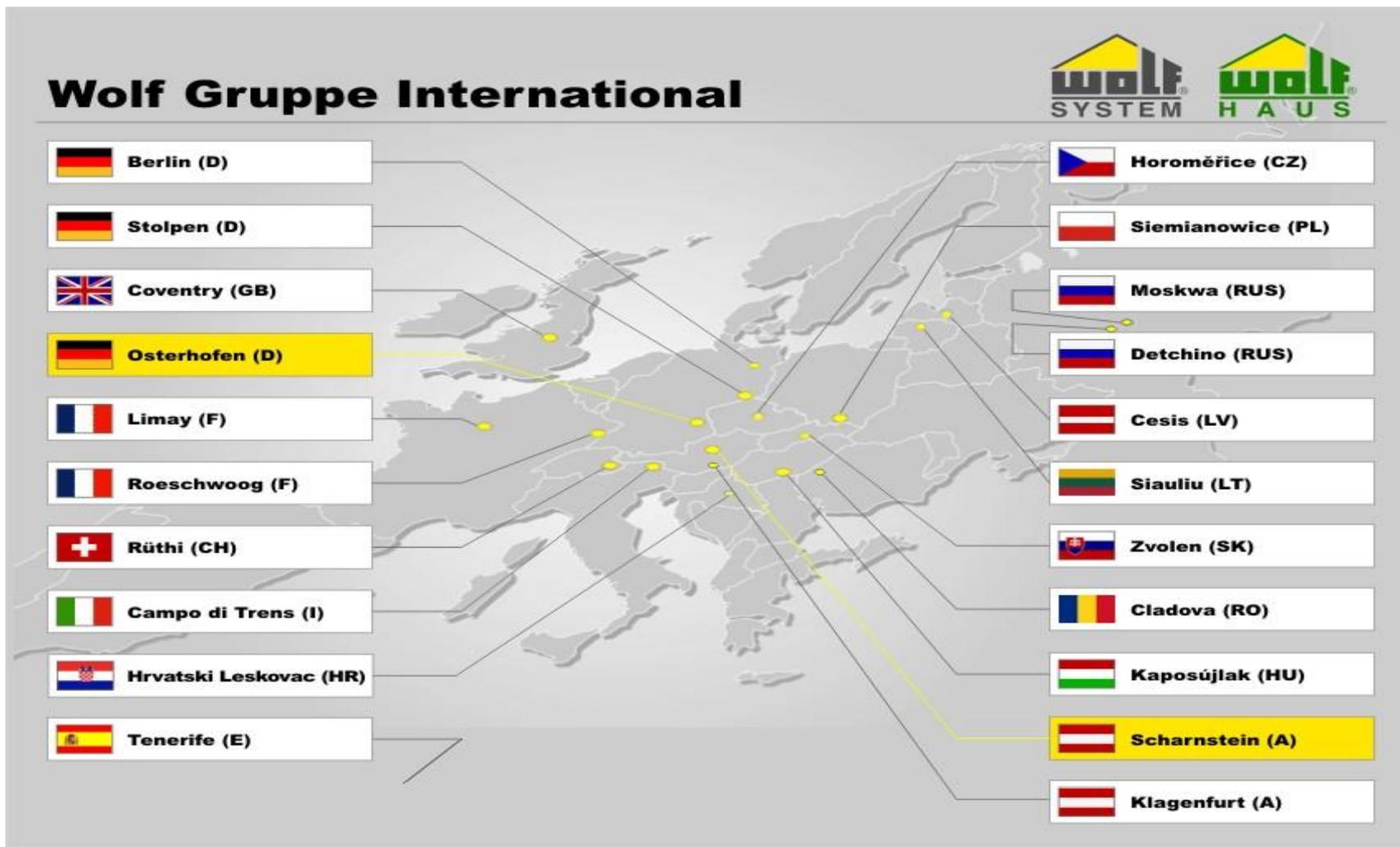


# **SOLUZIONI ANTISISMICHE NELLE COSTRUZIONI IN LEGNO E MISTE**



# Il gruppo Wolf in Europa



# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO



# CAPANNONI INDUSTRIALI



# CASE PREFABBRICATE



# WOLF SYSTEM – WOLF HAUS 2014

Più di 45 anni di esperienza

30 sedi in tutto il mondo

3.000 dipendenti

1.000 case prefabbricate/anno

6.000 contenitori in in c.a./anno

3.000 capannoni/anno



# WOLF ITALIA

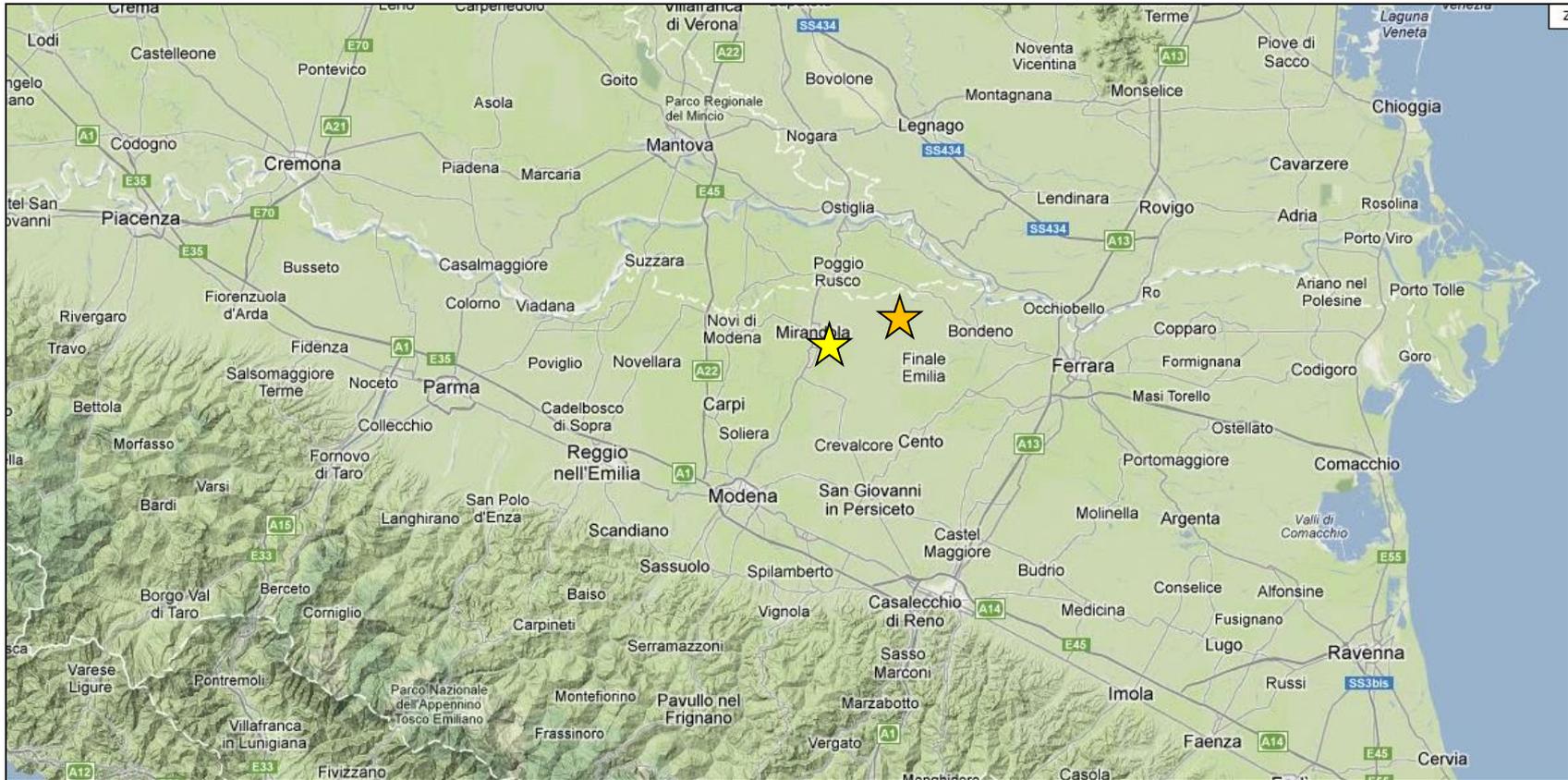


Campo di Trens  
25 anni d'esperienza  
250 dipendenti



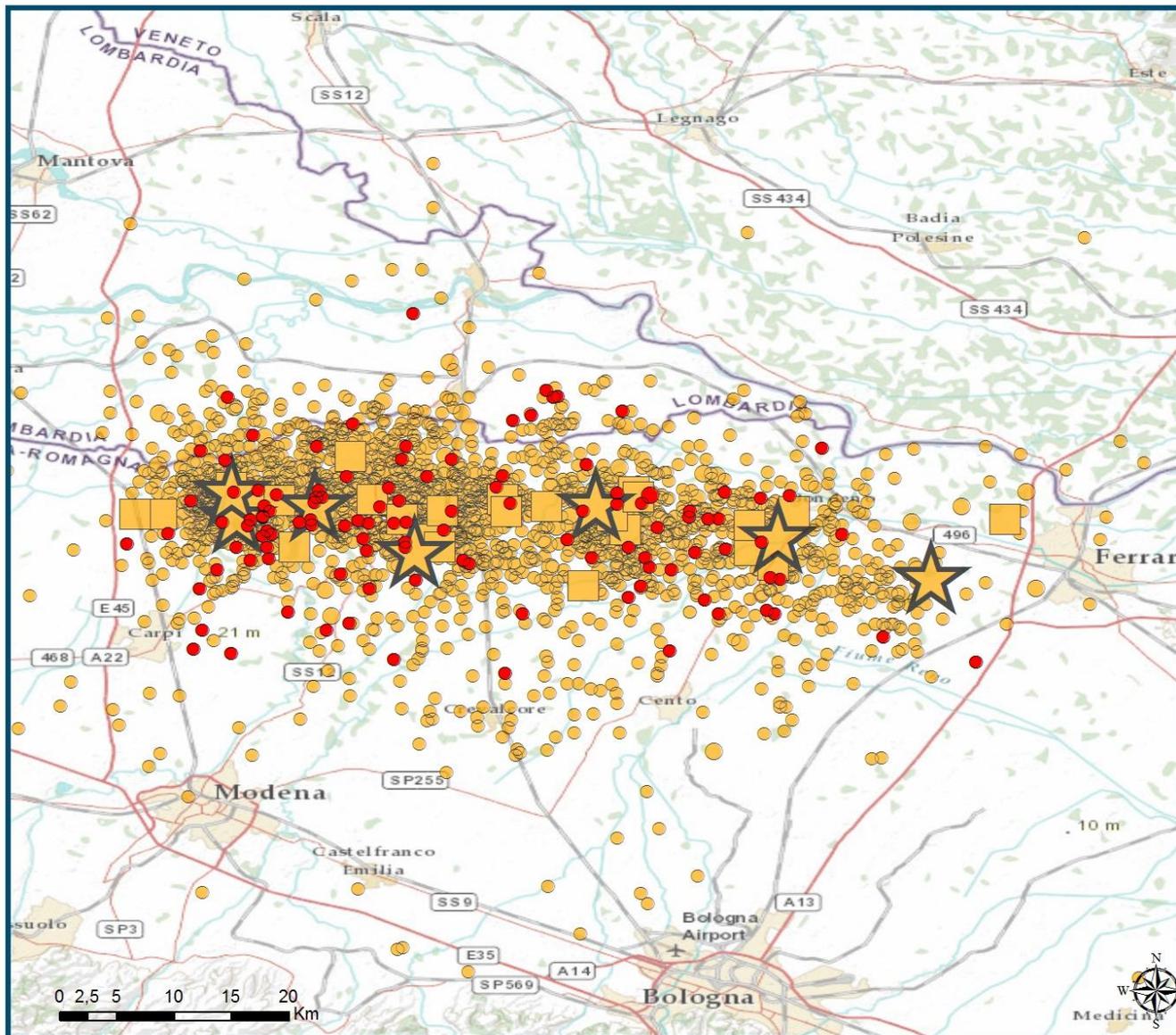
# Perché soluzioni antisismiche nelle costruzioni in legno e miste?





