opere di ingegneria civile, stabilisce i requisiti per la sicurezza, l'esercizio e la durabilità di tali strutture e si basa sul concetto di stato limite, congiuntamente al metodo dei coefficienti parziali.

NORMA  
EUROPEA

## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

### Definizione di calcestruzzo leggero strutturale

Vale la pena di porre l'attenzione, almeno all'inizio, sul fatto che non è correttissima l'espressione "calcestruzzo leggero" (che per brevità tutti, e anche qui noi, adottano), ma è più corretta l'espressione "**calcestruzzo di aggregati leggeri**" (**LWAC**), infatti un calcestruzzo può essere "leggero" perché a struttura aperta (anche se confezionato in parte con aggregati leggeri), o perché molto aerato (es: cls autoclavato), o perché con aggregati leggeri (es: polistirolo), ma non minerali ... e questi non sono *calcestruzzi strutturali leggeri*



## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

### Definizione: classi di massa volumica a secco e di progetto

Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero strutturale (tabella C4.1.VI. della Circ. 02.02.2009)

Classe di massa volumica	D1,5	D1,6	D1,7	D1,8	D1,9	D2,0
Intervallo di massa volumica a secco [kg/m <sup>3</sup> ]	$1400 < \rho \leq 1500$	$1500 < \rho \leq 1600$	$1600 < \rho \leq 1700$	$1700 < \rho \leq 1800$	$1800 < \rho \leq 1900$	$1900 < \rho \leq 2000$
Massa volumica calcestruzzo non armato [kg/m <sup>3</sup> ]	1550	1650	1750	1850	1950	2050
Massa volumica calcestruzzo armato [kg/m <sup>3</sup> ]	1650	1750	1850	1950	2050	2150

#### Esempio:

- densità a secco: 1410 kg/m<sup>3</sup>
- classe: D1,5
- densità di riferimento: 1500 kg/m<sup>3</sup> (il valore maggiore della classe di appartenenza)
- densità di progetto: 1550 kg/m<sup>3</sup> (+ 50 kg di contenuto di acqua, circa 3%)
- densità di calcolo considerando l'armatura: 1650 kg/m<sup>3</sup> (+ 100 kg armatura)

## Definizione di calcestruzzo leggero strutturale

Secondo le NTC 2008 (§ 4.1.12 e §C 4.1.12, § C.4.1.12.1) si ha un cls leggero strutturale se:

contiene **aggregati leggeri minerali**, artificiali o naturali conformi alla UNI EN 13055-1

ha classe di **resistenza minima LC 16/18** ( $f_{ck} \leq 16 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_{ck} \leq 18 \text{ N/mm}^2$ )

***(LC20/22 nella progettazione per azioni sismiche con le NTC 2018)***

ha classe di **resistenza massima LC 55/60** ( $f_{ck} \leq 55 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2$ )

ha **densità minima** a secco  $\geq 1.400 \text{ kg/m}^3$

ha **densità massima** a secco  $\leq 2.000 \text{ kg/m}^3$

### Definizione di inerte leggero per calcestruzzo

- ❖ ha origine minerale (sia che sia naturale sia che sia “artificiale”)
- ❖ ha densità (apparente) dei granuli non superiore a  $2000 \text{ kg/m}^3$
- ❖ ha densità in mucchio non superiore a  $1200 \text{ kg/m}^3$

da notare che “**artificiale**” è la traduzione adottata in italiano di “**manufactured**”, termine utilizzato nella versione originale inglese della norma che invece è molto più vicino al senso di trasformato/processato e che infatti è ben chiara nella definizione :

- ❖ manufactured aggregate: aggregate of mineral origin from an industrial process involving thermal or other modification



## Definizione di aggregato leggero per calcestruzzo

deve essere conforme alla UNI EN 13055-1 (che a breve sarà ribattezzata semplicemente UNI EN 13055), quindi deve:

- ❖ **essere marcato CE** con relativa **DoP** (Dichiarazione di prestazione) disponibile per tutti gli interessati
- ❖ essere soggetto a un sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione AVCP (Assesment and Verification of Constancy of Performance) di **classe 2+**



## ARGILLE ESPANSE PER CALCESTRUZZI STRUTTURALI

LECA			
Denominazione commerciale	0 - 2	2 - 3	3 - 8
Densità in mucchio Kg/m <sup>3</sup> circa	700	480	380
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm <sup>2</sup>	≥ 4,5	≥ 2,5	≥ 1,5
Conducibilità termica certificata λ W/mK	0,12	0,10	0,09
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (Incombustibile)		

LECA STRUTTURALE			
Denominazione commerciale	0 - 5	5 - 15	0 - 15
Densità in mucchio Kg/m <sup>3</sup> circa	720	600	650
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm <sup>2</sup>	≥ 10,0	≥ 4,5	≥ 9,0
Conducibilità termica certificata λ W/mK	0,12	0,12	0,13
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (Incombustibile)		

LECA TERRECOTTE			
Denominazione commerciale	0 - 6	6 - 12	0 - 12
Densità in mucchio Kg/m <sup>3</sup> circa	950	800	900
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm <sup>2</sup>	≥ 15,0	≥ 7,0	≥ 12,0
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (Incombustibile)		



Argilla espansa Leca.



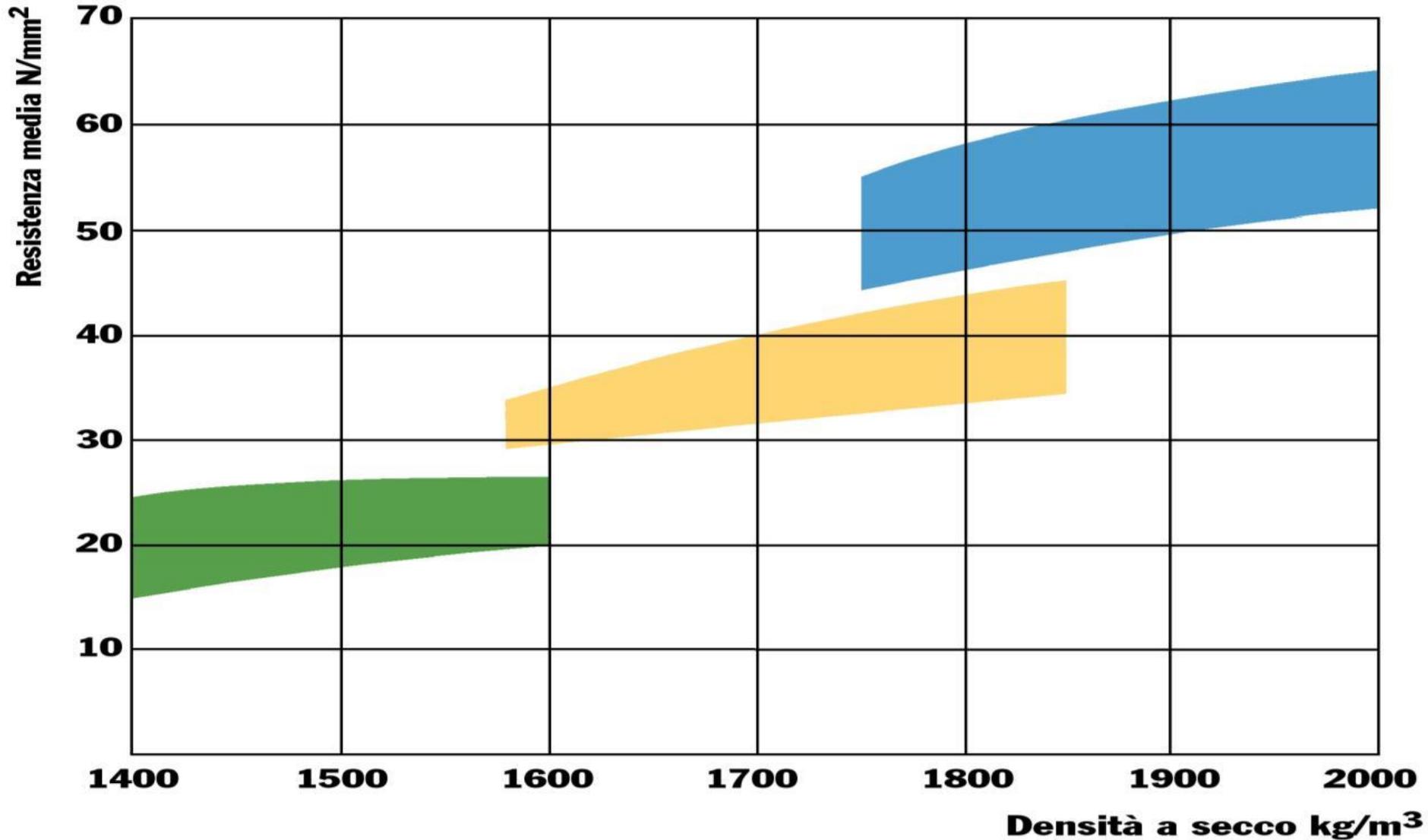
Argilla espansa Leca Strutturale.



Argilla espansa Leca Terrecotte.

## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

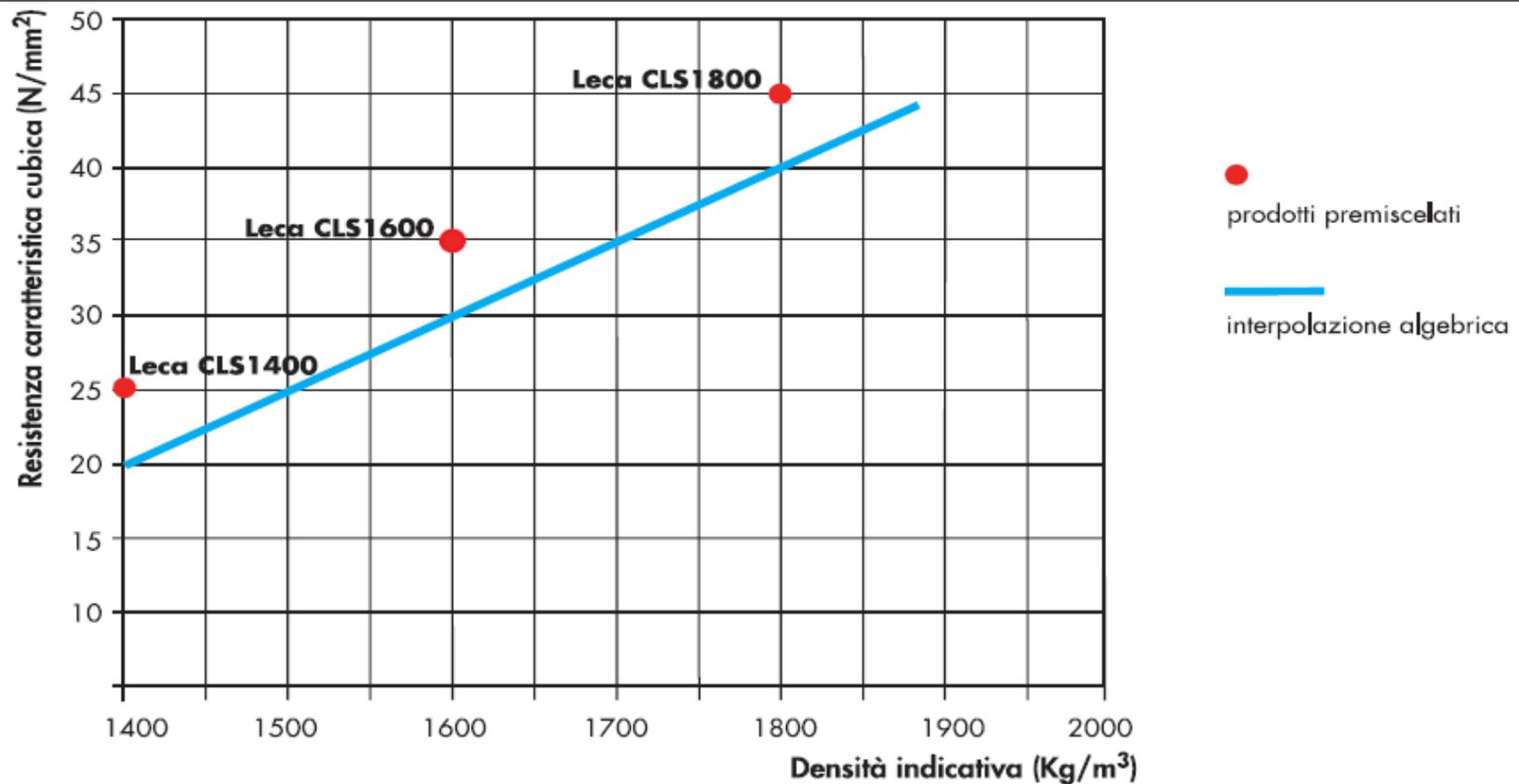
### PRESTAZIONI MECCANICHE



## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

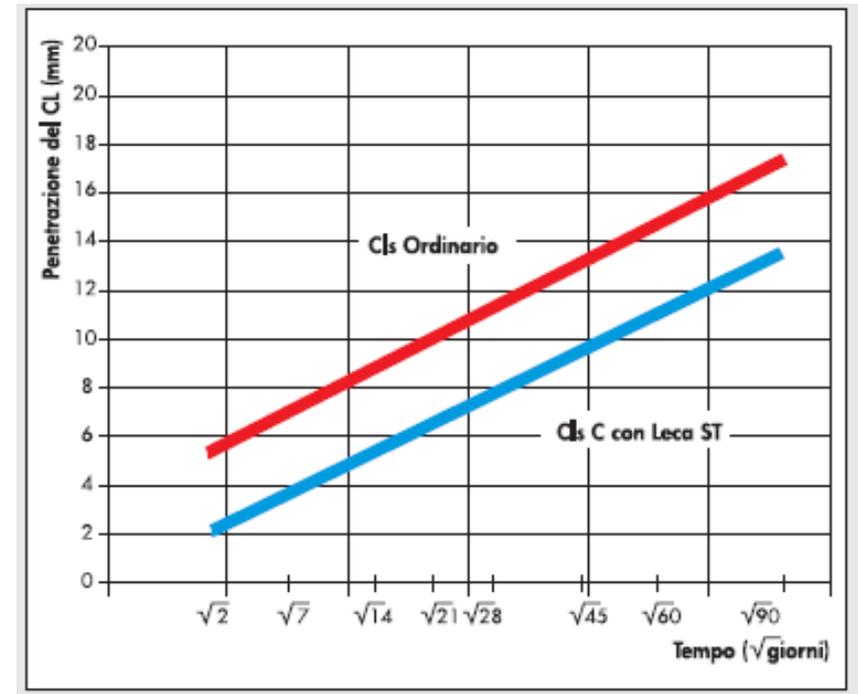
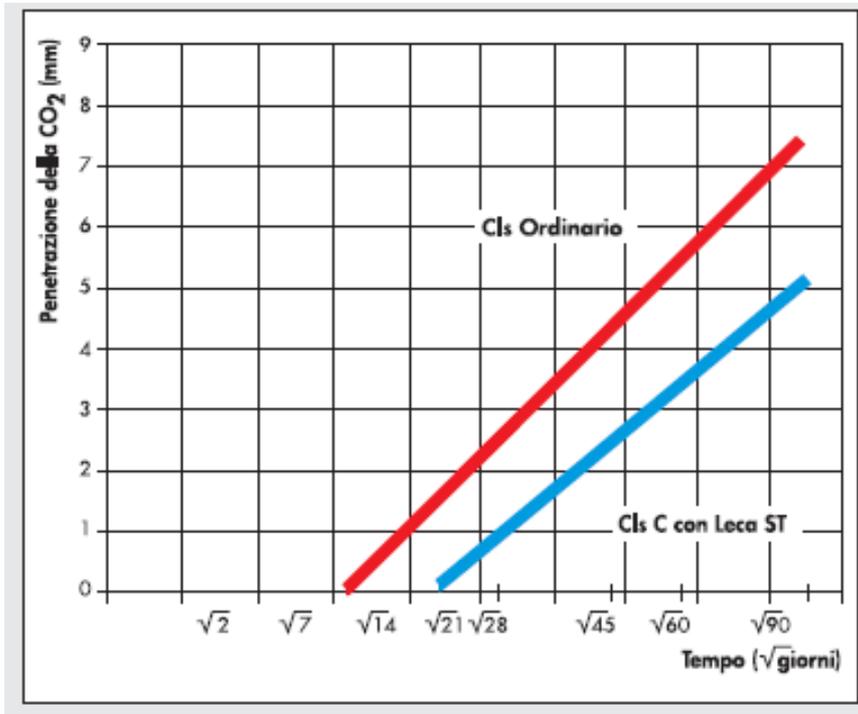
### PRESTAZIONI MECCANICHE

DIAGRAMMA ANDAMENTO RESISTENZE-DENSITÀ

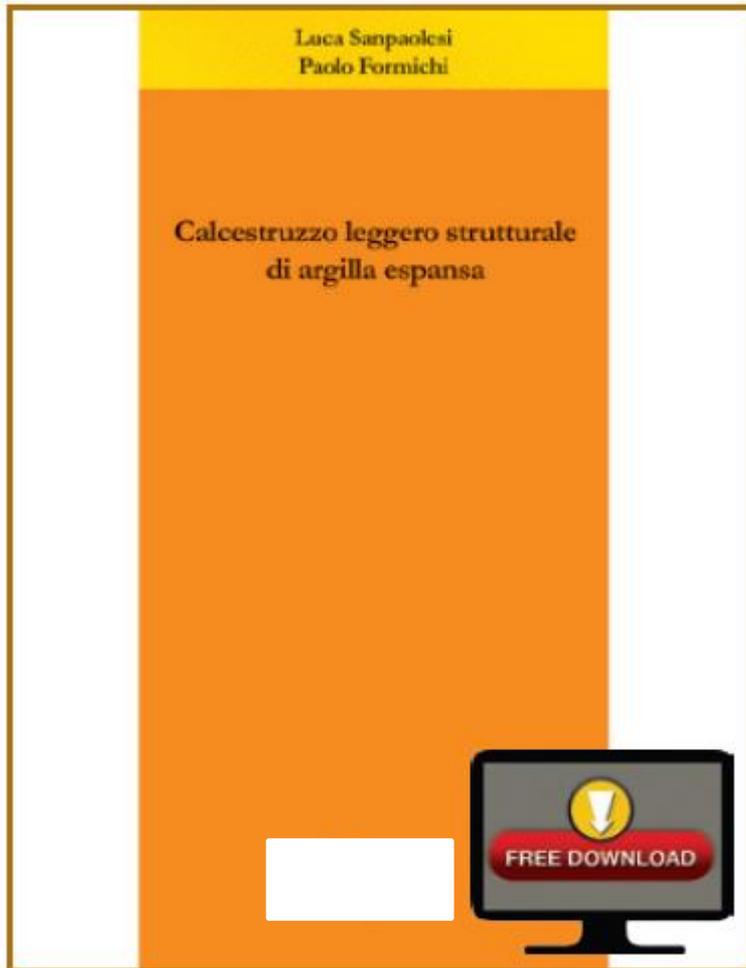


## DURABILITA'

### CONFRONTO CLS LEGGERO VS TRADIZIONALE



## 5.2 Esempi applicativi



La teoria e il calcolo dei calcestruzzi strutturali leggeri di argilla espansa secondo le norme nazionali ed internazionali, così come il mix design ed il confezionamento sono trattati nel manuale «Calcestruzzi strutturali leggeri di argilla espansa» a cura dei Prof. Sanpaolesi e Formichi dell'università di Pisa.