## Epicentri sisma Emilia-Romagna

- ★ Bondeno – Mirandola 20-05-2012 M = 5.9
- ★ Medolla 29-05-2012 M = 5.8



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

### SEQUENZA SISMICA aggiornata al 27 giugno ore 14.00

#### EVENTI ULTIMI 7 giorni magnitudo ML

- Minore di 3.0
- Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
- Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
- ★ Maggiore uguale di 5.0

#### EVENTI dal 19 maggio

- magnitudo ML
- Minore di 3.0
  - Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
  - Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
  - ★ Maggiore uguale di 5.0



## Principali cause di collasso della struttura

1. Cattiva esecuzione
2. Scarsa duttilità
3. Peso elevato



# NTC 2008

Azione sismica  tipologia di struttura

$$q = q_0 \cdot K_R$$

Duttilità



dissipazione  
di energia

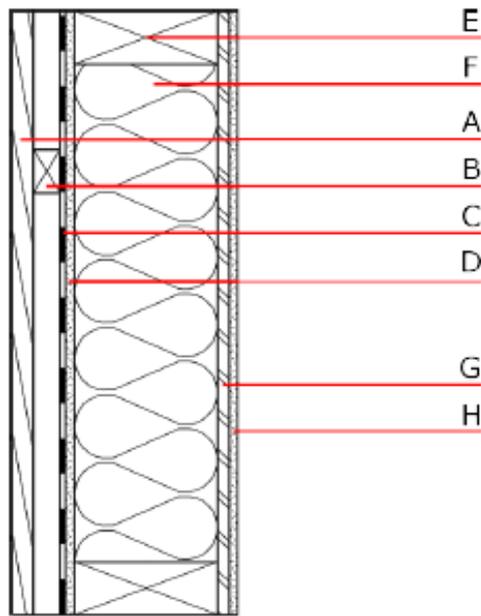
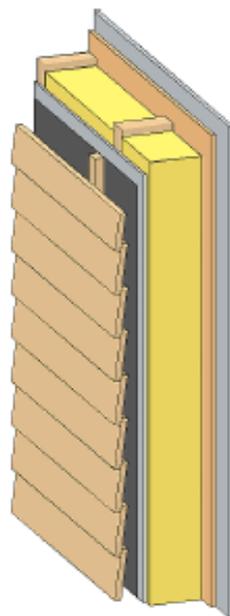


# NTC 2008

**Tabella 7.7.I - Tipologie strutturali e fattori di struttura massimi  $q_0$  per le classi di duttilità**

| Classe |  | $q_0$ | Esempi di strutture   |
|--------|--|-------|---|
| A      | Strutture aventi una alta capacità di dissipazione energetica  | 3,0   | Pannelli di parete chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con giunti chiodati  |
|        |  | 4,0   | Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)   |
|        |  | 5,0   | Pannelli di parete chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi e bulloni   |
| B      | Strutture aventi una bassa capacità di dissipazione energetica | 2,0   | Pannelli di parete incollati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con collegamenti a mezzo di bulloni o spinotti; strutture cosiddette miste, ovvero con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti<br>Portali isostatici con giunti con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3) |
|        |  | 2,5   | Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)   |
|        |  |       |   |

Parete esterna - costruzione itelaiata di telaio, retroventilato, senza vano tecnico, rivestita



Valutazione fisico-costruttiva ed ecologica

|                      |     |    |
|----------------------|-----|----|
| Protezione dal fuoco | REI | 60 |
|----------------------|-----|----|

la altezza massima della stanza = 3 m; carico massimo  $E_{4,6} = 32,0 \text{ kN/m}$

Classificazione per MA39

|                    |                               |        |
|--------------------|-------------------------------|--------|
| Protezione termica | $U[W/(m^2K)]$                 | 0,26   |
|                    | Comportamento alla diffusione | idoneo |
|                    | $m_{w,RA}[kg/m^2]$            | 27,6   |

Calcolo effettuato da HFA

|                       |                 |             |
|-----------------------|-----------------|-------------|
| Protezione dal rumore | $R_w(C;C_{tr})$ | 47 (-2; -8) |
|                       | $L_{n,w}(C)$    | -           |

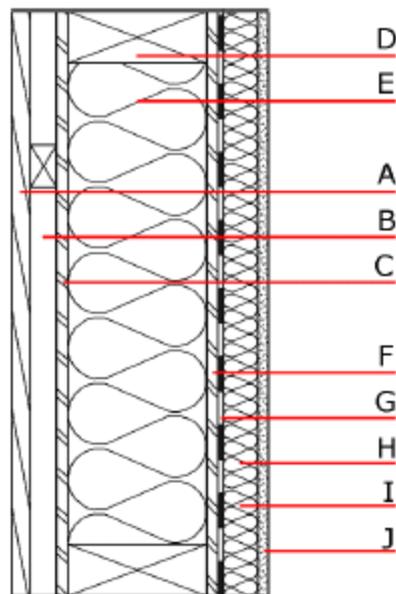
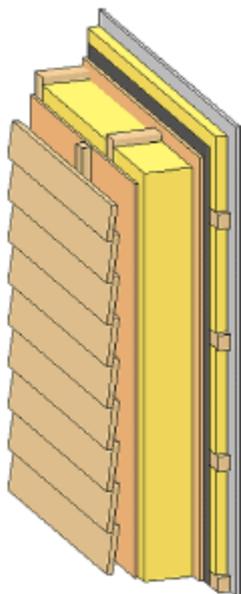
Se la listellatura del vano di ventilazione è realizzata verticalmente e avvitata direttamente alla struttura lignea si ha  $R_w(C;Ctr)=43(-1;-7) \text{ dB}$

Valutazione effettuta da MA39

|           |             |      |
|-----------|-------------|------|
| Ecologia* | $OI3_{Kan}$ | -7,9 |
|-----------|-------------|------|

Calcolo effettuato da IBO

Parete esterna - costruzione itelaiata di telaio, retroventilato, con vano tecnico, rivestita



Valutazione fisico-costruttiva ed ecologica

|                      |     |    |
|----------------------|-----|----|
| Protezione dal fuoco | REI | 60 |
|----------------------|-----|----|

la altezza massima della stanza = 3 m; carico massimo  $E_{d,fi} = 19,2 \text{ kN/m}$   
 Classificazione per MA39

|                    |                               |        |
|--------------------|-------------------------------|--------|
| Protezione termica | $U [W/(m^2K)]$                | 0,21   |
|                    | Comportamento alla diffusione | idoneo |
|                    | $m_{w,B,A} [kg/m^2]$          | 19,7   |

Calcolo effettuato da HFA

|                       |                   |              |
|-----------------------|-------------------|--------------|
| Protezione dal rumore | $R_w (C; C_{tr})$ | 50 (-3; -10) |
|                       | $L_{n,w} (C_i)$   | -            |

Se la listellatura del vano di ventilazione è avvitata direttamente alla struttura lignea, la listellatura del vano tecnico è eseguita verticalmente e a sua volta è avvitata alla struttura lignea (legno della costruzione) si ha  $R_w(C; C_{tr})=43(-1;-5)$

Valutazione effettuata da MA39

|           |             |     |
|-----------|-------------|-----|
| Ecologia* | $OI3_{Kon}$ | 8,4 |
|-----------|-------------|-----|

Calcolo effettuato da IBO

## Scelta strutturale:

### Pareti portanti

#### Telaio in legno

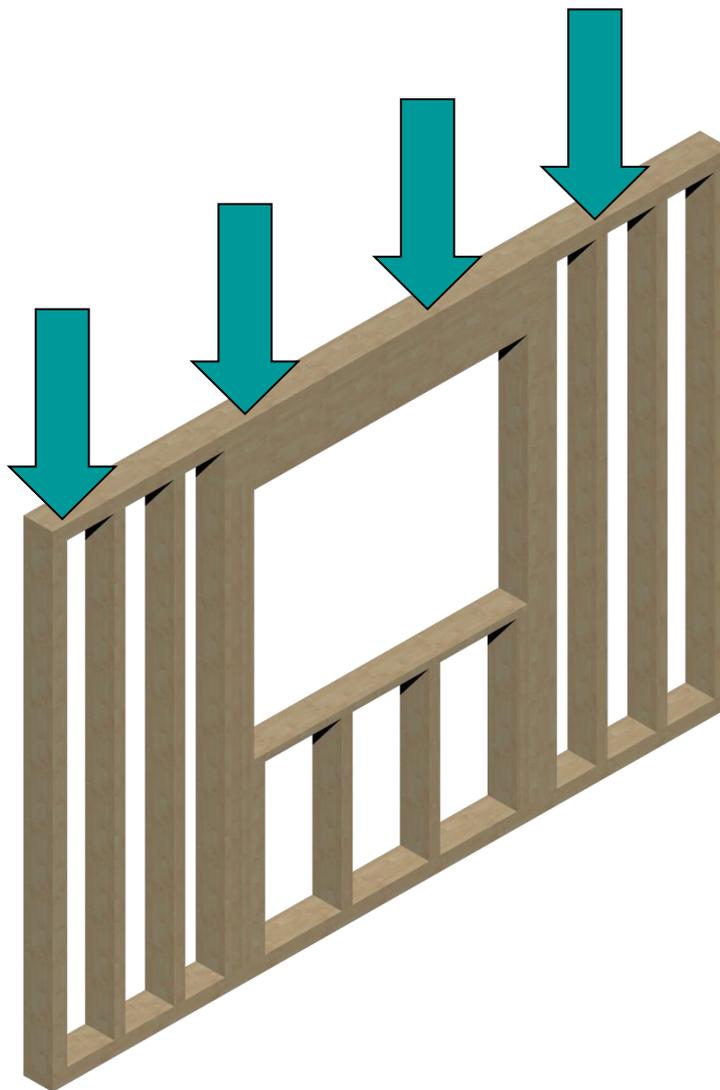
- Corrente superiore (C24)
- Corrente inferiore (C24)
- Montanti (C24)