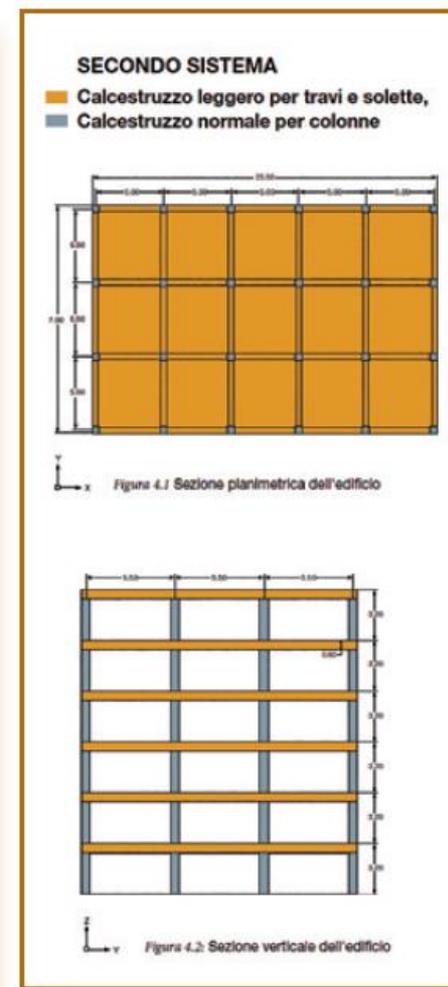
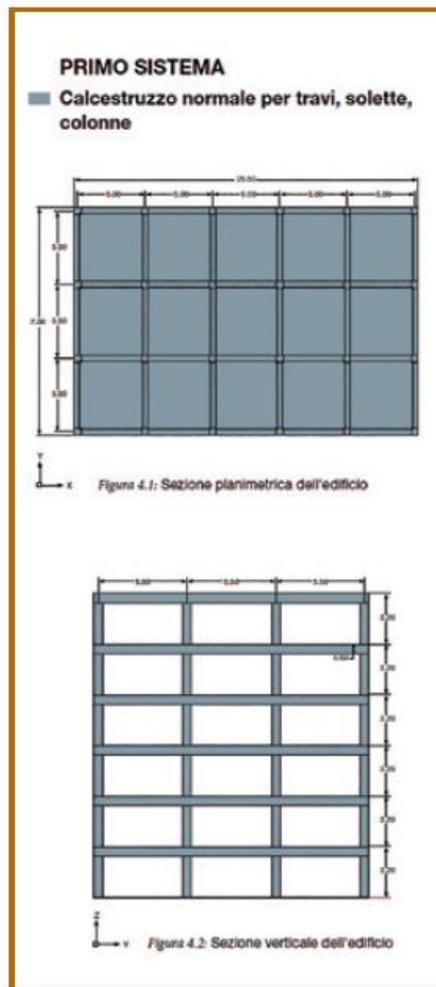
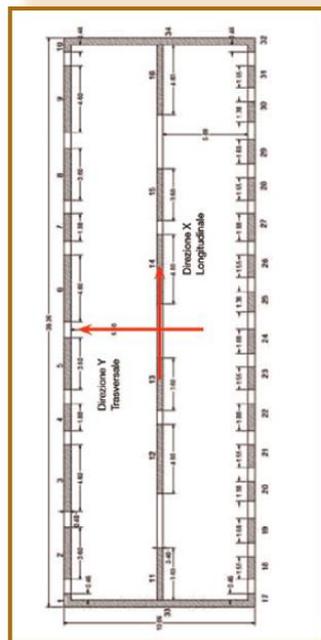
Il volume è scaricabile sul sito



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

## 5.3 Ruolo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri in zona sismica



Da una ricerca Laterlite in collaborazione con Eucentre di pavia ( [www.eucentre.it](#) ), emerge come i solai rinforzati con calcestruzzi leggeri manifestino una maggiore sicurezza sismica

*I vantaggi della leggerezza*

*Referenze ed esempi di strutture  
in LWAC*

### Torre di Fuksas (Pescara)



### Residenze Citylife (Milano)



## 5.4 Referenze e case history di impiego dei LWAC



Auditorium «Teatro  
della musica»  
Ravello (SA)



## 5.4 Referenze e case history di impiego dei LWAC



Complesso  
Multifunzionale Sesta  
Porta (Pisa)



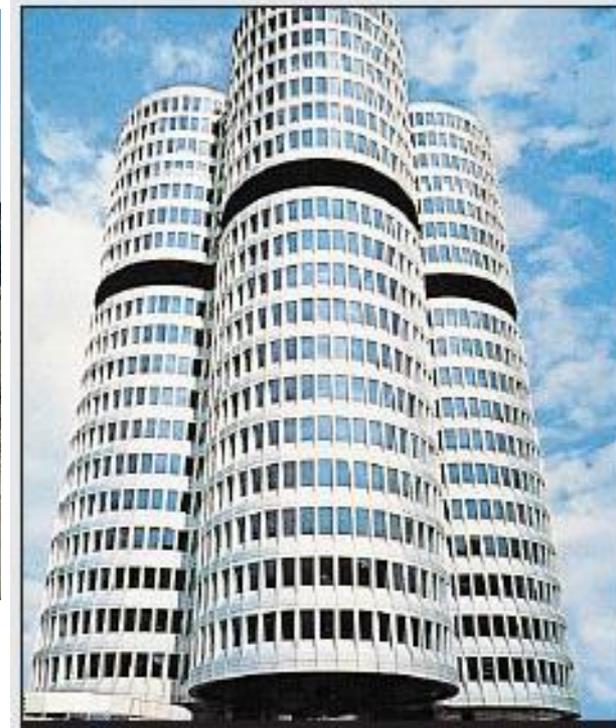
## 5.4 Referenze e case history di impiego dei LWAC



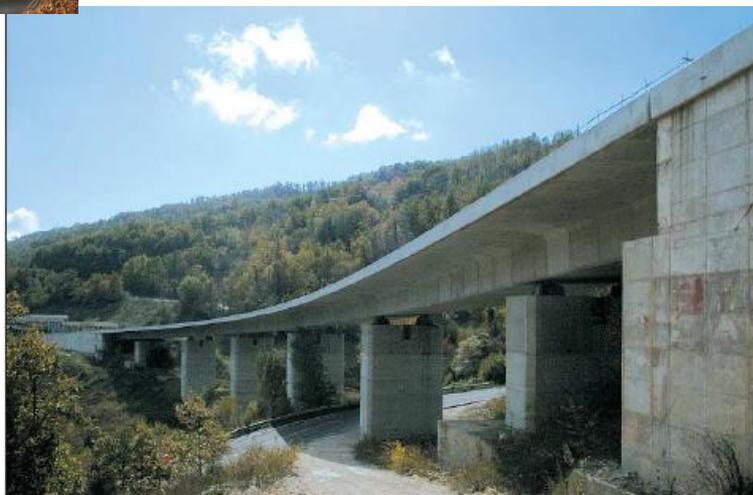
Cassoni del  
MOSE (Venezia)



Grattacielo BMW  
(Monaco di Baviera)



Torre  
Polifunzionale  
(PD)

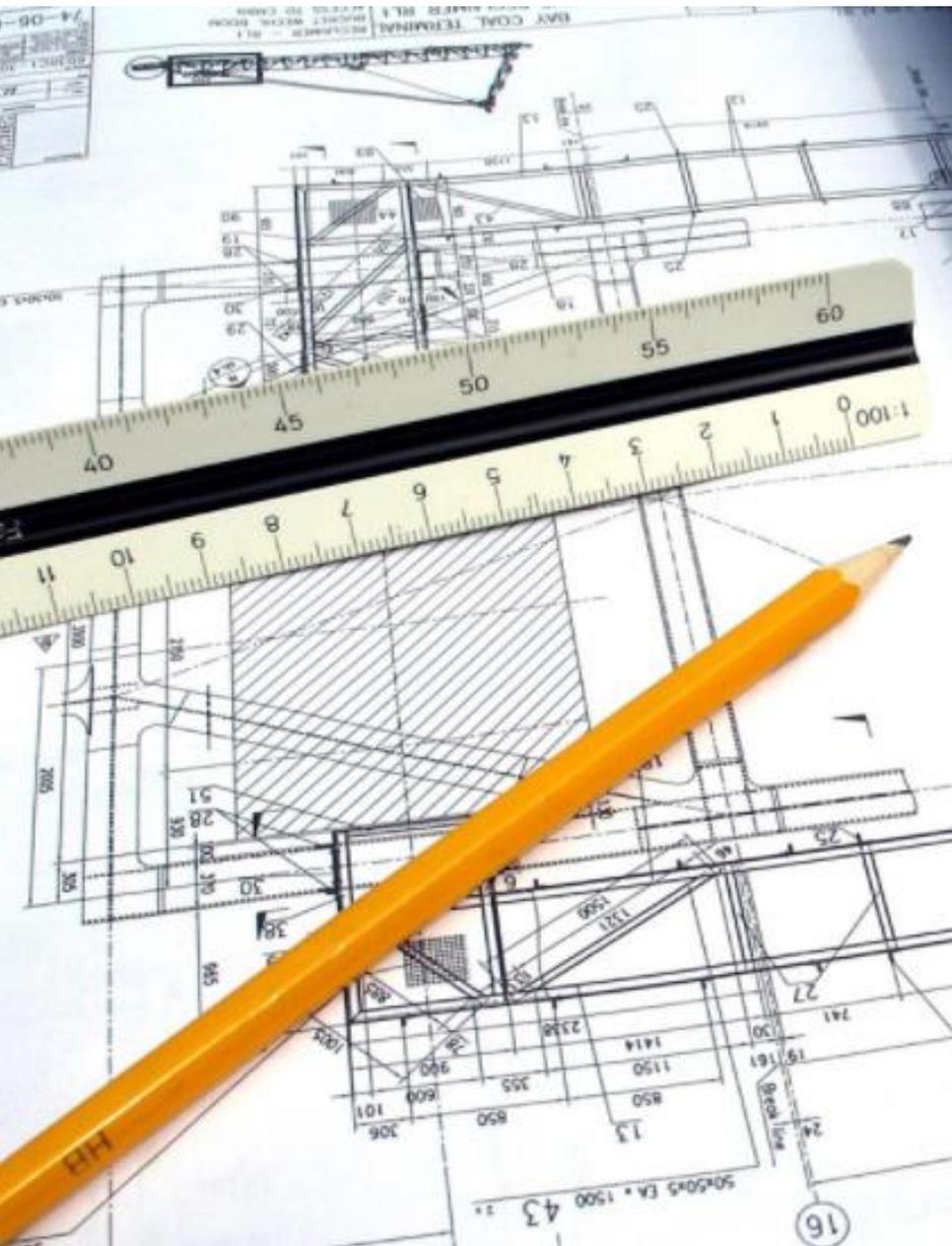


Viadotto S.S. Isernia  
Castel di Sangro (AQ)

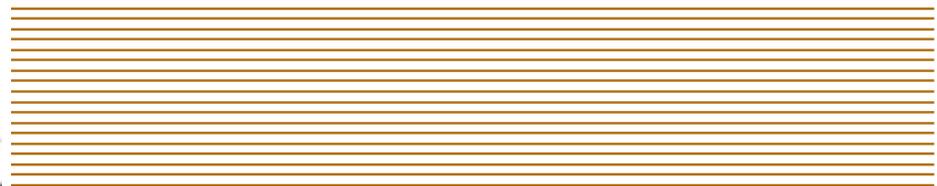
## Durabilità: Nordhordland Bridge

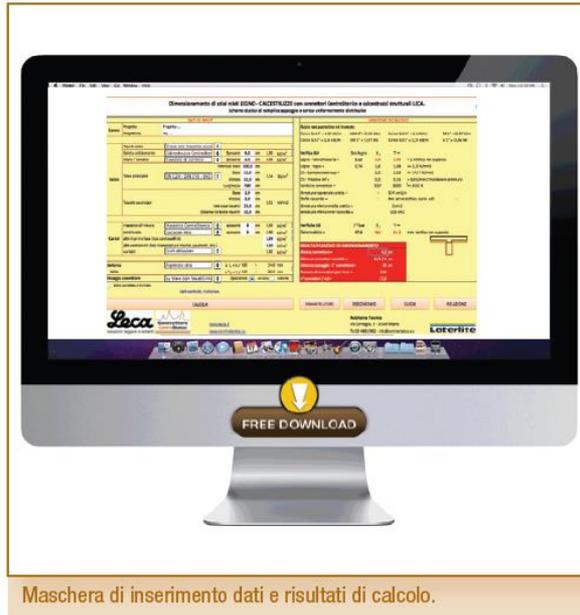
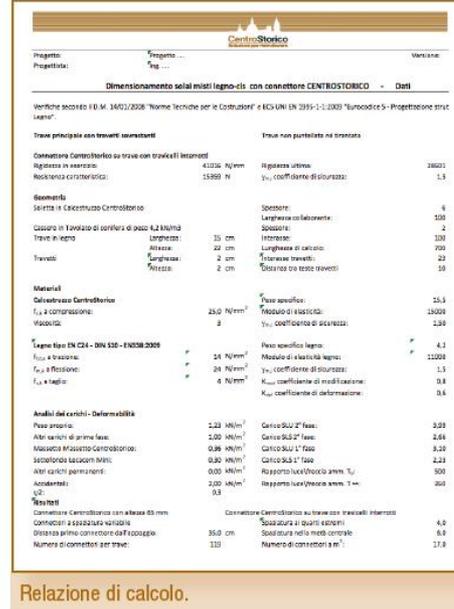


Nordhordland Bridge - Norvegia



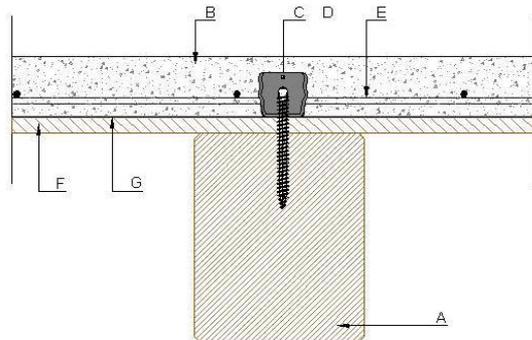
## *Servizi e Assistenza Tecnica*



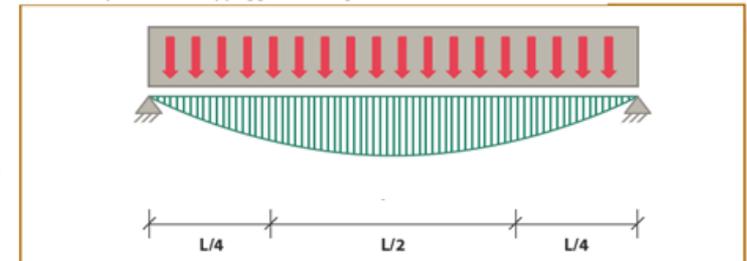



Relazione di calcolo.