#### Pannelli di chiusura

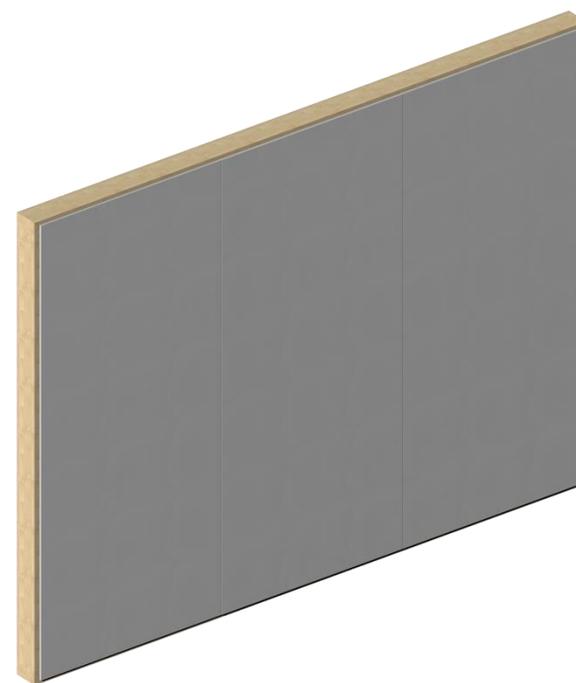
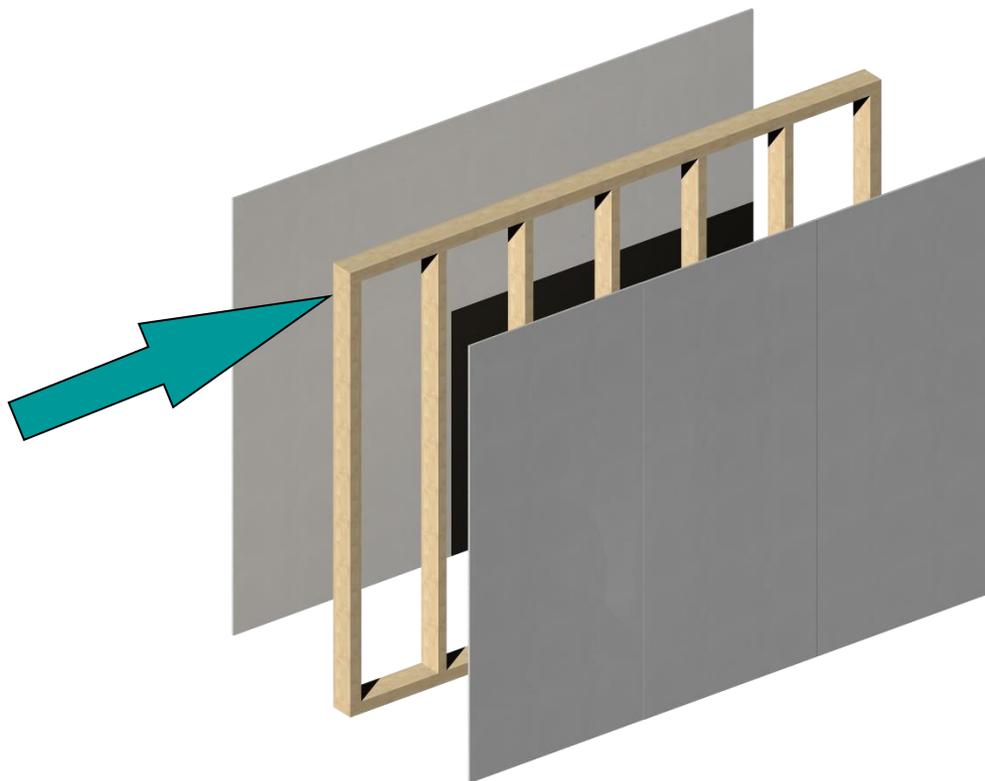
- Pannello in Masonite



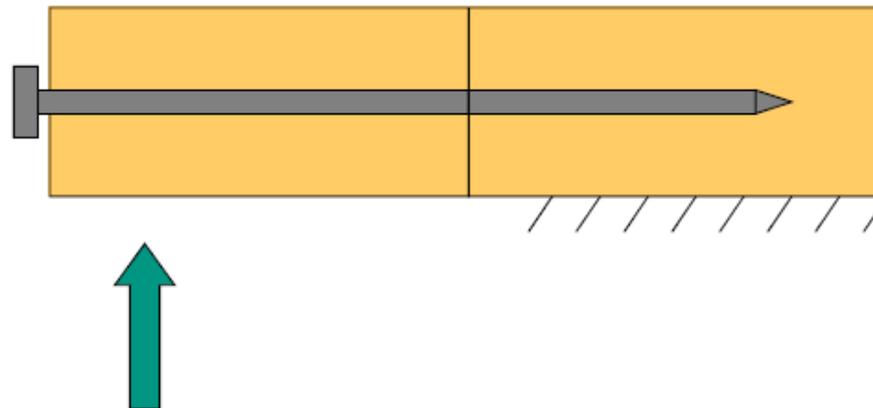
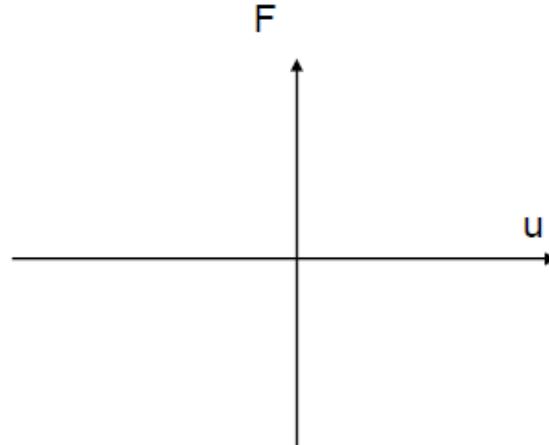
# Carichi verticali



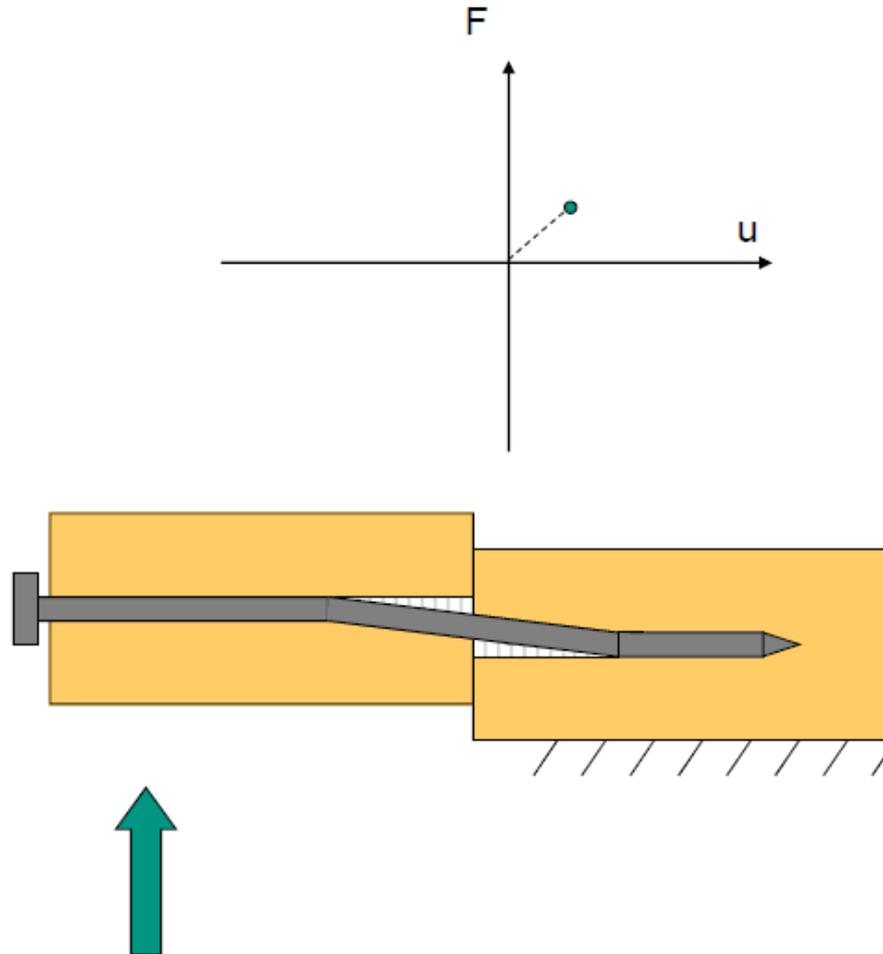
## Carichi orizzontali



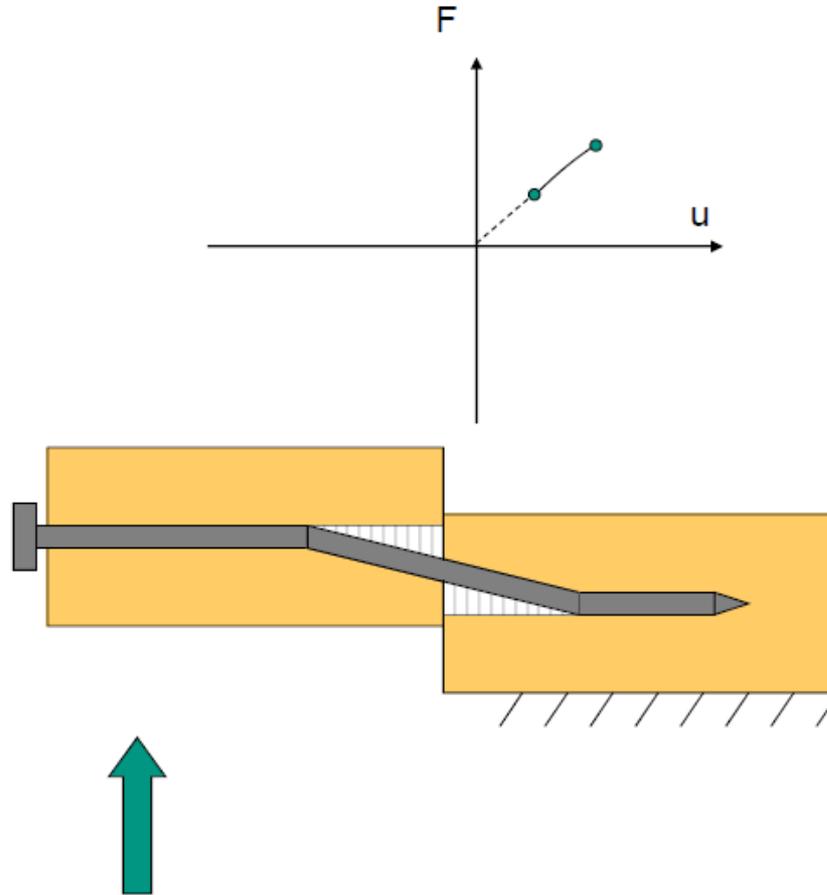
# Dissipazione di energia



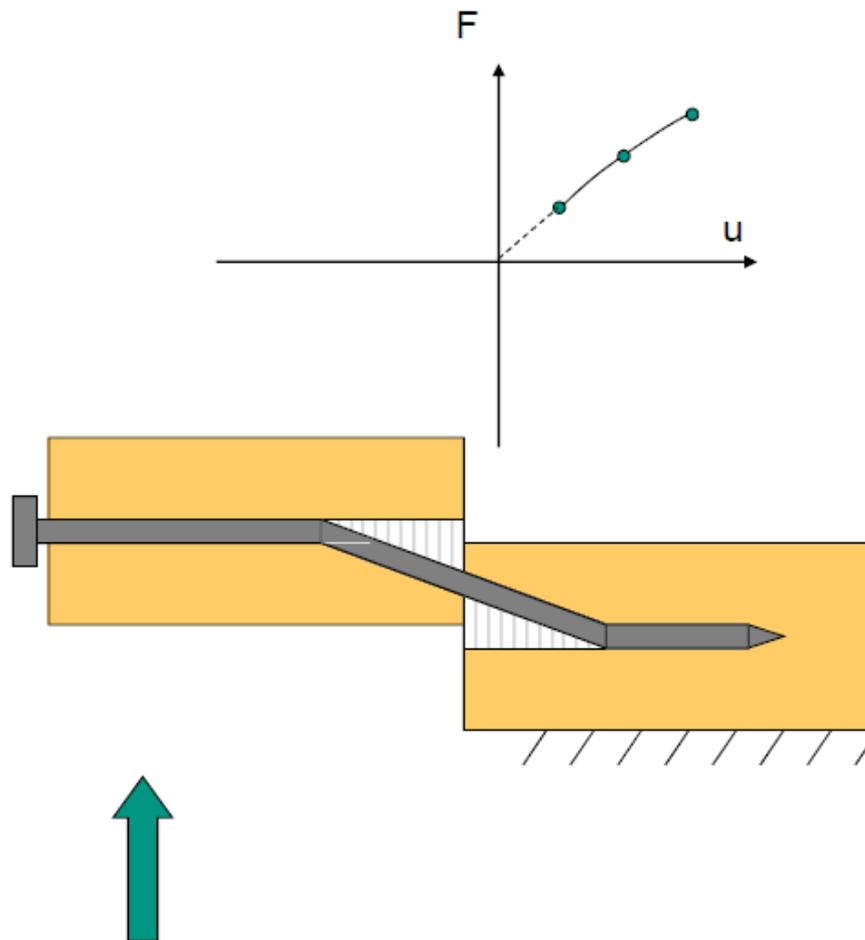
# Dissipazione di energia



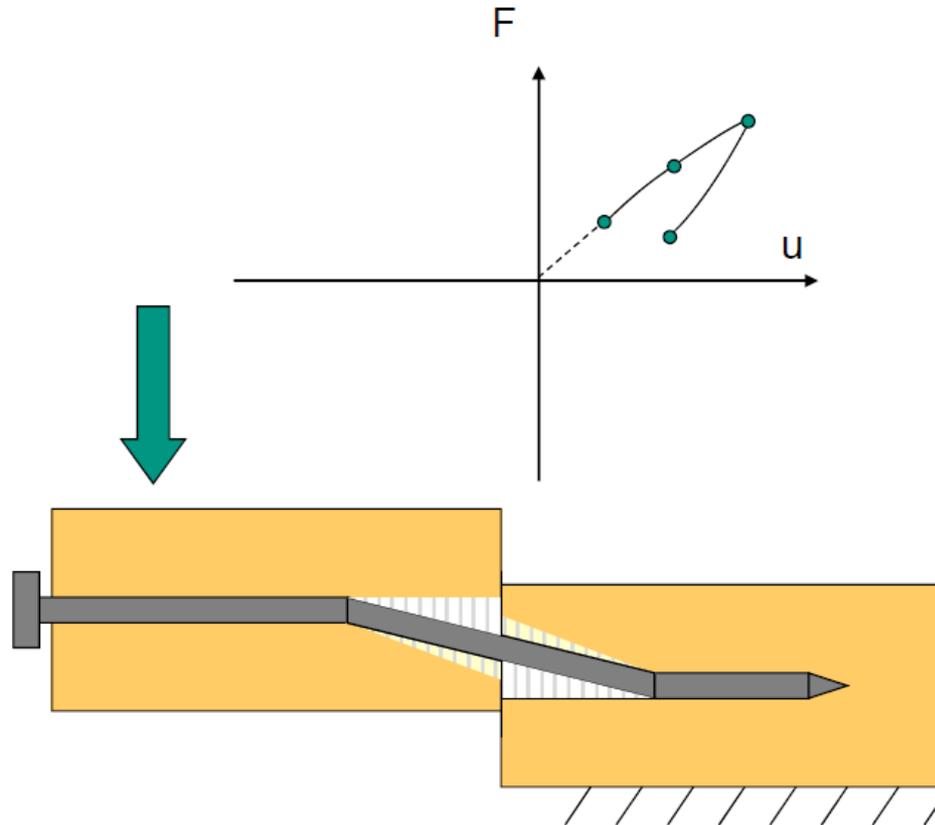
# Dissipazione di energia



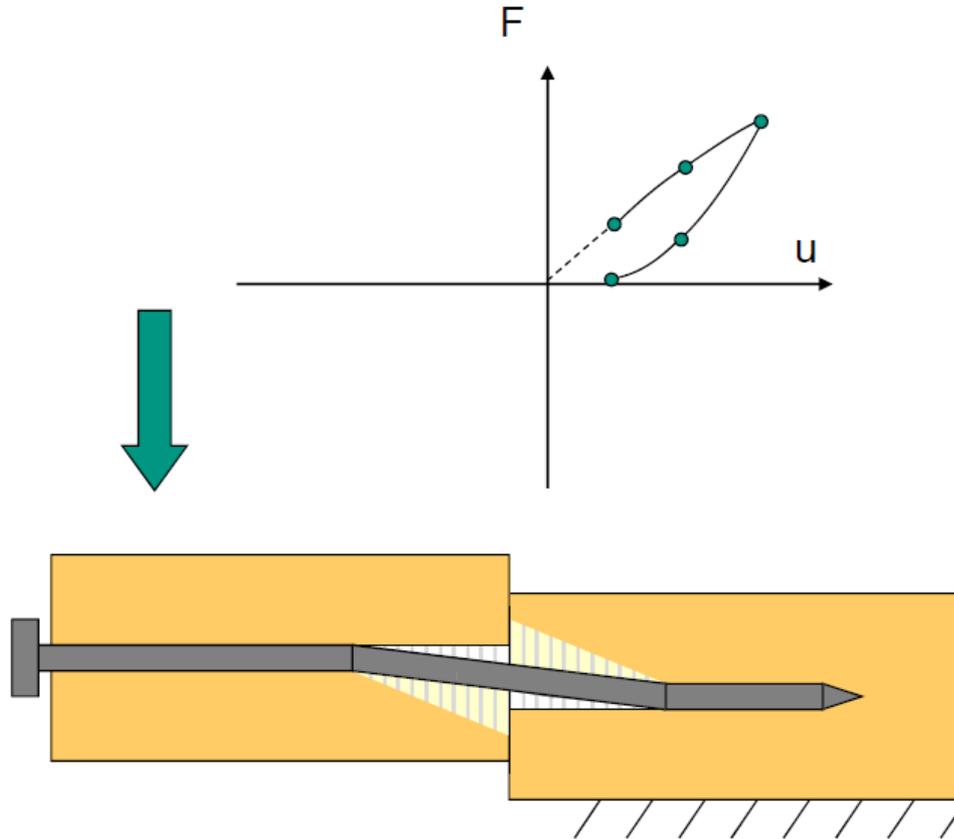
# Dissipazione di energia



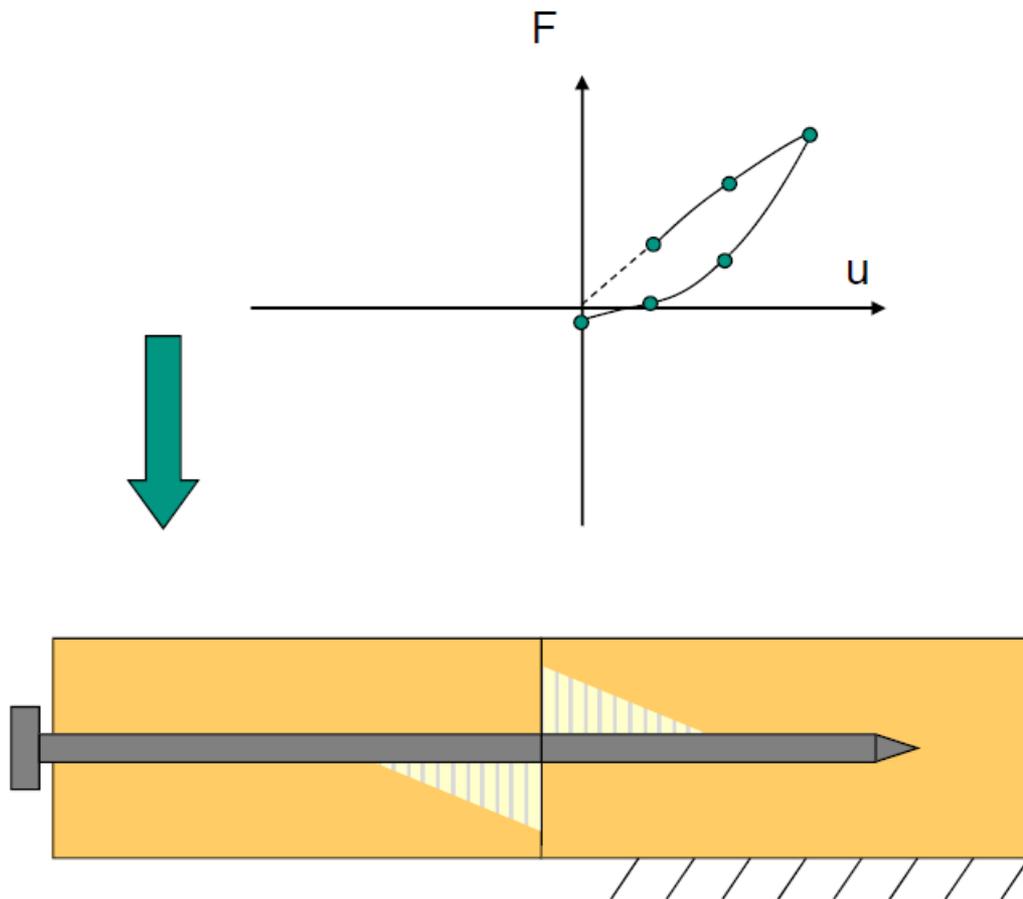
# Dissipazione di energia



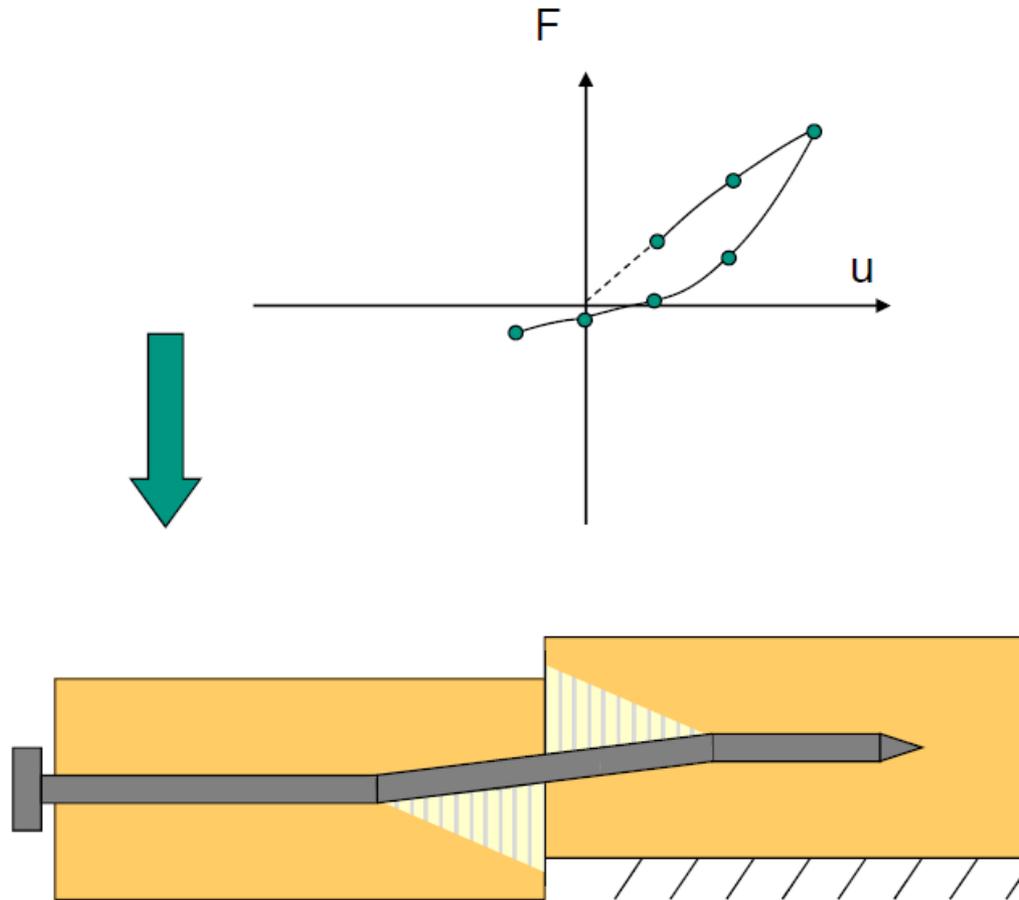