CentrosiStico			
Progetto:	Progetto	Versione:	
Progettato:	Fig.		
<b>Dimensionamento selati misti legno-c/c con connettore CENTROSISTICO - Dati</b>			
Verifica secondo il D.M. 14671/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" e EC5 UNI EN 1995-1-1:2008 "Eurocodice 5- Progettazione delle Legni"			
Trave principale con travetti interposti		Trave non puntellata né tracciata	
Connettore CentrosiStico su trave con travetti interposti	41220 N/mm	Rigidezza ultima	18021
Rigidità in esercizio	15959 N	$\gamma_{M1}$ coefficiente di sicurezza:	1,5
<b>Risultato</b>			
Selettività CentrosiStico		Spessore	4
		Spessore in lavorazione	5
Classe in funzione di carichi di peso $k_1$ N/m <sup>2</sup>		Intonaco	100
Trave in legno	Spessore: 35 cm	Spessore	2
	Altezza: 22 cm	Spessore	330
Travetti	Spessore: 2 cm	Intonaco	700
	Altezza: 2 cm	Intonaco	23
		Spessore tra teste travetti	30
<b>Materiali</b>			
Deflessione CentrosiStico		Peso specifico	25,5
$E_{0,2}$ a compressione	25,0 N/mm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità	10000
Massiccio	3	$\gamma_{M2}$ coefficiente di sicurezza:	1,30
<b>Legno tipo EN C24 - UNI EN 1995-1-1:2008</b>			
$E_{0,2}$ a flessione	14 N/mm <sup>2</sup>	Peso specifico legno	4,1
$E_{0,2}$ a trazione	24 N/mm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità legno	11000
$E_{0,2}$ a flessione	24 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M3}$ coefficiente di sicurezza:	1,5
$E_{0,2}$ a taglio	4 N/mm <sup>2</sup>	$K_{mod}$ coefficiente di modificaazione:	0,8
		$K_{def}$ coefficiente di deformazione:	0,6
<b>Analisi dei carichi - Deformabilità</b>			
Peso proprio	2,23 kN/m <sup>2</sup>	Carico S <sub>0,2</sub> 2° fase	3,99
Altri carichi di prima fase	2,00 kN/m <sup>2</sup>	Carico S <sub>0,2</sub> 1° fase	2,66
Massiccio Massiccio CentrosiStico	0,96 kN/m <sup>2</sup>	Carico S <sub>0,2</sub> 1° fase	8,20
Secolofonia Laccatori M&C	0,80 kN/m <sup>2</sup>	Carico S <sub>0,2</sub> 1° fase	2,23
Altri carichi permanenti	0,00 kN/m <sup>2</sup>	Rapporto luce/altezza amm. $l_0/h_0$	800
Accidenti:	2,00 kN/m <sup>2</sup>	Rapporto luce/altezza amm. $l_0/h_0$	200
$Q_{Ed}$	9,3		
<b>Travetti</b>			
Connettore CentrosiStico su trave con travetti interposti		Spessore	4,0
Connettori a spessore variabile	35,0 cm	Spessore nella web centrale	6,0
Distanza tra connettori dell'asse degli	120	Numero di connettori a m <sup>2</sup>	17,8



Trave semplicemente appoggiata - diagramma del Momento flettente





**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

**Intervento di ristrutturazione in Preto (PO)**  
Relazione Tecnica e di Calcolo

**Laterite**

*Lecca*  
www.centrostorico.eu

**CentroStorico**  
Milano, 21/03/2018

Sp. A. R.  
MEMO TECNICHE  
PROGETTAZIONE  
Ing. Giovanni Longo s.p.a.  
Via Crotone, 8  
Via Isonzo, 7  
40138-Catania (CT)

**OGGETTO:** Ristrutturazione tecnica e di calcolo per il miglioramento sismico del colonnato di Via Dante a Trapani

**Descrizione dell'intervento**  
L'intervento di recupero sismico si pone l'obiettivo di fornire una soluzione tecnica adatta per il consolidamento del colonnato esistente in particolare il sistema portante longitudinalmente del sistema strutturale in legno a doppio cordone mediante soluzioni collaborative in calcestruzzo leggero adesperto "Centrostorico" di Laterite.

**Caratteristiche del sistema**  
La finalità del presente documento è quella di proporre una soluzione per il miglioramento della struttura esistente e per lo scontro sismico del colonnato.

- Soluzione sismica in legno a doppio cordone, con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15-20 cm per garantire una buona capacità portante e un buon isolamento sismico.
- Soluzione sismica in "Calcestruzzo Centrostorico" anche spessore pari a 20 cm, collegato ai travi operanti e consolidato in modo che non subisca la rottura del sistema di fissaggio di fibrina, la rottura di calcestruzzo esistente anche alla frattura di stato II e III e per le zone carenti della guaina esistente per la riduzione di deformazioni e spostamenti.
- Correnti sismiche in acciaio per il consolidamento del sistema esistente tra le travi operanti e la soletta esistente.

**Laterite**

*Lecca*  
www.centrostorico.eu

**Lecca Laterite**

Struttura di legno in calcestruzzo di portata per tutti i tipi di SAP soggetti all' terremoto, i carichi di progetto previsti da norme tecniche sismiche, norme tecniche delle Costruzioni (NTC08) - Norme UNI e c.c.

Tutte le travi in legno a doppia portanza, con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15-20 cm per garantire una buona capacità portante e un buon isolamento sismico.

Il sistema di legno a doppio cordone è di tipo II, in base alle norme di calcolo di stato II e III, in base alle norme di calcolo di stato II e III, in base alle norme di calcolo di stato II e III.

Classe	Classe	Classe	Classe	Classe	Classe
SAP 8	8	35	30	40	...
SAP 10	10	30	30	40	...
SAP 16	16	20	20	30	...
SAP 20	17	20	17	10	100

Schema di sezione di un sistema a doppio cordone con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti.

Schema di sezione di un sistema a doppio cordone con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti.

**Laterite**

*Lecca*  
www.centrostorico.eu

**Lecca Laterite**

Struttura di legno in calcestruzzo di portata per tutti i tipi di SAP soggetti all' terremoto, i carichi di progetto previsti da norme tecniche sismiche, norme tecniche delle Costruzioni (NTC08) - Norme UNI e c.c.

Tutte le travi in legno a doppia portanza, con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15-20 cm per garantire una buona capacità portante e un buon isolamento sismico.

Il sistema di legno a doppio cordone è di tipo II, in base alle norme di calcolo di stato II e III, in base alle norme di calcolo di stato II e III, in base alle norme di calcolo di stato II e III.

Schema di sezione di un sistema a doppio cordone con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti.

Schema di sezione di un sistema a doppio cordone con travi principali e travetti secondari collegati alle linee portanti.

**Laterite**

*Lecca*  
www.centrostorico.eu

**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

**Connettore CentroStorico Legno**  
Dettaglio costruttivo - travetti

**Lecca**

A: Travetto in legno massello  
B: Soletta in calcestruzzo LeccaCLS 1400 sp 5 cm  
C: Connettore CentroStorico posato su assito  
D: Rete elettrosaldata Ø8/20x20 oppure Ø6/15x15  
E: Assito  
F: Membrana trasparente ed impermeabile CentroStorico

Questo disegno non è un prodotto commerciale, ma un documento di lavoro. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla Lecca. Lecca è un marchio registrato di Lecca s.p.a. e non può essere utilizzato per altri prodotti o servizi senza permesso scritto dalla Lecca. Lecca è un marchio registrato di Lecca s.p.a. e non può essere utilizzato per altri prodotti o servizi senza permesso scritto dalla Lecca. Lecca è un marchio registrato di Lecca s.p.a. e non può essere utilizzato per altri prodotti o servizi senza permesso scritto dalla Lecca.

Connettore Perimetrale come tirante ogni 70 cm

PANNELLO Ø6/200

CORRENTI 2 Ø12

RIPARTITORI 2 Ø12

Connettore Perimetrale come spinnotto ogni 45 cm

Connettore Perimetrale come tirante ogni 70 cm

**PERIMETRO FORTE**  
DETTAGLI POSA CONNETTORE PERIMETRALE

**Dettagli Posa Connettori Perimetrali**

**2A - Fissaggio su travetto**  
Schema fissaggio suggerito

**2B - Fissaggio su soletto**  
Schema fissaggio suggerito

a) Rimuovere l'elemento spinotto/trante  
b) Fissare connettore perimetrale su travetto con viti

a) Inserire l'elemento spinotto/trante  
b) Fissare connettore perimetrale su travetto con viti

6. Barre Armatura Longitudinale Perimetro Forte  
7. Getto CLS Leggero Strutturale sp. min. consigliata 8 cm  
3. Connettore CS Legno  
2. Azzo/Travetto in Legno  
1. Trave in Legno  
4. Connettore Perimetrale CS  
5. Rete Elettrosalatale Ø6/100 mm

**Connettore CentroStorico Legno**  
Esempio di connettore sezione semplice

15 cm    XX in L4/L4 cm    XX in L2 cm    XX in L4 cm    15 cm

15 cm

15 cm

LOGGE:

Interasse: XX cm  
Luce XBR: XX cm  
"n" connettori: XX

INCIDENZA: XX/90°

**Connettore CentroStorico Acciaio**  
Dettaglio standard

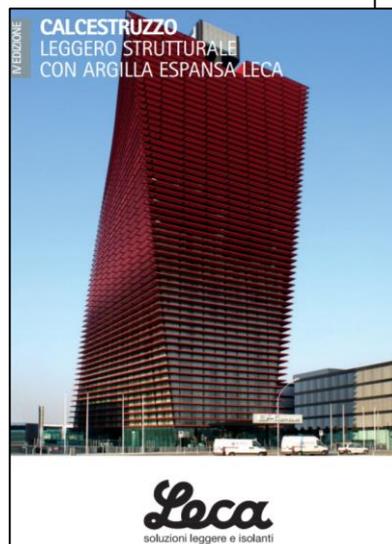
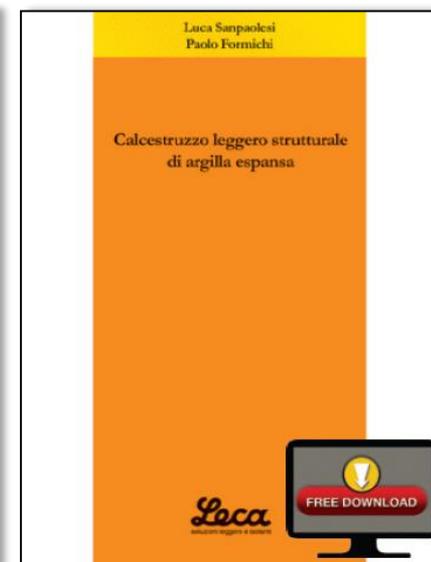
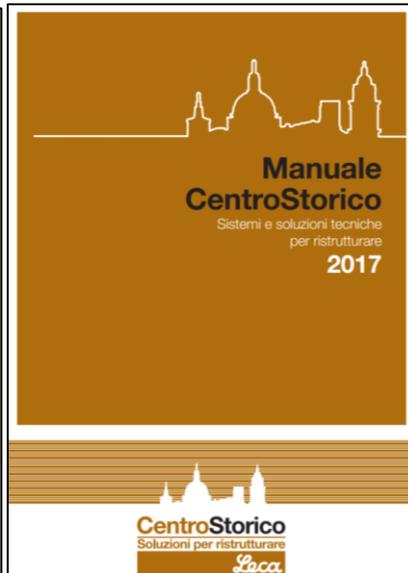
**CONNETTORE CENTROSTORICO SU PROFILO IN ACCIAIO**  
Dettaglio con rotture disposte di taglio con sottofondo e pannelli di riempimento/aggiramento

1. profilo in acciaio  
2. barre aeree di collegamento legno-legno  
3. connettore BR/CS/ACC Connettore forato  
4. rete elettrosalatale  
5. rete acciaio  
6. riempimento speciale e aggiramento in Leca/Car  
7. pannelli di aggiramento/riempimento



Per il **download completo** e gratuito dei particolari di collegamento alla muratura e sezioni tipo di consolidamento in formato **dwg** per **AutoCAD**, visitare il sito **www.CentroStorico.eu** o **www.Leca.it**.

# 6.4 Documentazione Tecnica



[www.Leca.it](http://www.Leca.it)



[www.CentroStorico.eu](http://www.CentroStorico.eu)



**Newsletter**  
**Iscrivetevi!**



è anche sui principali **Social Network.**



Clicca **Mi piace** sulla nostra pagina e rimani in contatto con noi.

Per te

- novità,
- referenze,
- convegni

..... e tanto altro!



Grazie  
*Ing. Marco Quaini*



Assistenza Tecnica

[infoleca@leca.it](mailto:infoleca@leca.it) – [www.leca.it](http://www.leca.it)

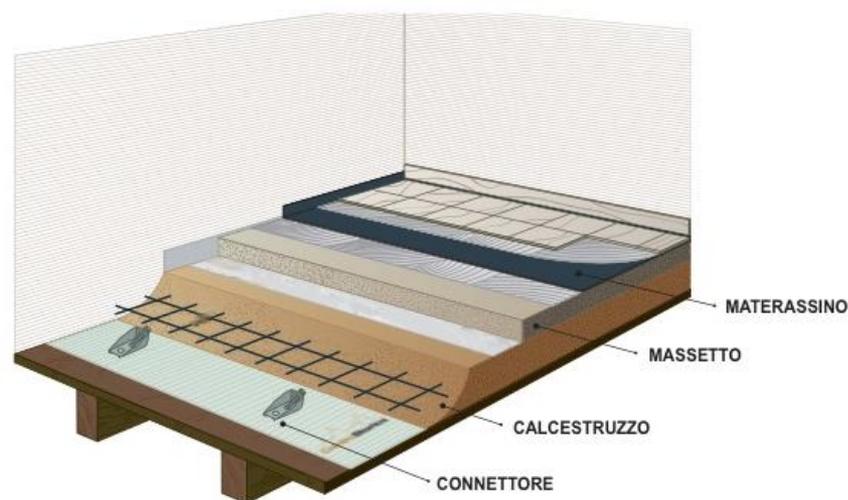
Tel 02 48011962

# Soluzioni e sistemi per la ristrutturazione dei solai

## CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

La struttura esistente necessita di un intervento di **rinforzo strutturale**, per migliorare la resistenza e rigidità del divisorio orizzontale. La scelta della soluzione dipende dallo **spessore disponibile** e prevede:

- formazione di una **nuova soletta in calcestruzzo strutturale**, debitamente interconnessa al solaio esistente;
- eventuale **massetto di finitura** anche a basso spessore;
- eventuale **materassino acustico** per il risanamento dai rumori di calpestio.

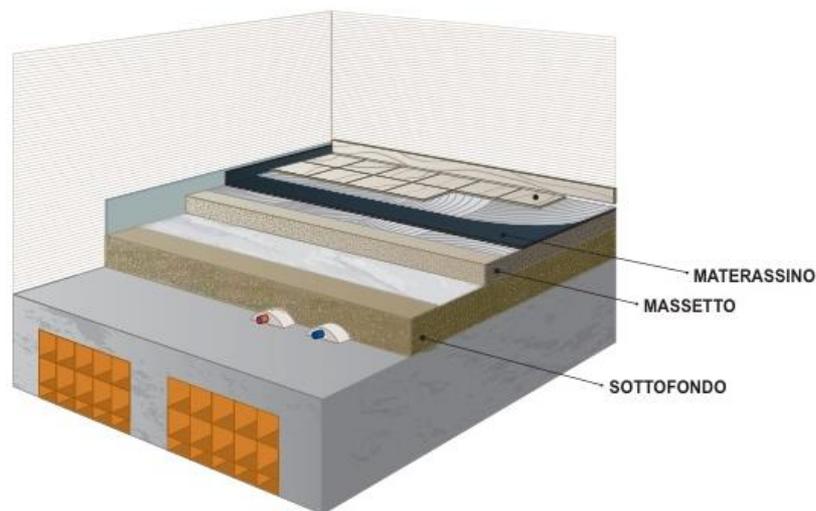


## SOTTOFONDI TERMOACUSTICI

La soluzione prevede il rifacimento del sottofondo in assenza di consolidamento strutturale del solaio esistente.

A seconda dello **spessore disponibile** ed alle esigenze operative di cantiere, il sistema è costituito da:

- **sottofondo monostrato**, realizzato con il solo massetto di finitura;
- **sottofondo multistrato**, composto dallo strato di compensazione e dal massetto di finitura (anche a basso spessore);
- eventuale **materassino acustico** per il risanamento dai rumori di calpestio.