# Dissipazione di energia



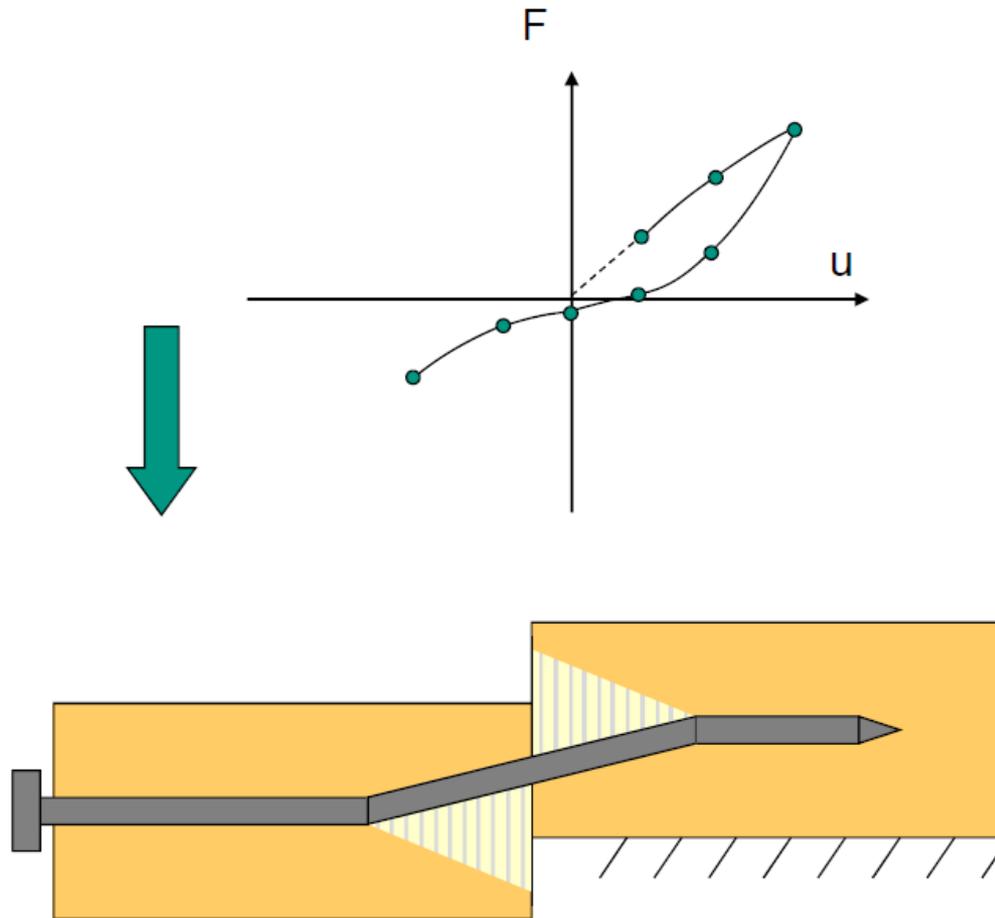
# Dissipazione di energia



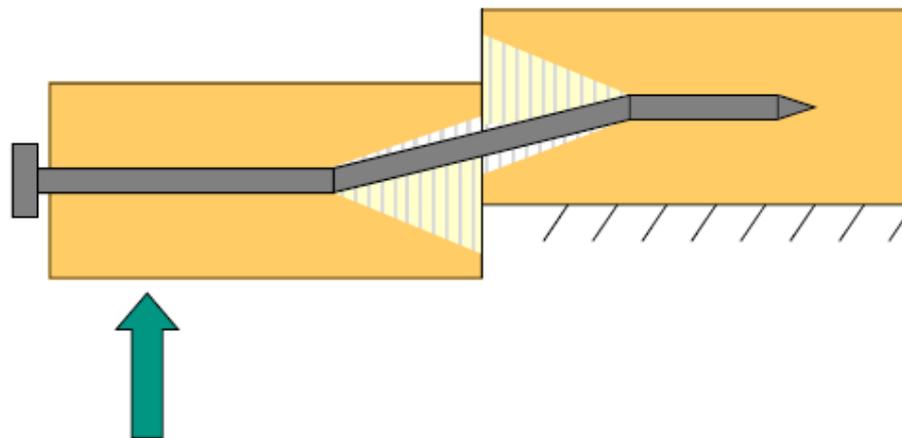
# Dissipazione di energia



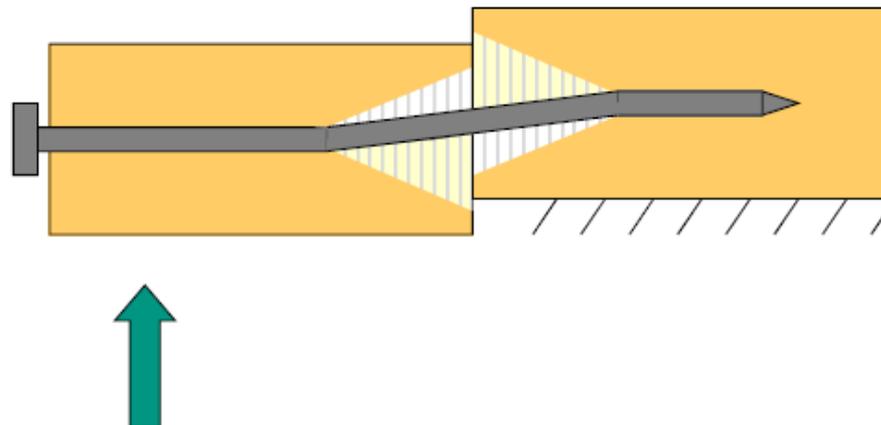
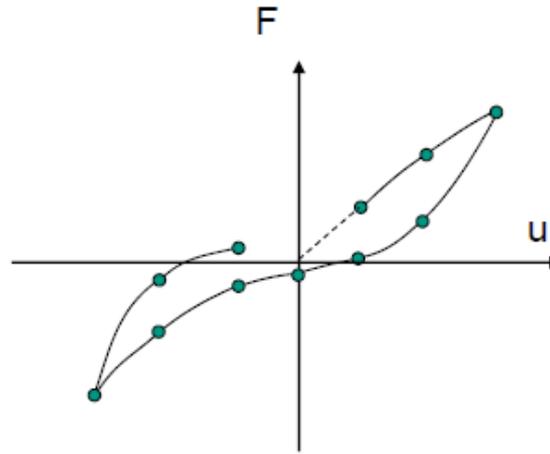
# Dissipazione di energia



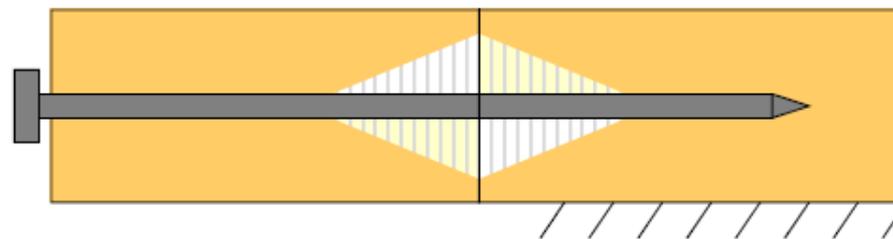
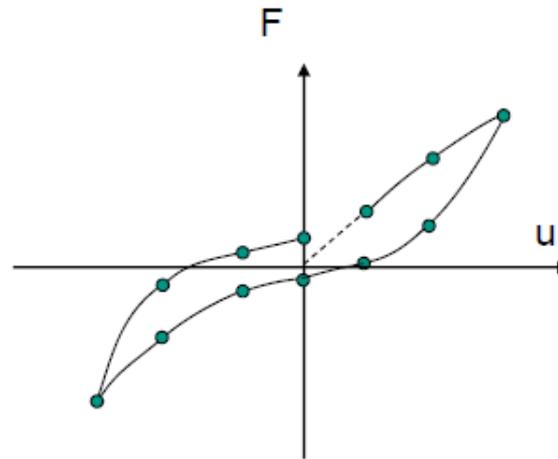
# Dissipazione di energia