# Soluzioni per il centro storico: Problematiche più comuni



# Soluzioni per il centro storico: Problematiche più comuni

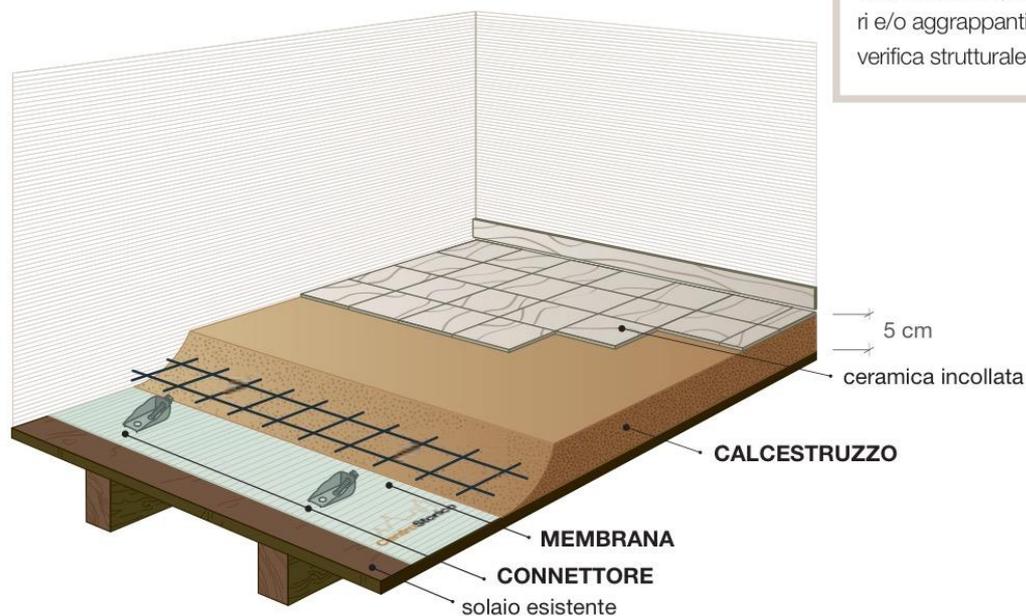




# **Consolidamento strutturale**

# 5 – 8 cm Basso spessore → Sistema monostrato

## Pavimentazione in **ceramica** e assimilabile



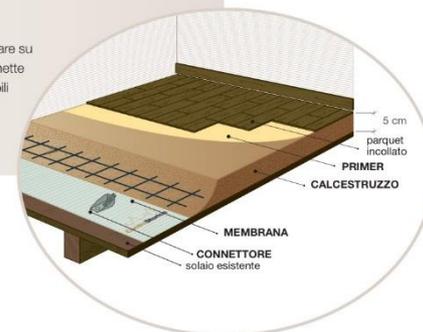
Per spessori inferiori a 5 cm, impiegare specifiche interconnessioni a basso spessore (connettori e/o aggrappanti chimici) previa verifica strutturale.

## Soluzione sp. 5 cm: caratteristiche tecniche

- Peso: ca. **75 kg/m<sup>2</sup>**
- Resistenza termica:  **$R_t=0,11 \text{ m}^2\text{K/W}$**  (Calcestruzzo  $\lambda = 0,47 \text{ W/mK}$ )
- Abbattimento acustico al calpestio: sino a  **$\Delta L_w 17 \text{ dB}$**  (con Materassino)
- Classe di resistenza a compressione di Calcestruzzo: **LC 25/28**
- Classe di massa volumica di Calcestruzzo: D1,6 (ca. **1500 kg/m<sup>3</sup>**)
- Connettore CentroStorico Legno: sistema certificato nelle prestazioni dell'Università di Trieste.

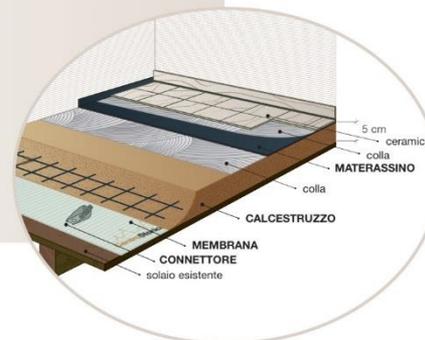
## Pavimentazione in **parquet** e assimilabile

Primer CentroStorico, da applicare su Calcestruzzo CentroStorico, permette la posa diretta di pavimenti sensibili all'umidità quale il parquet.



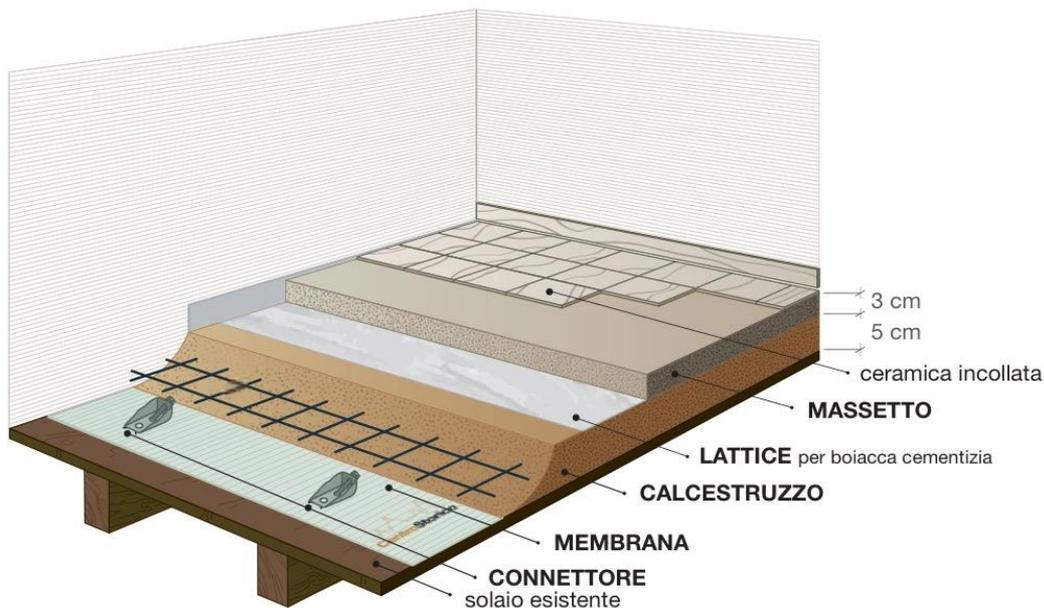
## Risanamento **acustico**

Materassino CentroStorico assicura il miglioramento delle prestazioni acustiche al calpestio del divisorio orizzontale (certificato sino a  $\Delta L_w 17 \text{ dB}$ ), in spessori contenuti (**2 mm**) e applicato direttamente sotto qualsiasi tipologia di pavimento (nel caso di posa di parquet, prevedere Primer CentroStorico).



## 8 – 10 cm Medio spessore → Sistema multistrato

### Pavimentazione in **ceramica** e assimilabile

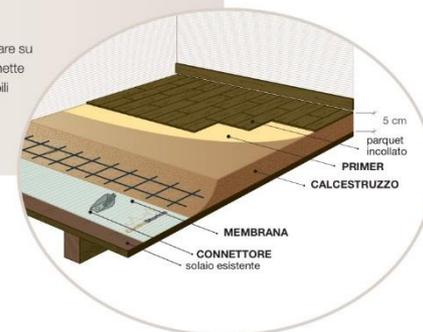


### Soluzione sp. 8 cm: caratteristiche tecniche

- Peso: ca. 115 kg/m<sup>2</sup>
- Resistenza termica:  $R_t=0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$   
(Calcestruzzo  $\lambda = 0,47 \text{ W/mK}$ , Massetto  $\lambda = 0,31 \text{ W/mK}$ )
- Abbattimento acustico al calpestio: sino a  $\Delta L_w 17 \text{ dB}$  (con Materassino)
- Classe di resistenza a compressione di Calcestruzzo: LC 25/28
- Classe di massa volumica di Calcestruzzo: D1,6 (ca. 1500 kg/m<sup>3</sup>)
- Resistenza a compressione di Massetto: 18 MPa
- Massa volumica di Massetto: ca. 1250 kg/m<sup>3</sup>
- Connettore CentroStorico Legno: sistema certificato nelle prestazioni dell'Università di Trieste.

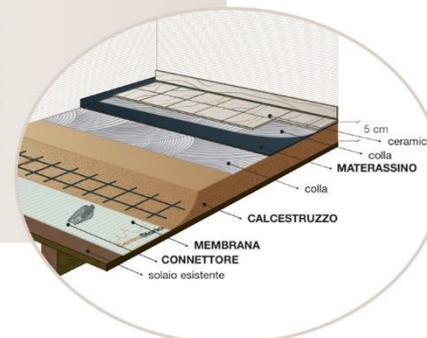
### Pavimentazione in **parquet** e assimilabile

Primer CentroStorico, da applicare su Calcestruzzo CentroStorico, permette la posa diretta di pavimenti sensibili all'umidità quale il parquet.



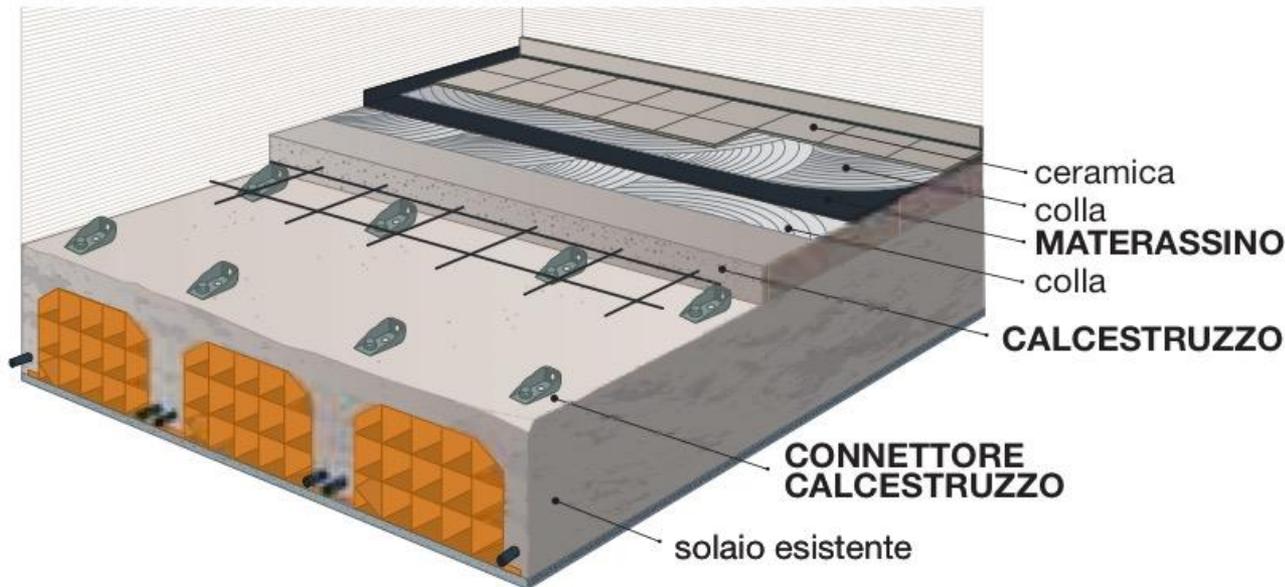
### Risanamento **acustico**

Materassino CentroStorico assicura il miglioramento delle prestazioni acustiche al calpestio del divisorio orizzontale (certificato sino a  $\Delta L_w 17 \text{ dB}$ ), in spessori contenuti (2 mm) e applicato direttamente sotto qualsiasi tipologia di pavimento (nel caso di posa di parquet, prevedere Primer CentroStorico).



## Connettore Meccanico

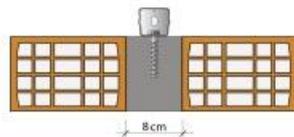
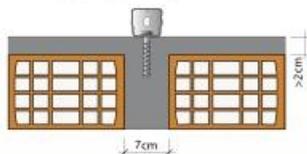
La soluzione prevede la formazione della soletta collaborante in **Calcestruzzo CentroStorico**, interconnesso al solaio esistente attraverso **Connettore CentroStorico Calcestruzzo**. Il sistema si completa con la posa di **Materassino CentroStorico** per l'isolamento acustico dai rumori di calpestio.



## Caratteristiche tecniche:

- Peso della soluzione: **75 kg/m<sup>2</sup>**
- Conduttività termica Calcestruzzo CentroStorico:  $\lambda = 0,47 \text{ W/mK}$
- Classe di resistenza a compressione di Calcestruzzo CentroStorico: **LC 25/28**
- Massa volumica di Calcestruzzo CentroStorico: D1,6 (ca. **1500 kg/m<sup>3</sup>**)
- Materassino CentroStorico: abbattimento acustico certificato sino a  $\Delta L_w = 17\text{dB}$
- Connettore CentroStorico Calcestruzzo  
Res. caratteristica:  $P_{Rk} = 12,6 \text{ kN}$   
Res. di progetto:  $P_{Rd} = 10,0 \text{ kN}$

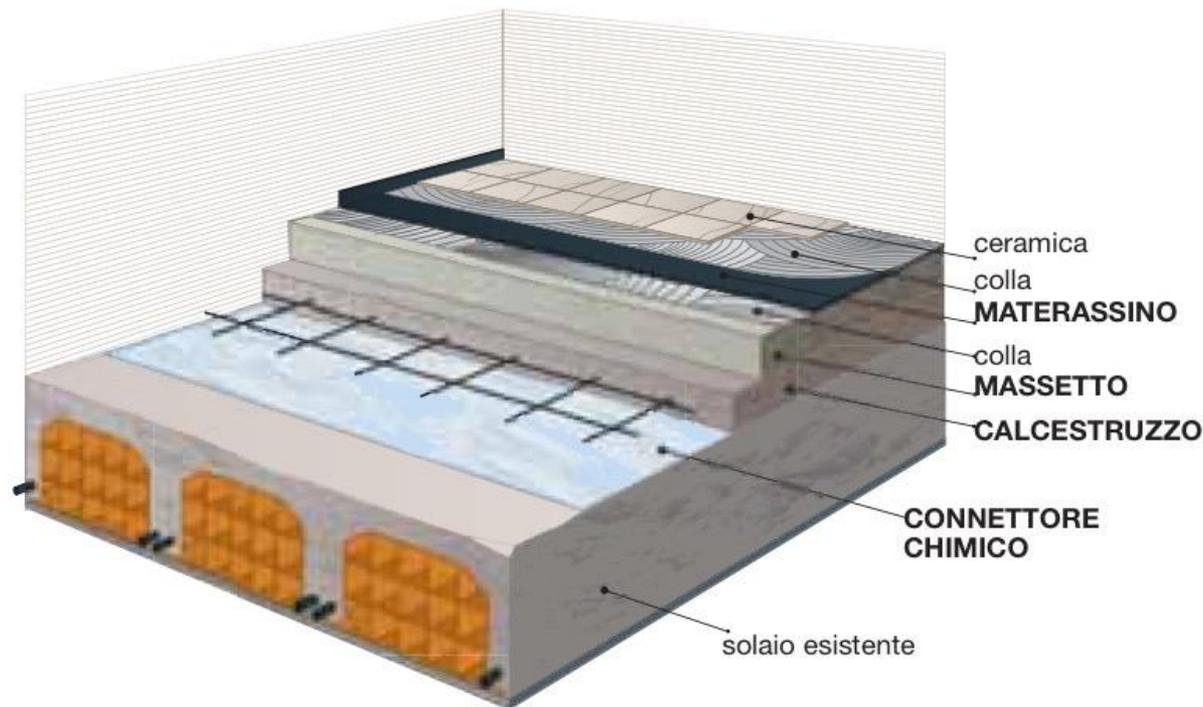
## Limiti di utilizzo



Larghezza del travetto:  
 $\geq 8 \text{ cm}$  (senza caldana)  
 $\geq 7 \text{ cm}$  (con caldana sp.  $\geq 2 \text{ cm}$ )

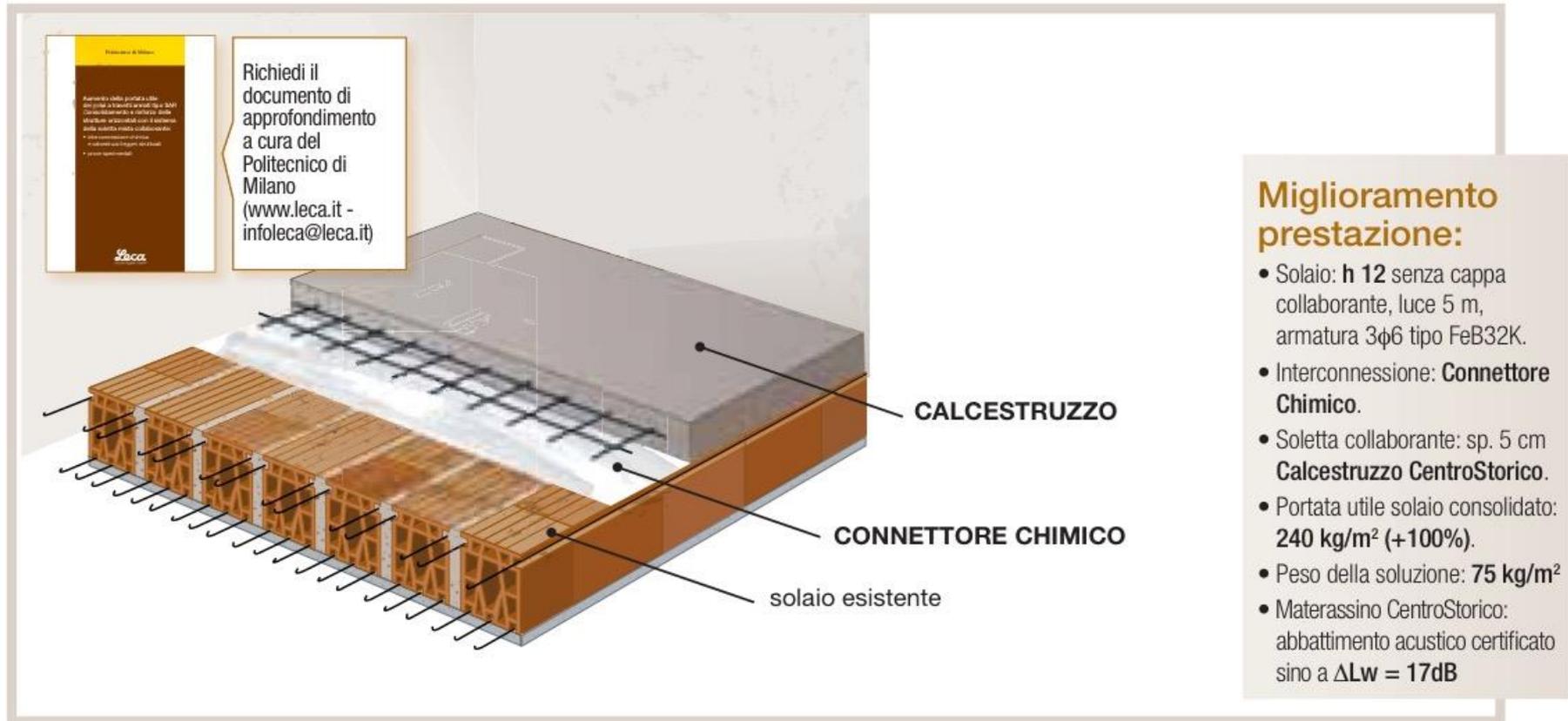
## Connettore Chimico

La soluzione prevede la formazione della soletta collaborante in **Calcestruzzo CentroStorico**, interconnesso al solaio esistente attraverso **Connettore CentroStorico Chimico**. Il sistema si completa con la formazione dello strato di finitura in **Massetto CentroStorico** e la posa di **Materassino CentroStorico** per l'isolamento acustico dai rumori di calpestio.



## Caratteristiche tecniche:

- Peso della soluzione: **75 kg/m<sup>2</sup>**
- Classe di resistenza a compressione di Calcestruzzo CentroStorico: **LC 25/28**
- Massa volumica di Calcestruzzo CentroStorico: D1,6 (ca. **1500 kg/m<sup>3</sup>**)
- Materassino CentroStorico: abbattimento acustico certificato sino a  **$\Delta L_w = 17\text{dB}$**
- Connettore CentroStorico Chimico  
Resistenza all'adesione (taglio): **10 N/mm<sup>2</sup>**  
Resistenza a trazione per flessione: **40 N/mm<sup>2</sup>**



Richiedi il documento di approfondimento a cura del Politecnico di Milano ([www.leca.it](http://www.leca.it) - [infoleca@leca.it](mailto:infoleca@leca.it))

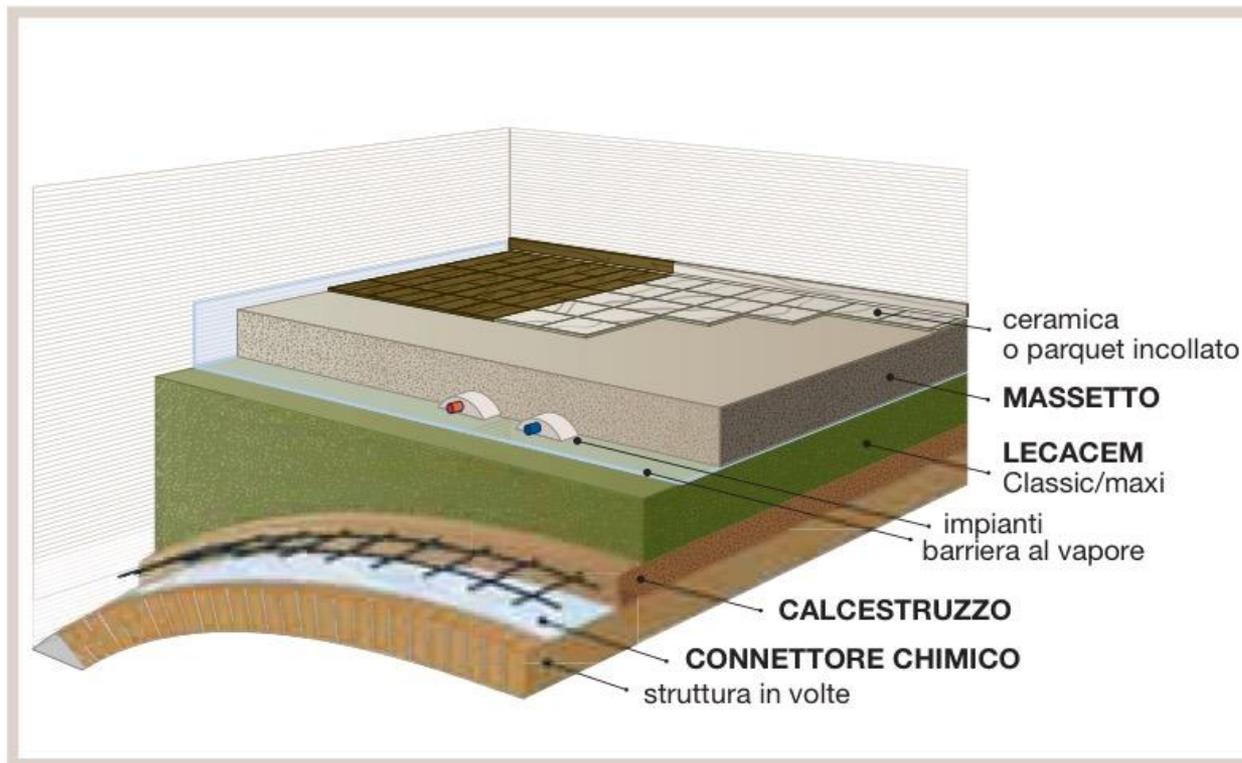
**CALCESTRUZZO**

**CONNETTORE CHIMICO**

solai esistente

**Miglioramento prestazione:**

- Solai: **h 12** senza cappa collaborante, luce 5 m, armatura 3φ6 tipo FeB32K.
- Interconnessione: **Connettore Chimico**.
- Soletta collaborante: sp. 5 cm **Calcestruzzo CentroStorico**.
- Portata utile solai consolidato: **240 kg/m<sup>2</sup> (+100%)**.
- Peso della soluzione: **75 kg/m<sup>2</sup>**
- Materassino CentroStorico: abbattimento acustico certificato sino a **ΔLw = 17dB**

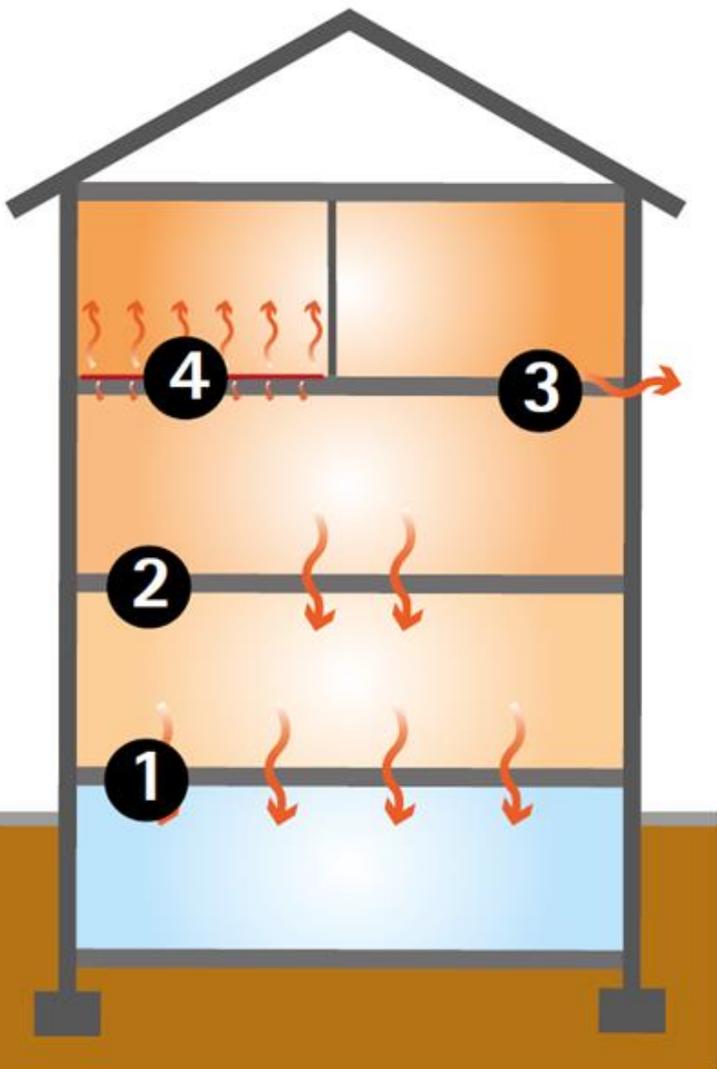


## Caratteristiche tecniche

- Calcestruzzo Classe di resistenza: **LC 25/28**  
Massa volumica: D1,6 (ca. 1500 kg/m<sup>3</sup>)
- Massetto  
Resistenza a compr.: **18 MPa**  
Massa volumica: ca. 1250 kg/m<sup>3</sup>
- Lecacem Classic/Maxi  
Resistenza a compressione: **2,5/1,0 MPa**  
Massa volumica: ca. 600/450 kg/m<sup>3</sup>
- Connettore CentroStorico Chimico: sistema certificato nelle prestazioni dal Politecnico di Milano.



# **Sottofondi termoacustici**



- 1) Solaio su ambiente non riscaldato o esterno
- 2) Solaio intermedio generico
- 3) Ponte termico di facciata
- 4) Pavimento radiante

In accordo con le modalità di calcolo prescritte dal D.Lgs 311/06 e dalle normative in vigore in tema di isolamento termico, per pavimenti e coperture su solai la formula generale per il calcolo della trasmittanza termica  $U$  è:

dove:

$$U = \frac{1}{\sum R + 1/\alpha}$$

$1/\alpha$  = somma delle resistenze termiche liminari, i cui valori espressi in  $m^2K/W$  sono (UNI EN ISO 6946):

Direzione del flusso di calore	Solai rivolti all'esterno	Solai Interpiano
Ascendente ↑	0,14	0,20
Discendente ↓	0,21	0,34

$\sum R$  = somma delle resistenze termiche degli strati che compongono la struttura, così calcolati:

$R$  = spessore strato (metri)/ $\lambda$ . (conducibilità termica in  $W/mK$ ).

I dati di conducibilità termica  $\lambda$  dell'argilla espansa Leca e dei premiscelati sono valori certificati (vedi tabella a lato) mentre quelli degli altri elementi costituenti la stratigrafia sono tratti dalla norma UNI 10351 per le conducibilità termiche.

Schema indicativo delle zone climatiche italiane secondo il DPR 412/93



**Legenda:**

GG = gradi giorno

<b>Zona A</b> GG ≤ 600 (Lampadusa)	<b>Zona B</b> 601 ≤ GG ≤ 900 (Crotone, Agrigento, Catania, Siracusa, Trapani, Messina, ...)	<b>Zona C</b> 900 ≤ GG ≤ 1400 (Imperia, Caserta, Lecce, Caserta, Ragusa, Sassari, ...)	<b>Zona D</b> 1401 ≤ GG ≤ 2100 (Trieste, La Spezia, Forlì, Isernia, Foggia, Caltanissetta, Nuoro, ...)	<b>Zona E</b> 2101 ≤ GG ≤ 3000 (Aosta, Sondrio, Bolzano, Rimini, Frassinone, Enna, ...)	<b>Zona F</b> GG ≤ 3001 (Cuneo, Belluno, ...)
--	---	--	--	---	---

## Solai interpiano

Trasmittanza termica U (W/m<sup>2</sup>K) dal 1/10/2015

Zona Climatica

Divisori orizzontali e verticali tra edifici o unità confinanti

A e B

C

D

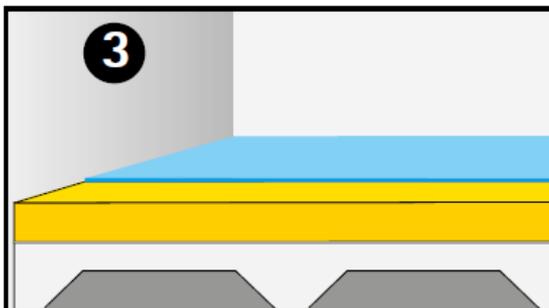
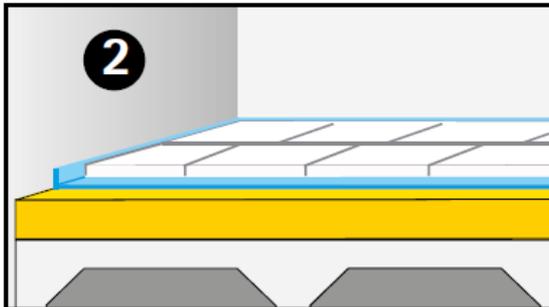
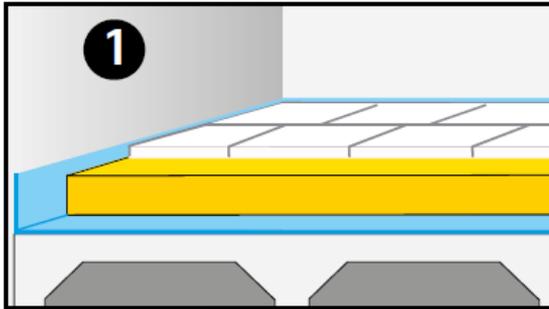
E

F

**0,8**

Edifici di nuova costruzione

Ristrutturazioni importanti di 1° livello



- 1) Massetto galleggiante su strato resiliente
- 2) Strato resiliente sotto pavimento
- 3) Pavimento resiliente o fonoassorbente

## Requisiti acustici passivi degli edifici (D.P.C.M. 5/12/97)

Categorie	Massimo livello di rumore di calpestio trasmesso $L'_{nw}$ (dB)
1. A-C	63
2. D-E	58
3. B-F-G	55

## Classificazione degli ambienti abitativi

Categoria **A**: edifici adibiti a residenza o assimilabile;

Categoria **B**: edifici adibiti ad uffici o assimilabili;

Categoria **C**: edifici adibiti ad alberghi, pensioni e attività assimilabili;

Categoria **D**: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;

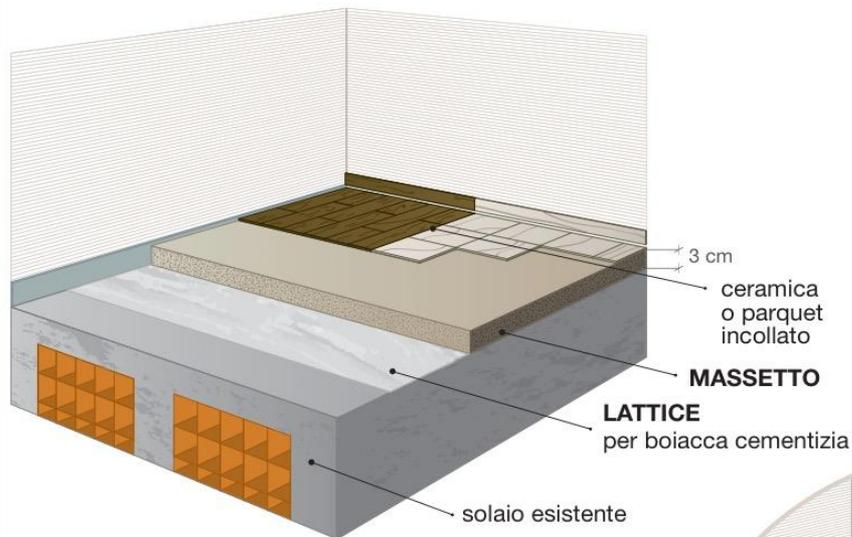
Categoria **E**: edifici adibiti ad attività scolastica a tutti i livelli e assimilabili;

Categoria **F**: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;

Categoria **G**: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

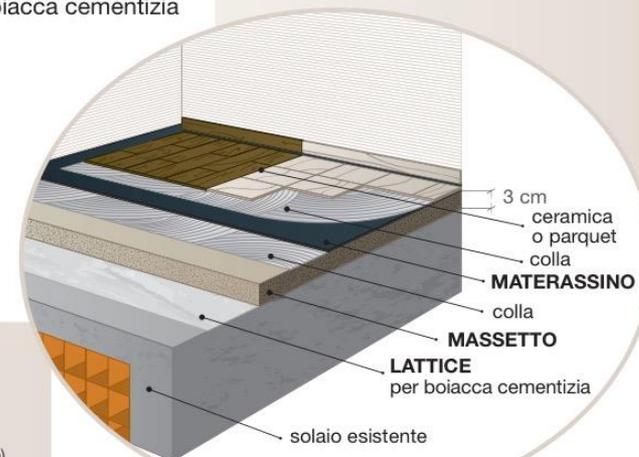
# 3 – 5 cm Basso spessore → Sistema monostrato

Pavimentazione in **ceramica/parquet** e assimilabili



## Risanamento **acustico**

**Materassino CentroStorico** assicura il miglioramento delle prestazioni acustiche al calpestio del divisorio orizzontale (sino a  $\Delta L_w$  17 dB), in spessori contenuti (2 mm) e applicato direttamente sotto qualsiasi tipologia di pavimento.