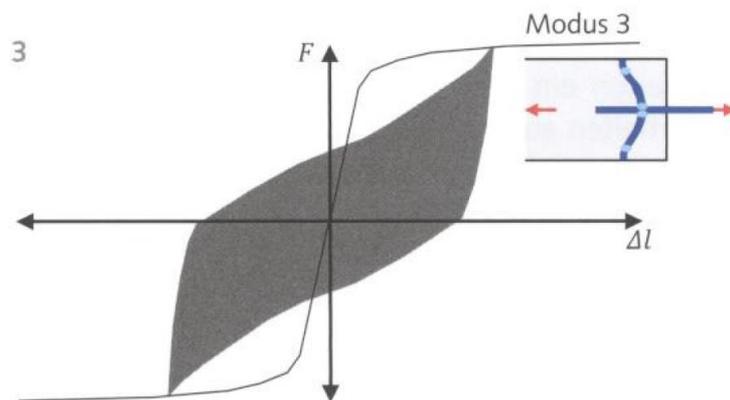
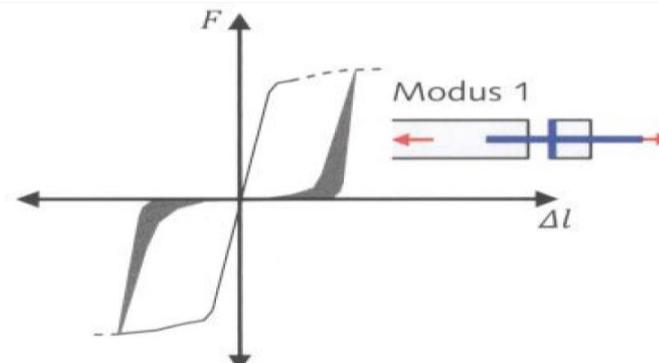
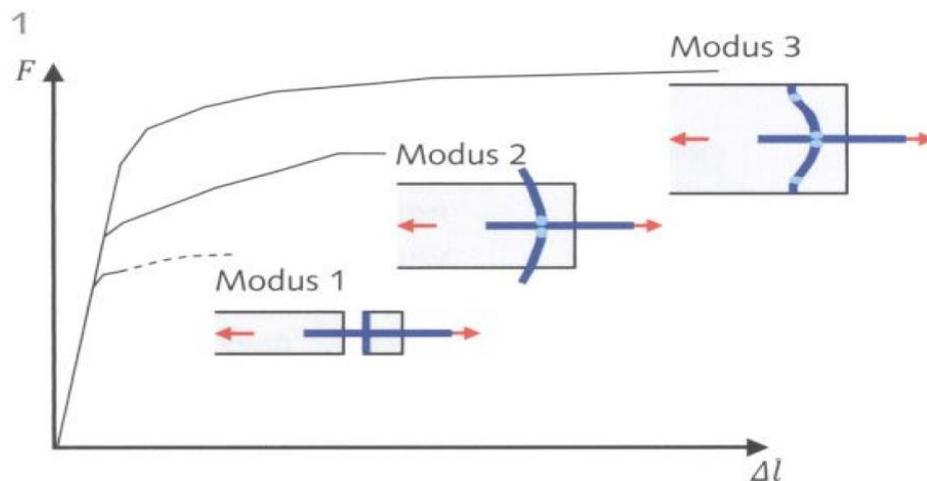
# Dissipazione di energia



# Dissipazione di energia



# Dissipazione di energia



# Dissipazione di energia

## Prescrizioni costruttive § 7.7.3:

Per poter considerare la struttura ad alta duttilità:

a) I collegamenti legno-legno o legno acciaio

$$d \leq 12\text{mm}; \quad s \geq 10d$$

b) Il materiale di rivestimento strutturale è di

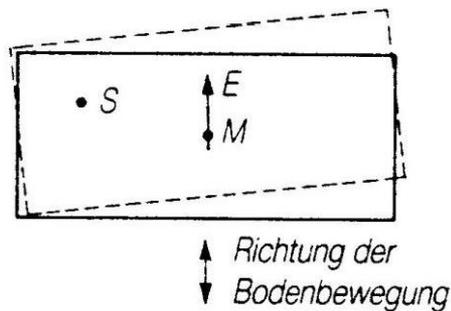
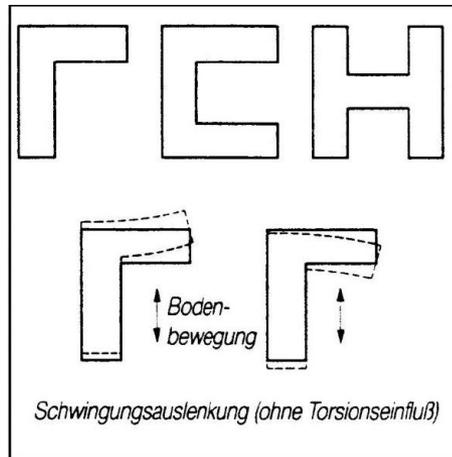
legno o di materiale derivato

$$d \leq 3,1\text{mm}; \quad s \geq 4d$$

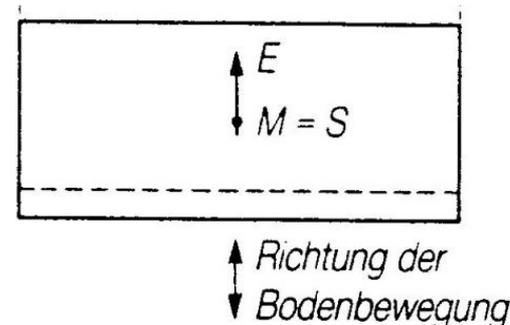
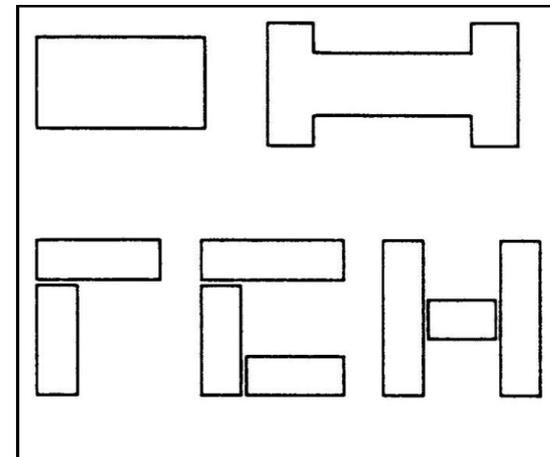


# Scelta architettonica:

sfavorevole:



favorevole:



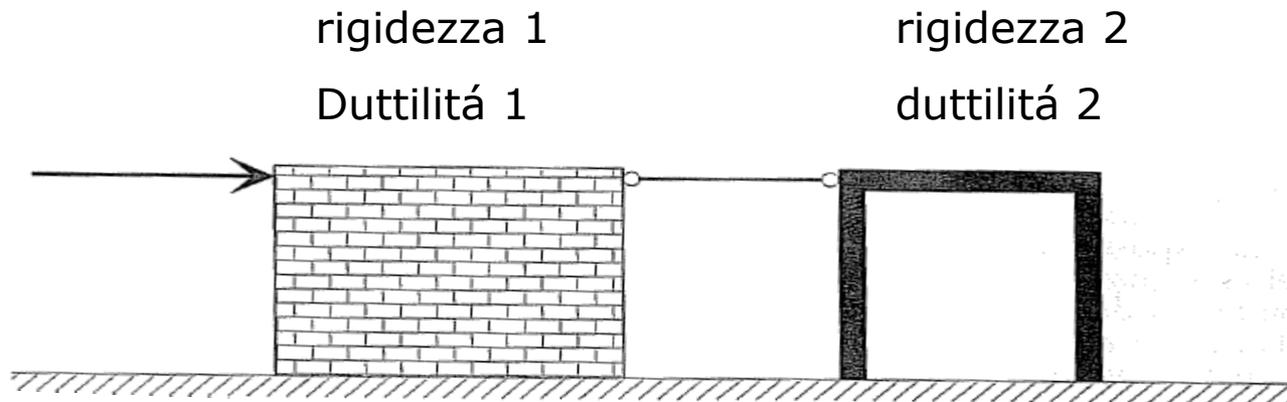


Strutture miste:



## Struttura mista ai fini sismici:

Una struttura si intende mista ai fini sismici quando elementi di diversa natura strutturale lavorano insieme (in parallelo) per trasferire l'azione sismica.



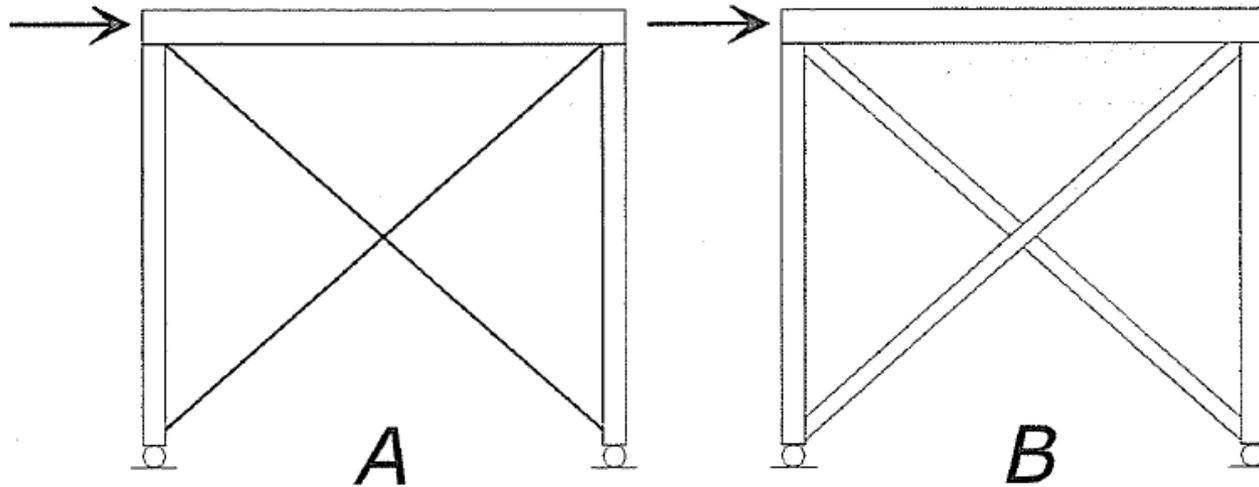
# Esempi



# Esempi



## Strutture impropriamente considerate miste



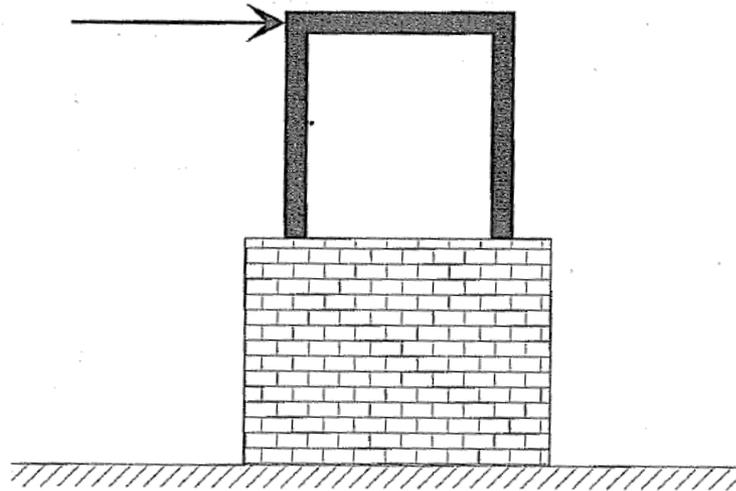
A. Controvento a croce in acciaio

B. Controvento a croce in legno





# Strutture impropriamente considerate miste



fattore di struttura?