### Soluzione sp. 3 cm: caratteristiche tecniche

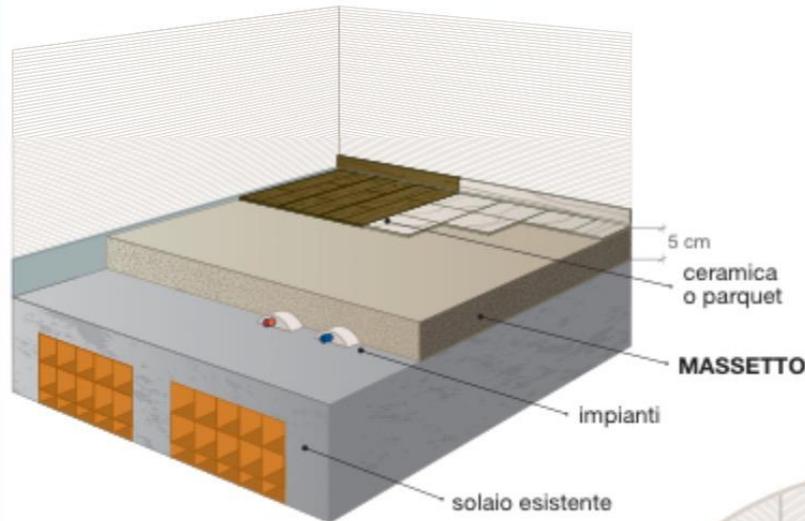
- Peso: ca. **38 kg/m<sup>2</sup>**
- Resistenza termica:  $R_t = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$  (Massetto  $\lambda = 0,31 \text{ W/mK}$ )
- Abbattimento acustico al calpestio: sino a  $\Delta L_w$  17 dB (con Materassino)
- Resistenza a compressione di Massetto: **18 MPa**
- Massa volumica di Massetto: ca. **1250 kg/m<sup>3</sup>**

# 5 – 8 cm Medio spessore → Sistema monostrato



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI TRAPANI

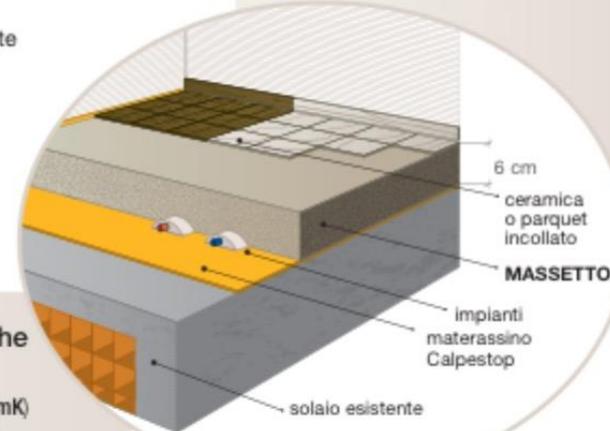
Pavimentazione in **ceramica/parquet** e assimilabili



## Isolamento **acustico**

**Calpestop** è la gamma di materassini Laterlite che assicura l'isolamento acustico dei rumori di calpestio a norma di Legge ([www.leca.it](http://www.leca.it)); in vari spessori e tipologie, consente la formazione del "pavimento galleggiante".

Lo strato elastico può essere posizionato superiormente o inferiormente agli impianti in funzione delle esigenze di cantiere.



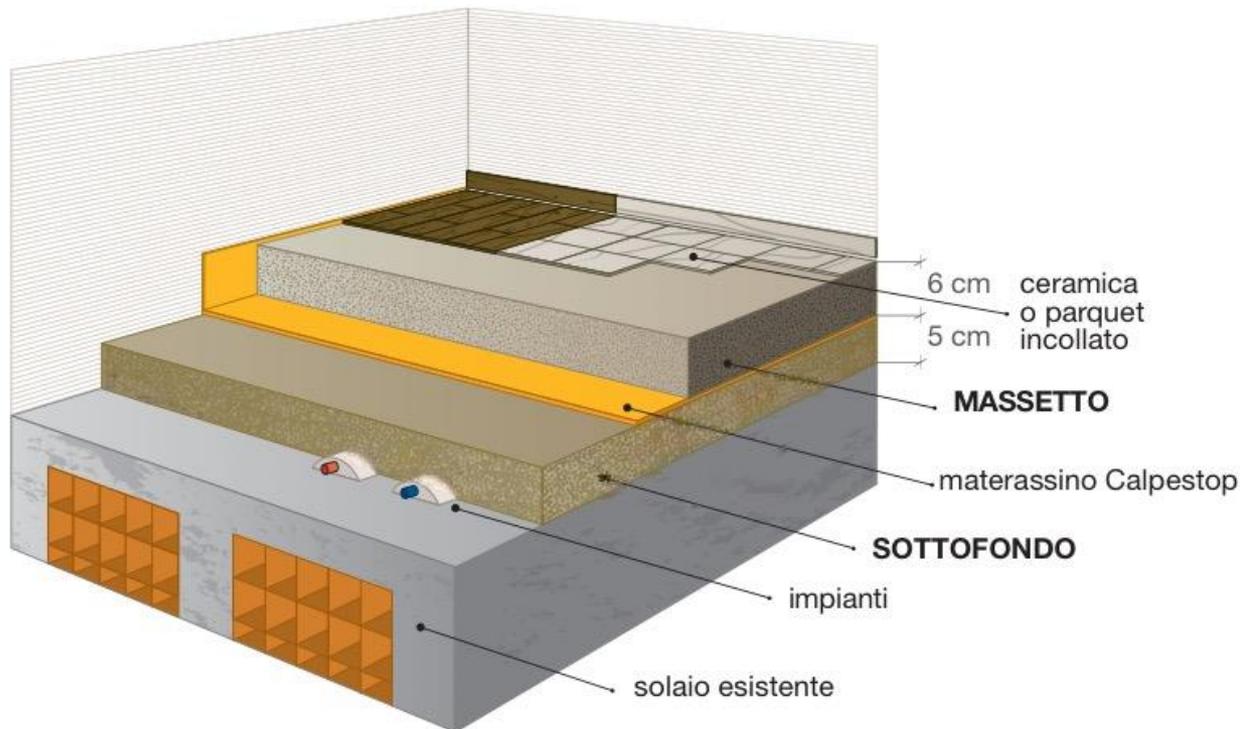
## Soluzione sp. 6,5 cm: caratteristiche tecniche

- Peso: ca. 75 kg/m<sup>2</sup>
- Resistenza termica:  $R_t = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$  (Massetto  $\lambda = 0,31 \text{ W/mK}$ )
- Abbattimento acustico: sino a  $\Delta L_w$  25 dB (con Calpestop)
- Resistenza a compressione di Massetto: 18 MPa
- Massa volumica di Massetto: ca. 1250 kg/m<sup>3</sup>

# ≥10 cm Alto spessore → Sistema multistrato

## Isolamento **acustico**

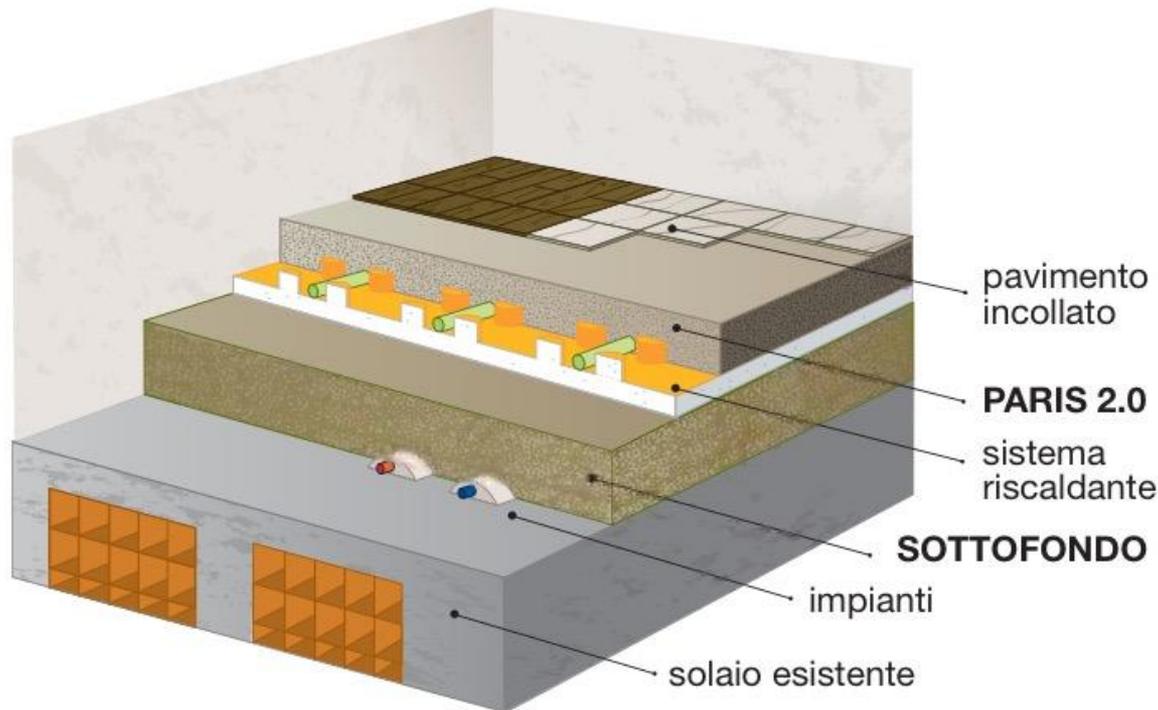
**Calpestop** è la gamma di materassini Laterlite che assicurano l'isolamento acustico dei rumori di calpestio a norma di Legge; disponibile in vari spessori e tipologie, consente la formazione del "pavimento galleggiante".



### Soluzione sp. 11,5 cm: caratteristiche tecniche

- Peso: ca. 110 kg/m<sup>2</sup>
- Resistenza termica:  $R_t=0,47$  m<sup>2</sup>K/W  
(Sottofondo  $\lambda = 0,18$  W/mK,  
Massetto  $\lambda = 0,31$  W/mK)
- Abbattimento acustico:  
sino a  $\Delta L_w$  25 dB (Calpestop Super 5)

# ≥10 cm Alto spessore → Riscaldamento a pavimento



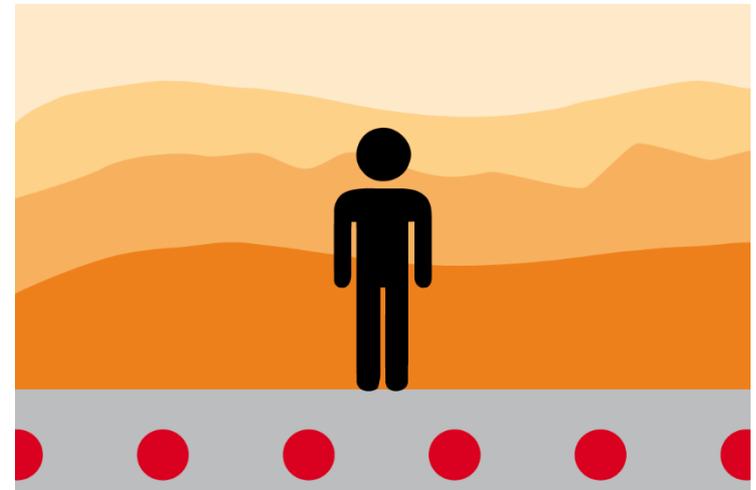
## Caratteristiche tecniche

- Conduttività termica PaRis 2.0:  
 $\lambda = 2,02 \text{ W/mK}$
- Superfici senza giunti con PaRis 2.0:  
**sino a 150 m<sup>2</sup>**
- Spessore minimo di applicazione di PaRis 2.0: **2 cm sopra tubo**
- Conduttività termica Sottofondo CentroStorico:  $\lambda = 0,186 \text{ W/mK}$
- Resistenza meccanica a compressione Sottofondo CentroStorico: **7 N/mm<sup>2</sup>**
- Massa volumica Sottofondo CentroStorico: **650 kg/m<sup>3</sup>**

## I principi e i vantaggi del sistema.

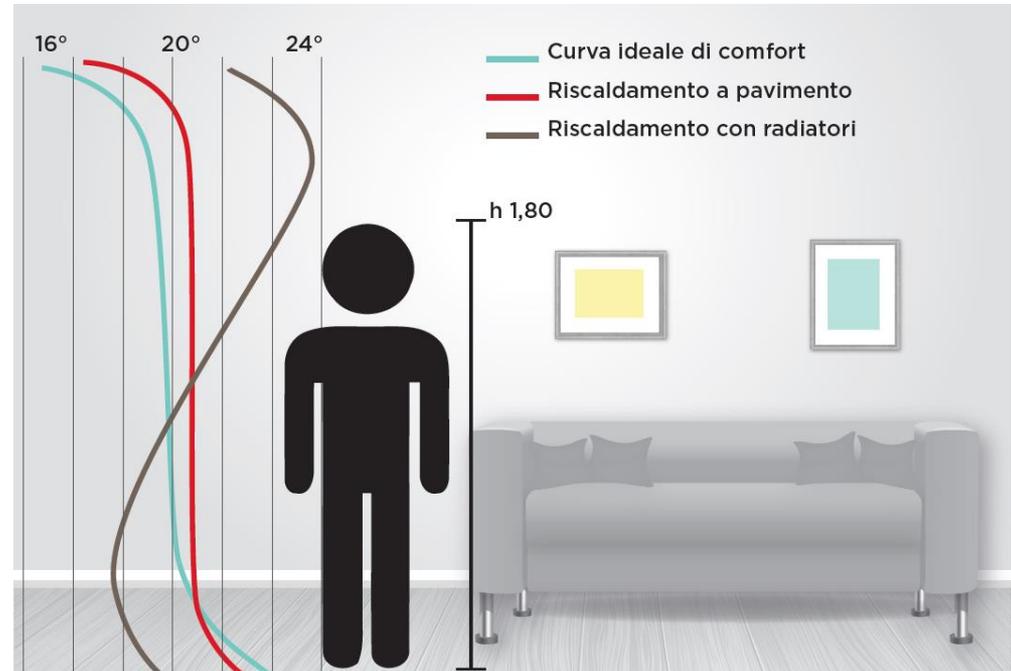
E' una tecnologia che sfrutta lo scambio termico per **irraggiamento**, ideale per assicurare una **distribuzione ottimale delle temperature** negli ambienti.

La distribuzione del calore avviene in modo omogeneo procurando un **benessere ad "altezza uomo"**, sfruttando l'intera superficie del pavimento che cede calore e la distribuzione della temperatura nell'ambiente che evita la stratificazione sul soffitto.



## Comfort.

La “**curva ideale di comfort termico**” determina la distribuzione migliore della temperatura negli ambienti, con le **zone più vicine al pavimento aventi temperature più calde** rispetto a quelle prossime al soffitto.



## Igiene.

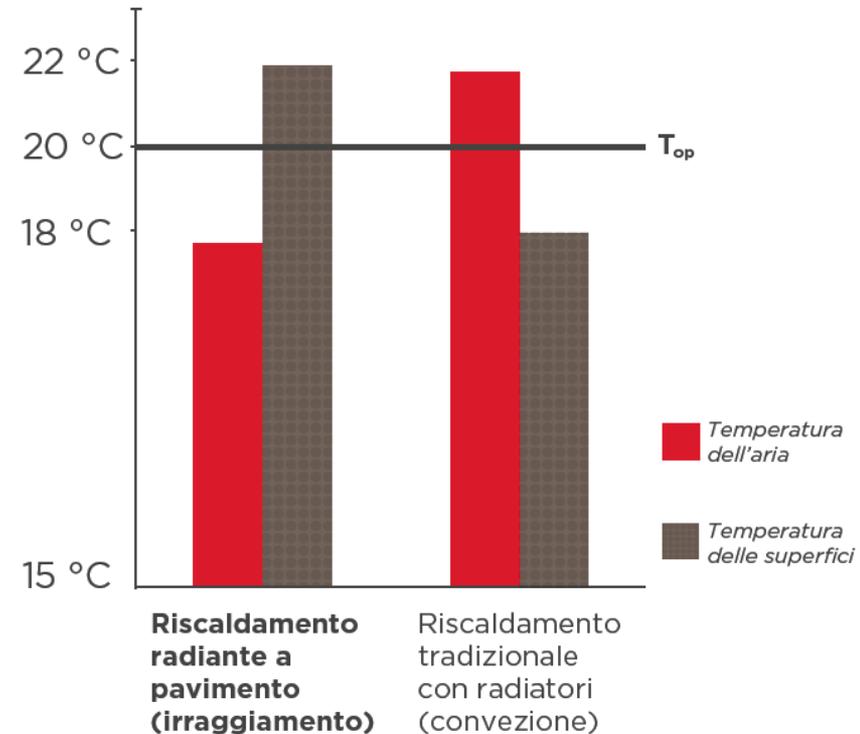
L'assenza dei radiatori **previene la formazione di nidi di polvere**; la bassa differenza di temperatura tra pavimento e ambiente non provoca moti convettivi, **riducendo il sollevamento della polvere e dei batteri** in essa contenuti.