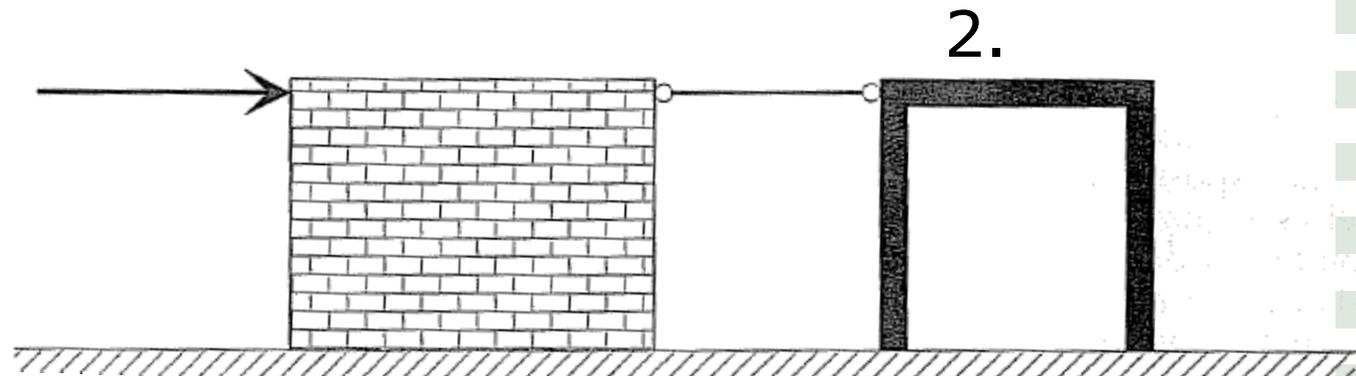
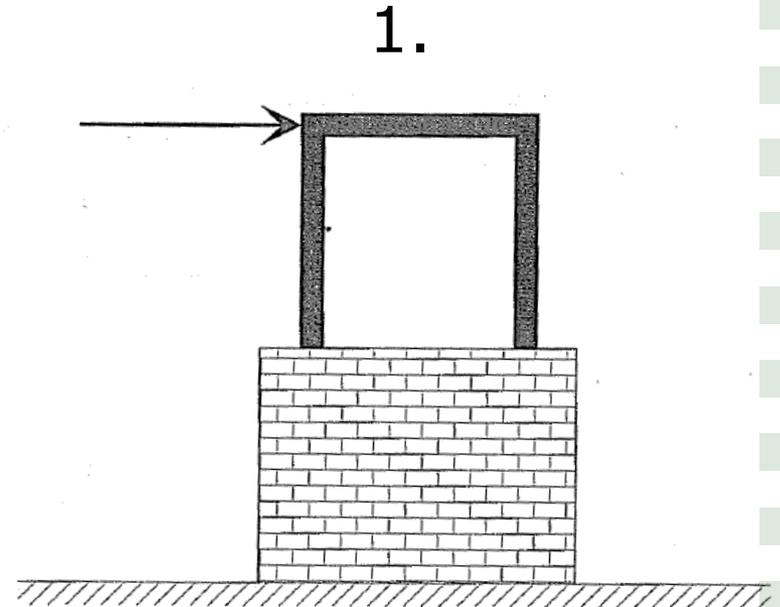
## Fattori importanti nella progettazione

- Individuazione della tipologia strutturale;
- Individuazione degli elementi resistenti;
- Individuazione delle zone dissipative;
- Scelta del fattore di struttura  $q$ ;



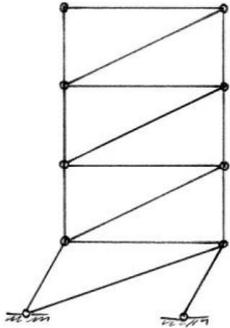
# Fattori importanti nella progettazione

1. Tra i due possibili fattori viene scelto quello più basso
2. Fattore di struttura  $q_0 = 1$



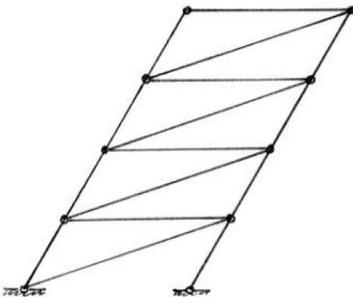
# Fattori importanti nella progettazione

Individuazione delle zone dissipative:  
gerarchia delle resistenze



gerarchia delle resistenze non rispettata

-> poca dissipazione



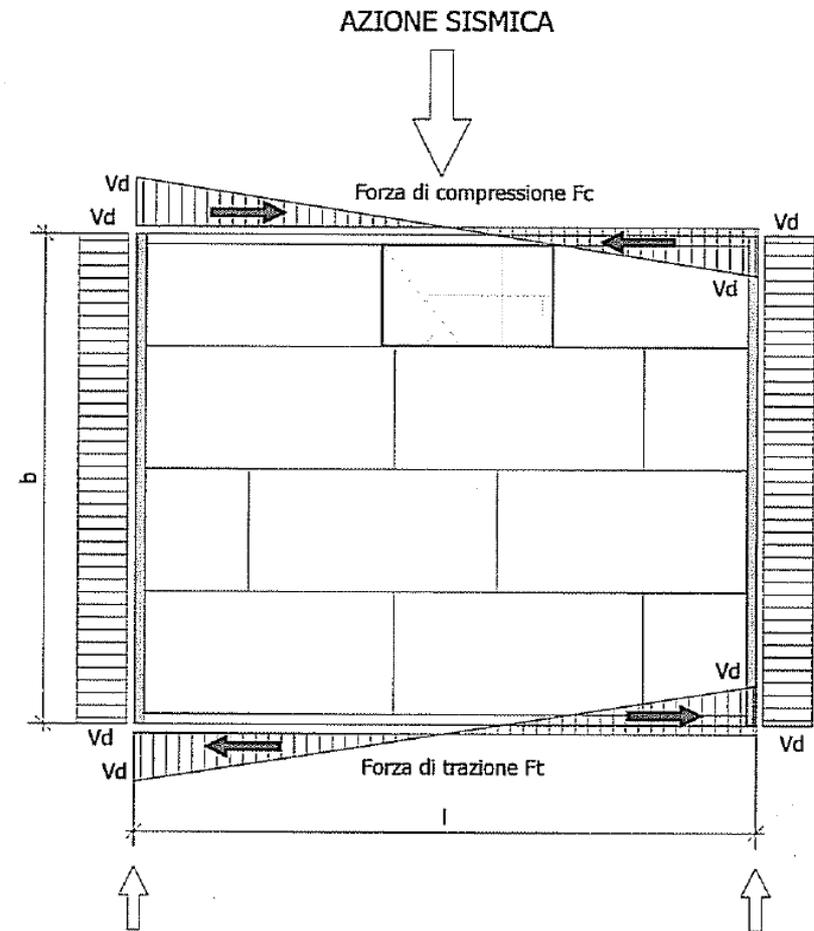
gerarchia delle resistenze rispettata

-> dissipazione in tutti piani



## Ruolo dei solai

- Affinchè ripartiscano adeguatamente le forze sismiche a tutti gli elementi, in base alla loro rigidezza, il solaio deve essere infinitamente rigido;



## Ruolo dei solai



## NTC 2008

- § C7.2.6 ...possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano se, modellandone la deformabilità nel piano, i loro spostamenti orizzontali massimi in condizioni sismiche non superano per più del 10% quelli calcolati coll'assunzione di piano rigido.