## Risparmio energetico.

Per valutare l'efficienza energetica del sistema si definisce la “**Temperatura Operante Top**”, la temperatura che il nostro corpo percepisce nell'ambiente.

Nei sistemi radianti, a parità di comfort percepito “Top”, la **temperatura dell'aria è più bassa** rispetto agli impianti tradizionali a “convezione” grazie all'acqua calda circolante a ca. **35°C** anziché ca. 50-60°C.



## Libertà progettuale e di arredamento.

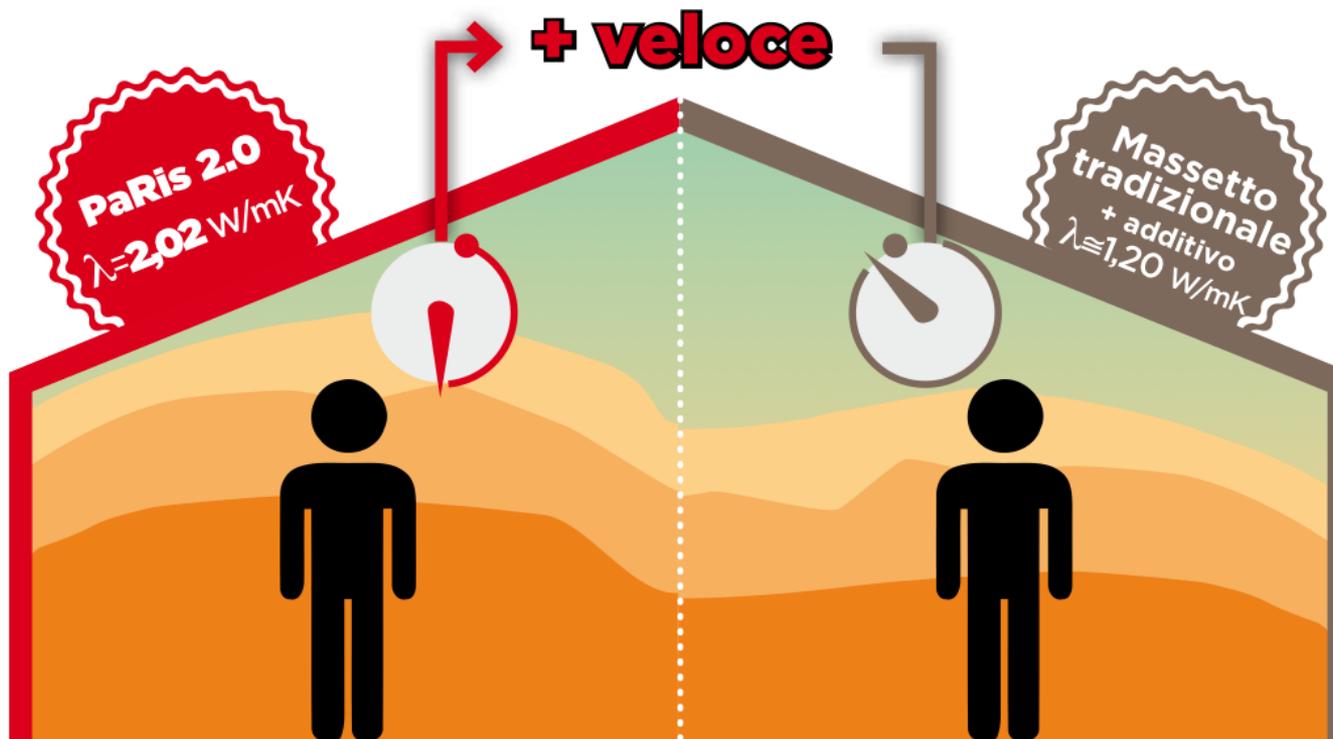
Poiché il calore viene emesso per irraggiamento dal pavimento, **non occorre pensare alla sistemazione di elementi visibili quali radiatori o ventilconvettori**; si sfruttano al meglio tutti gli spazi disponibili, si acquista una **maggiore libertà progettuale** e si evita di sottrarre volumetria e spazio nell'ambiente.

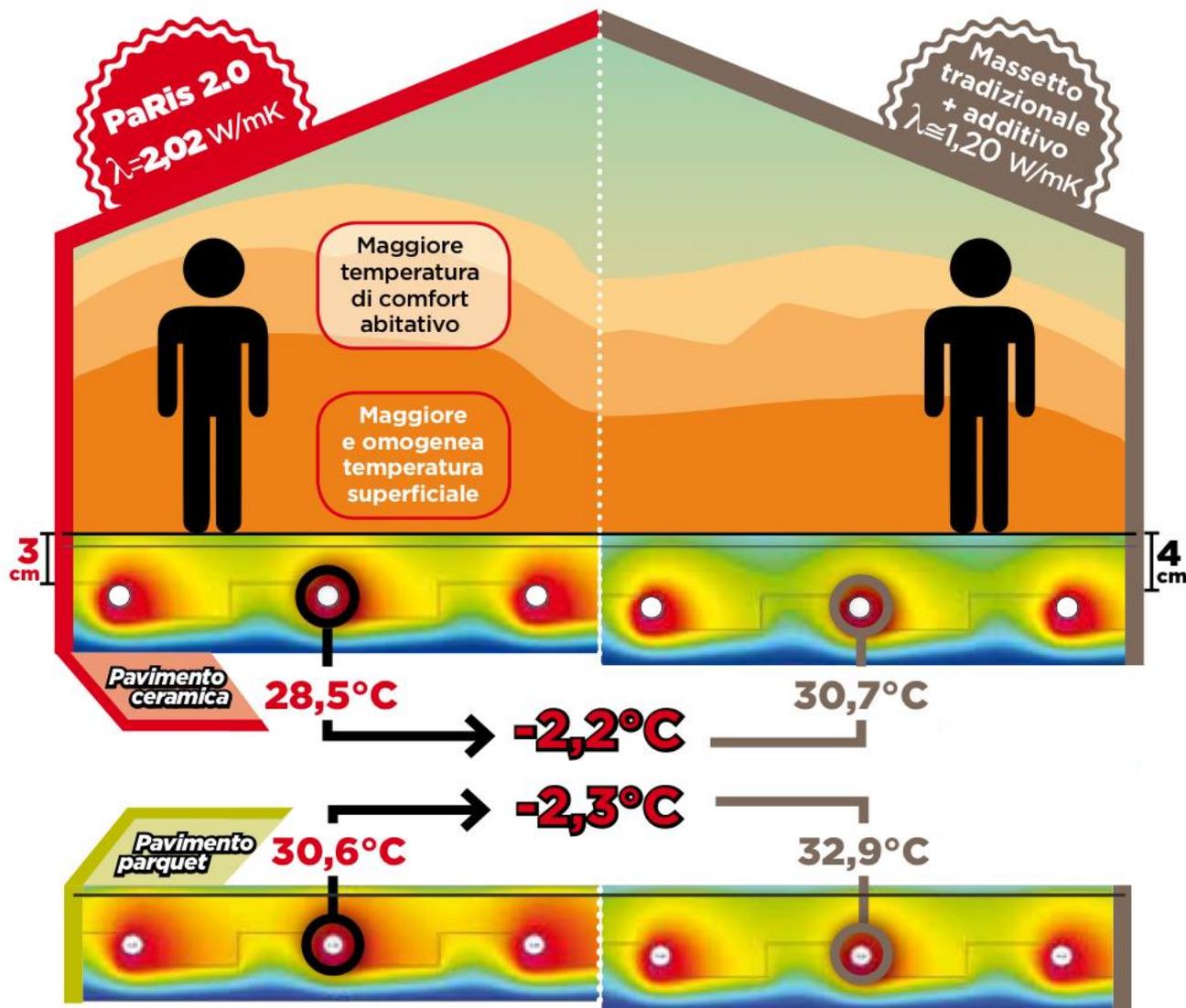


# E INERZIA E DIFFUSIVITÀ TERMICA

Messa a regime e  
raggiungimento temperatura di comfort

**+ veloce**



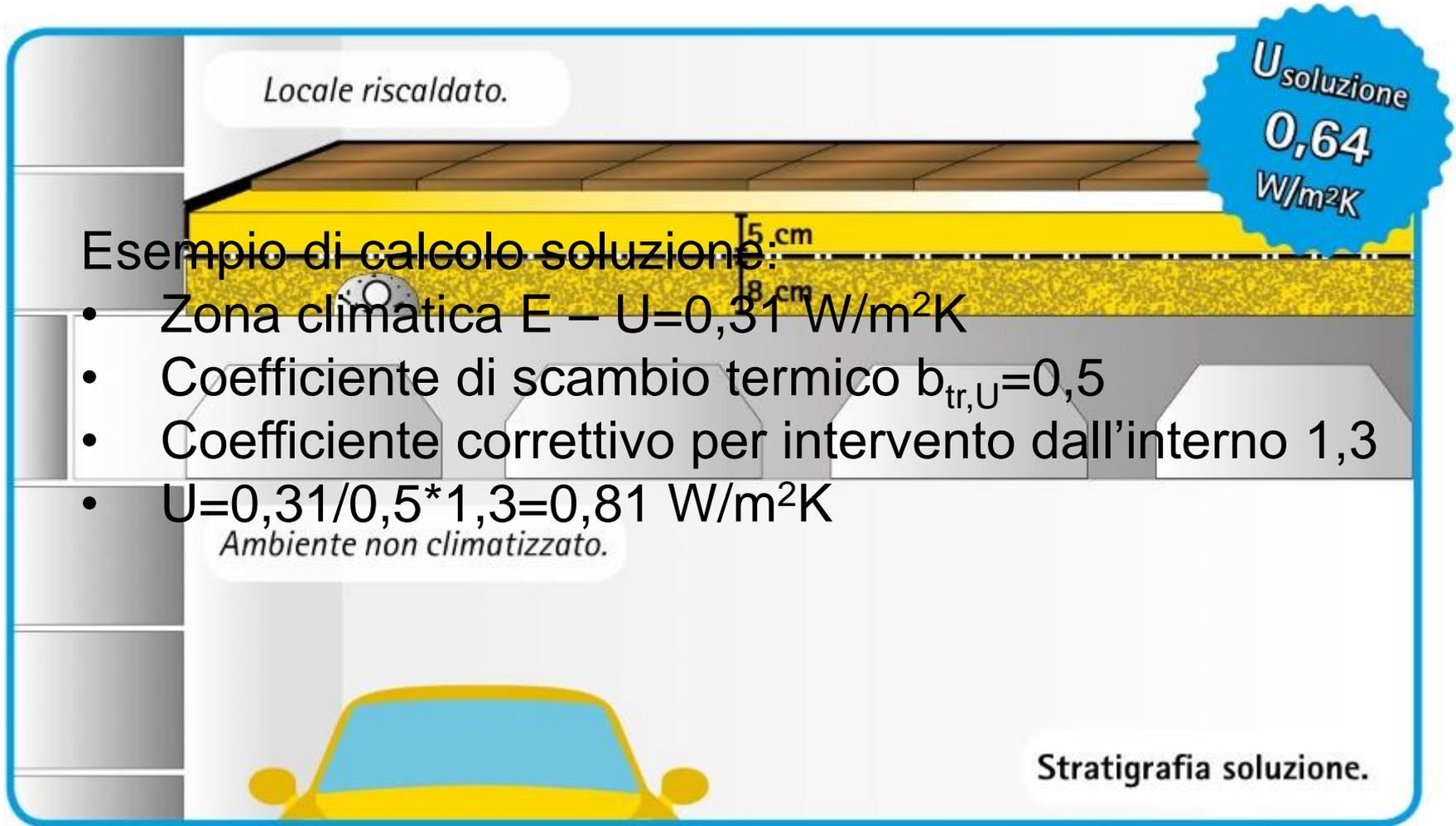


# **Divisori orizzontali Interpiano su ambienti non riscaldati**

## Edifici nuovi e para-energetici - Coefficienti correttivi scambio termico

<b>Ambiente non riscaldato</b>	<b><math>b_{tr,U}</math></b>
con una parete esterna	0,4
senza serramenti esterni e con almeno 2 pareti esterne	0,5
con serramenti esterni e con almeno 2 pareti esterne	0,6
con 3 pareti esterne	0,8
<b>Piano interrato o seminterrato</b>	<b><math>b_{tr,U}</math></b>
senza finestre o serramenti esterni	0,5
con finestre o serramenti esterni	0,8
<b>Sottotetto</b>	<b><math>b_{tr,U}</math></b>
tasso di ventilazione del sottotetto elevato (senza assito)	1
altro tetto non isolato	0,9
tetto isolato	0,7
<b>F</b>	<b>0,30</b>
	<b>0,28</b>

## Isolamento termico dall'interno



Locale riscaldato.

$U_{\text{soluzione}}$   
**0,64**  
 $W/m^2K$

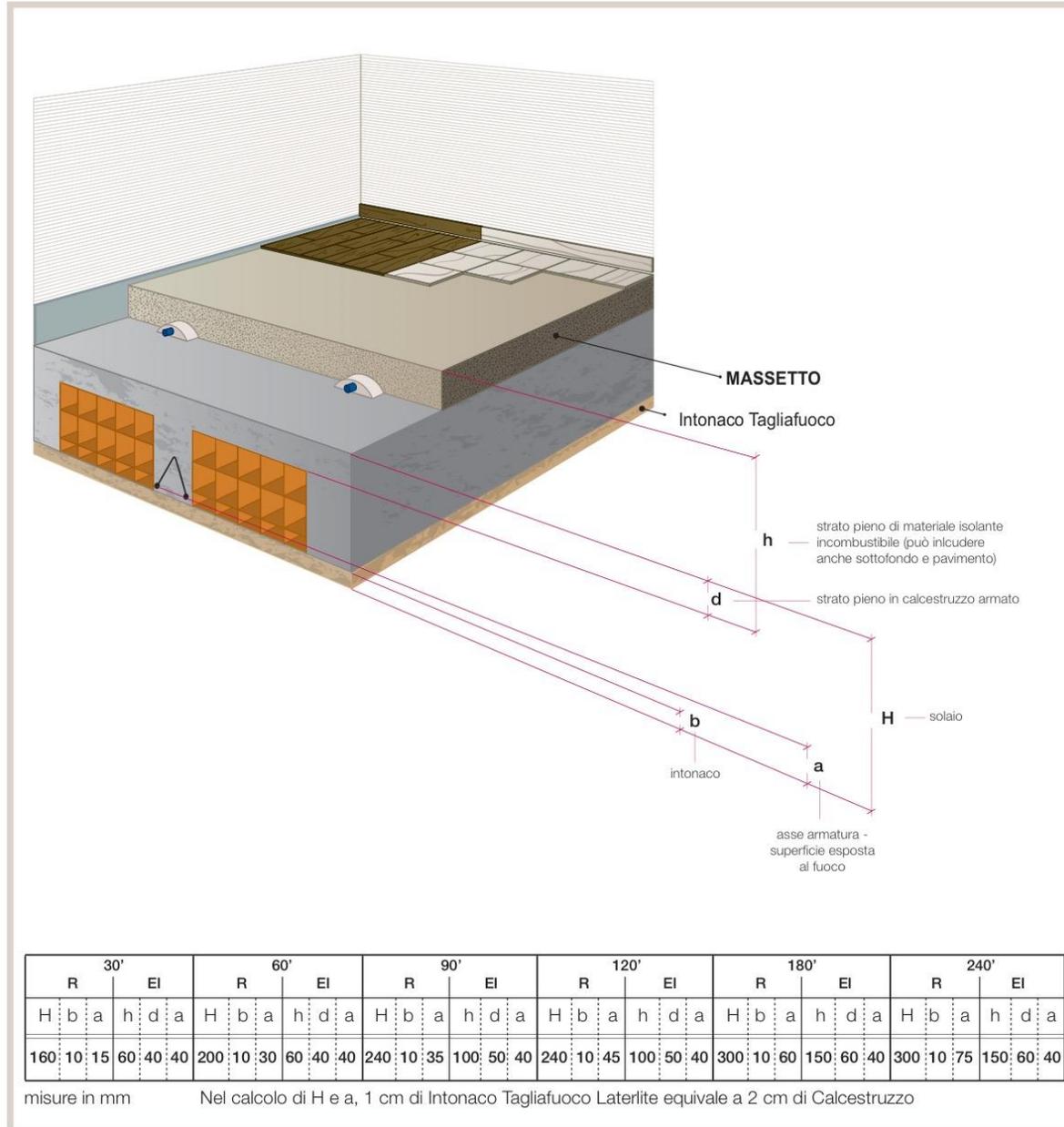
Esempio di calcolo soluzione:

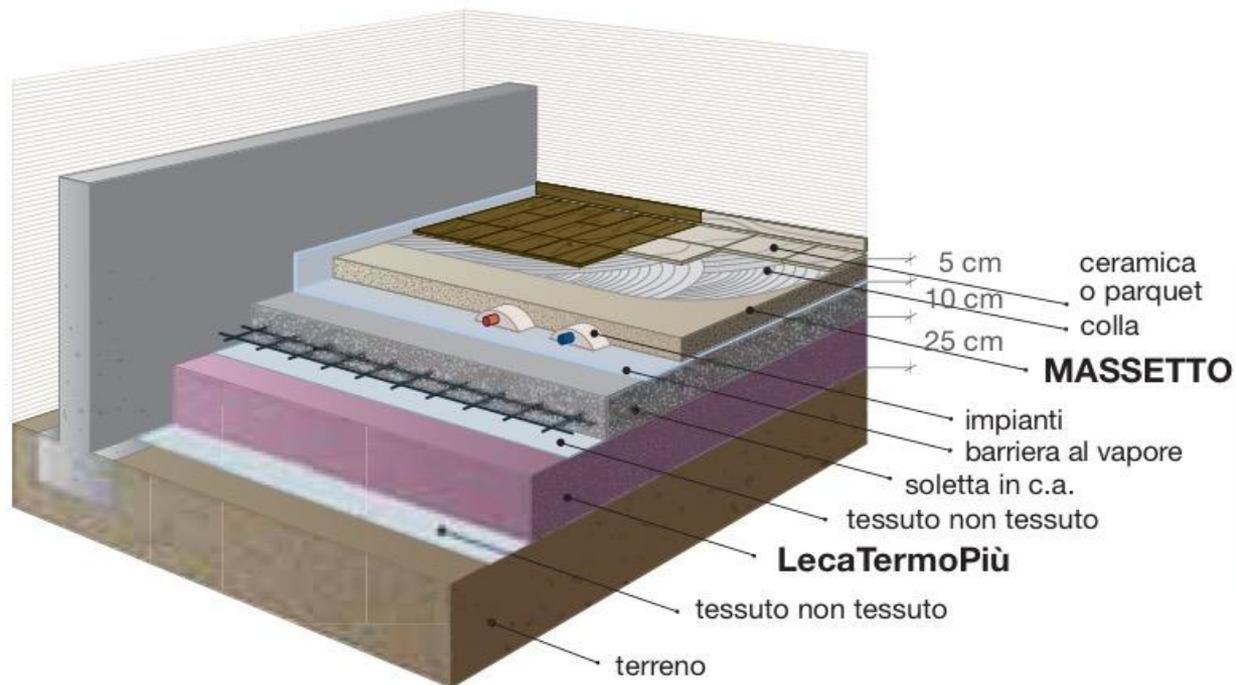
- Zona climatica E –  $U=0,31 W/m^2K$
- Coefficiente di scambio termico  $b_{tr,U}=0,5$
- Coefficiente correttivo per intervento dall'interno 1,3
- $U=0,31/0,5*1,3=0,81 W/m^2K$

Ambiente non climatizzato.

Stratigrafia soluzione.

# Protezione al fuoco





## Caratteristiche tecniche

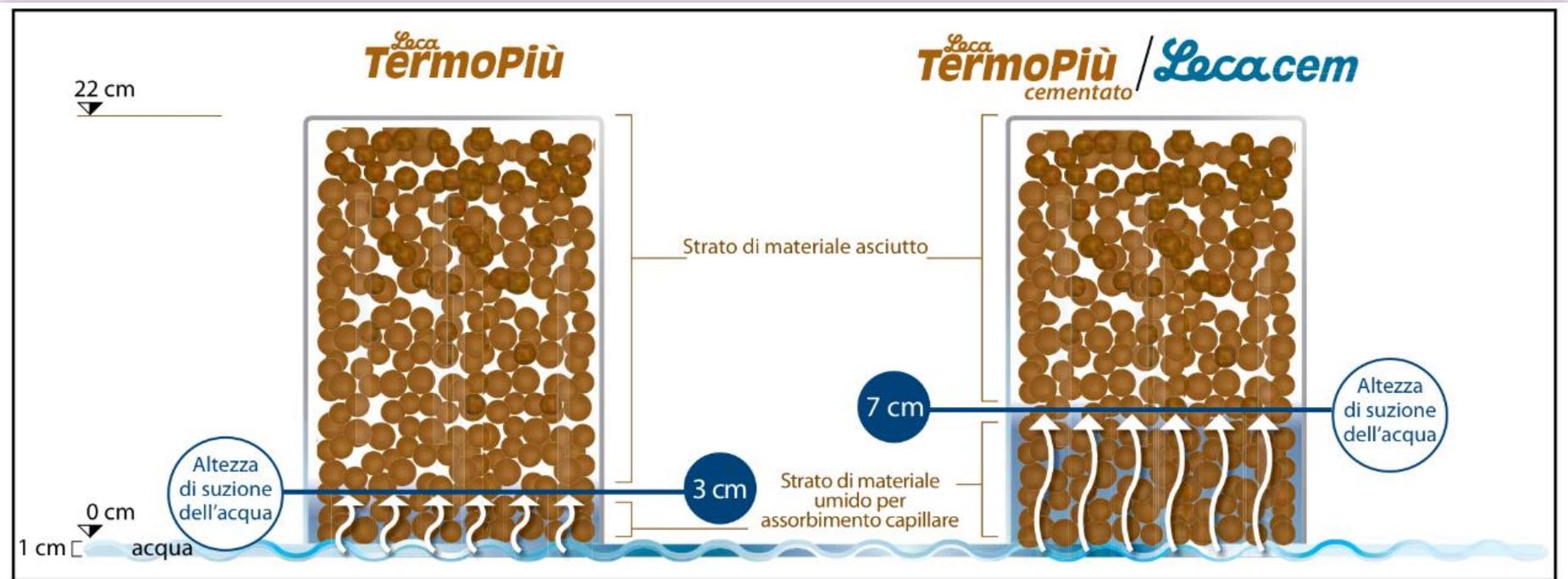
- Spessore della soluzione:  
**40 cm** (LecaTermoPiù 25 cm, Massetto 5 cm, soletta in c.a. 10 cm)
- Trasmittanza termica:  
 **$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$**  (Superficie edificio 150 m<sup>2</sup>)

## I PRINCIPI DI UN SOTTOFONDO CONTRO TERRA

Gli obiettivi prioritari da raggiungere sono:

- preservare l'edificio da possibili risalite di umidità per capillarità;
- assicurare un idoneo isolamento termico;
- assicurare un'adeguata resistenza meccanica e stabilità dimensionale;

# RISALITA DI UMIDITÀ PER CAPILLARITÀ: Prove di laboratorio



## ISOLAMENTO TERMICO DI PAVIMENTI CONTRO TERRA

Zona Climatica	Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015*	2019/2021**
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

GRAZIE ALLA CONDUCEBILITÀ TERMICA DELL'ARGILLA LECA TERMOPIÙ ( $\lambda=0,09$  W/mK) ED ALLA SUA FACILITÀ DI APPLICAZIONE, È POSSIBILE REALIZZARE UN **EFFICACE E CONTINUO ISOLAMENTO TERMICO** ANCHE IN SPESSORI CONTENUTI

# Confronto Igloo - Leca

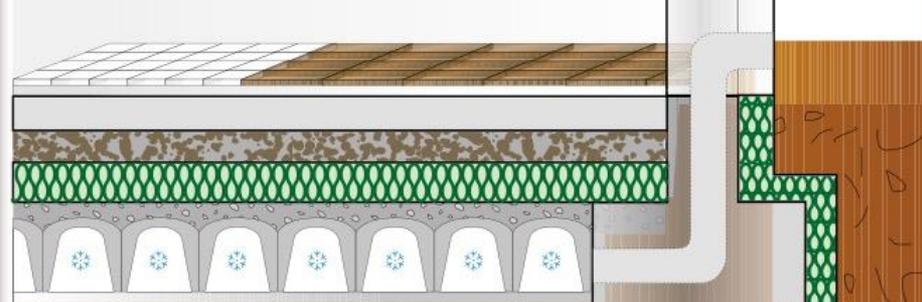
## VESPAIO ISOLATO LECA TERMOPIÙ

$U_{corretta}=0,199 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Spessore soluzione=27 cm  
Numero strati=2

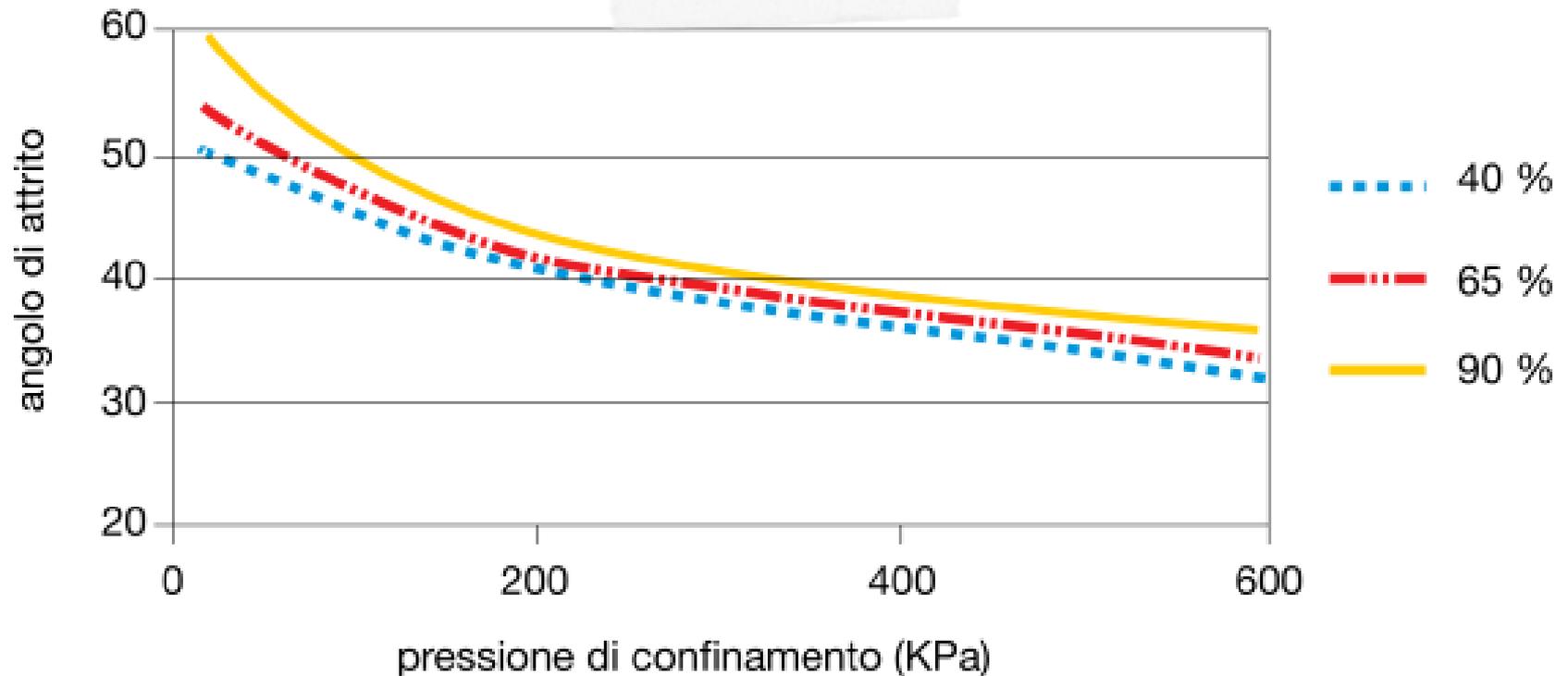


## CASSERI TIPO IGLOO

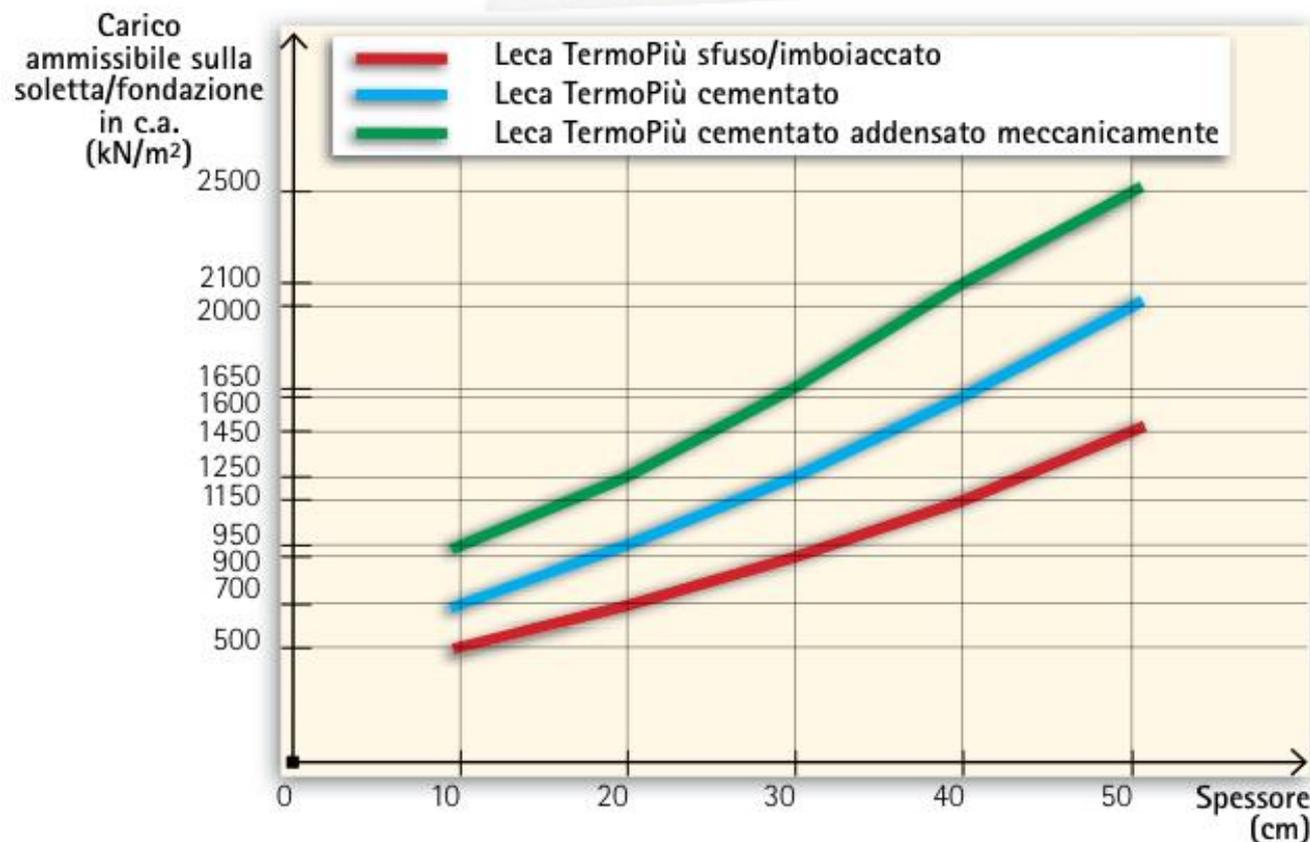
$U_{corretta}=0,294 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Spessore soluzione=50 cm  
Numero strati=4



# RESISTENZA DEL VESPAIO IN ARGILLA ESPANSA ANTIRISALITA DI UMIDITA'

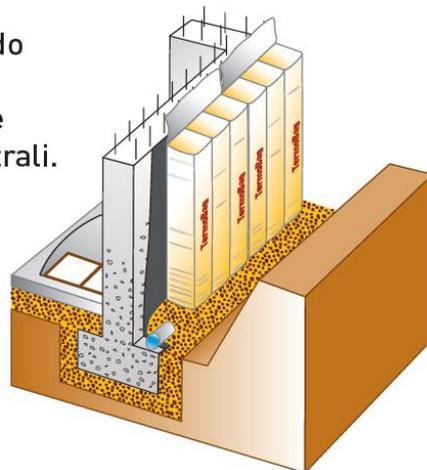


# RESISTENZA DEL VESPAIO IN ARGILLA ESPANSA ANTIRISALITA DI UMIDITA'

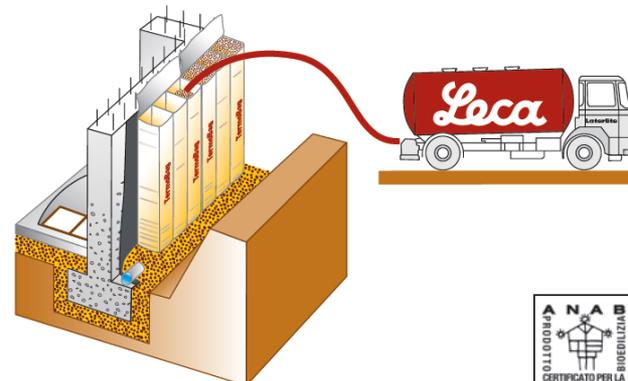


## MODALITÀ DI MESSA IN OPERA

1. Fissare in modo provvisorio TermoBag alle pareti perimetrali.



2. Riempire TermoBag con Leca TermoPiù (pompaggio pneumatico con produttività di ca. 40 m<sup>3</sup>/h e sino a distanza di ca. 80 m).



# Grazie

*Ing. Francesco Miceli*

*+39/335329745*

*[f.miceli@leca.it](mailto:f.miceli@leca.it)*



Assistenza Tecnica

[infoleca@leca.it](mailto:infoleca@leca.it) – [www.leca.it](http://www.leca.it)

Tel 02 48011962