## PROVINO1

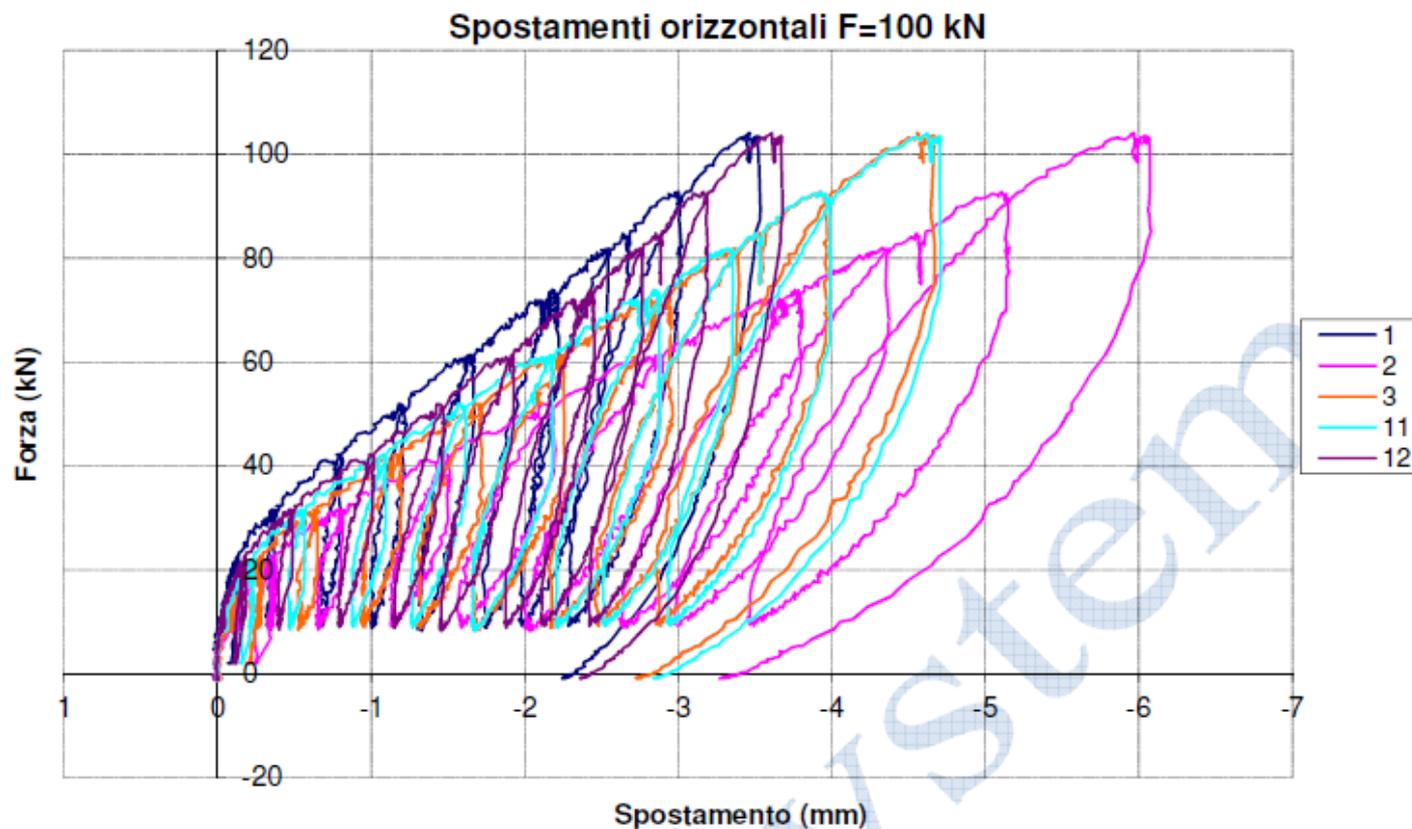
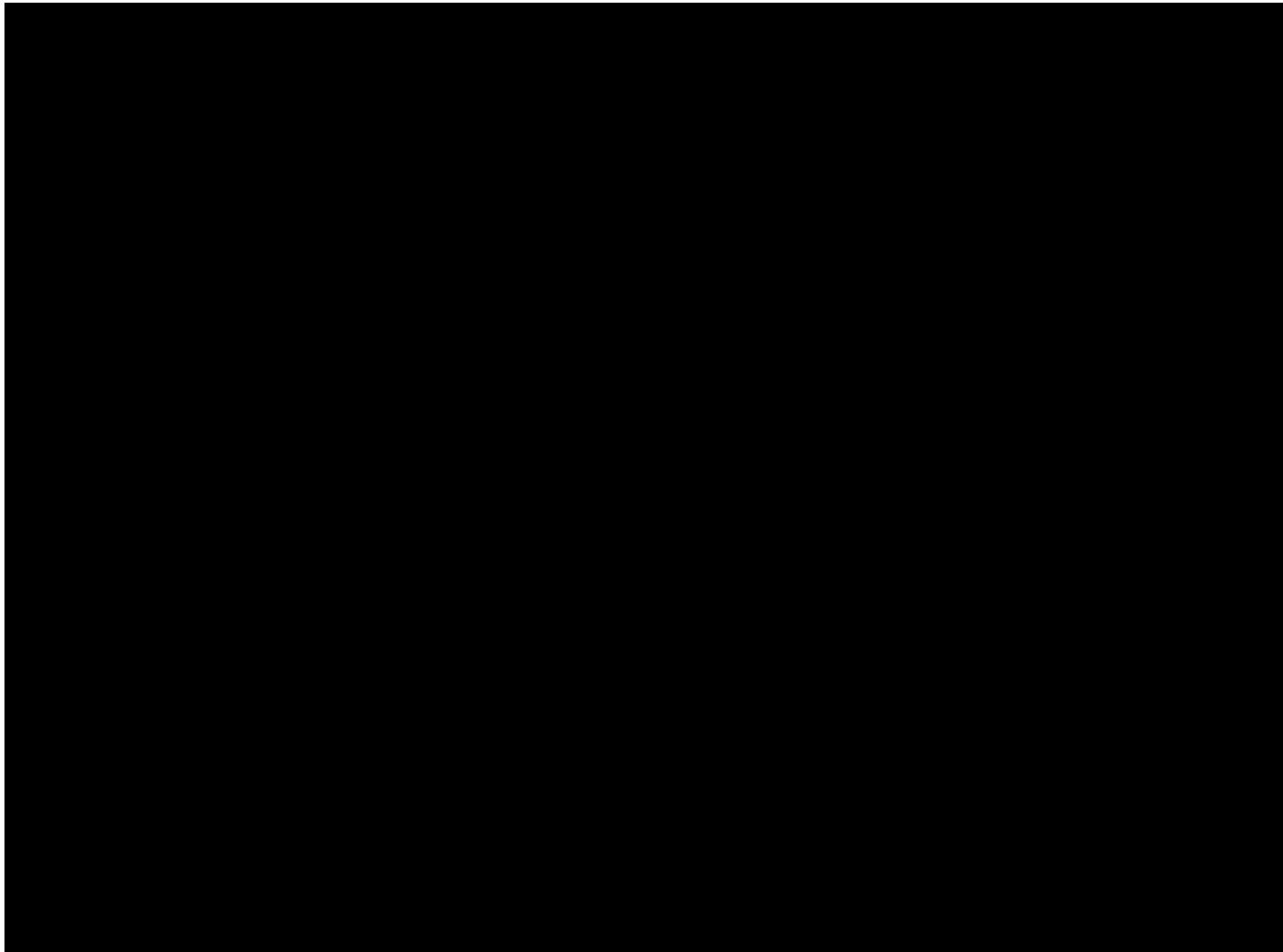
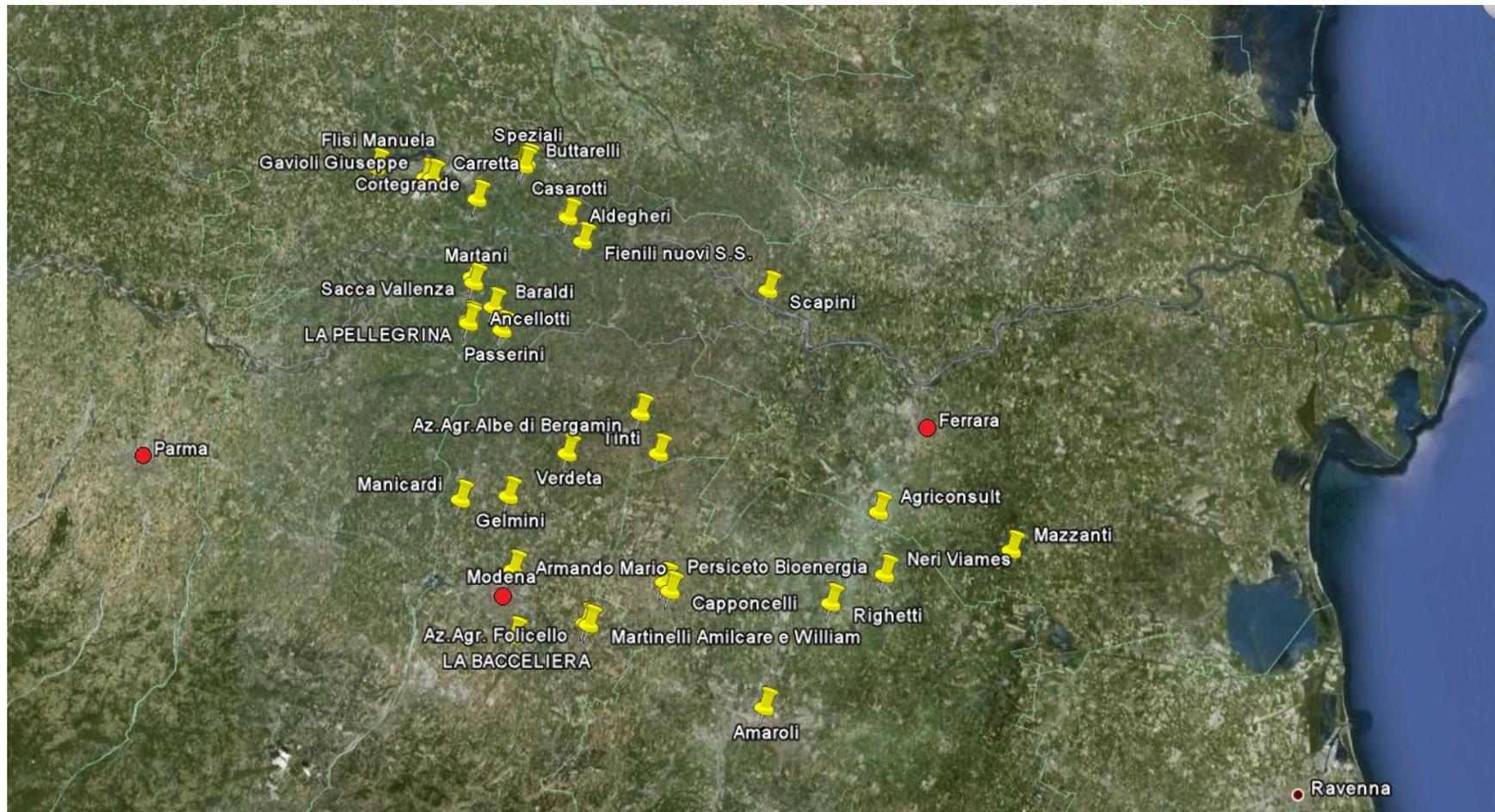


Figura 3.35 - Spostamenti orizzontali Provino 1 - F=100 kN

In base ai risultati riportati nelle tabelle precedenti e al confronto con i moduli elastici dei pannelli verticali, si può affermare che il solaio può essere considerato un elemento infinitamente rigido nel piano in grado di ripartire, quindi, i carichi tra gli elementi resistenti verticali.



# Mappa delle strutture costruite

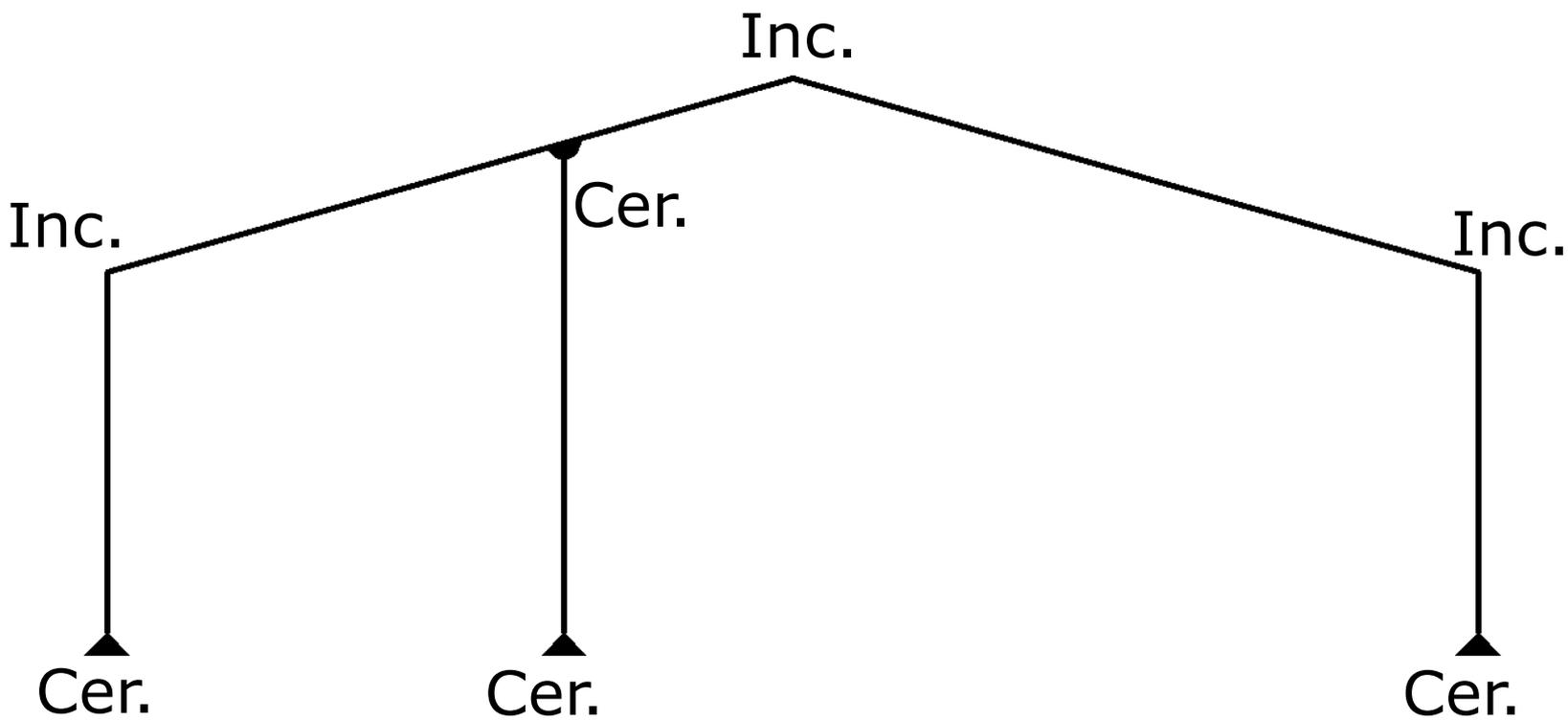


# Cliente: Capponcelli San Giovanni in Persiceto (MO)





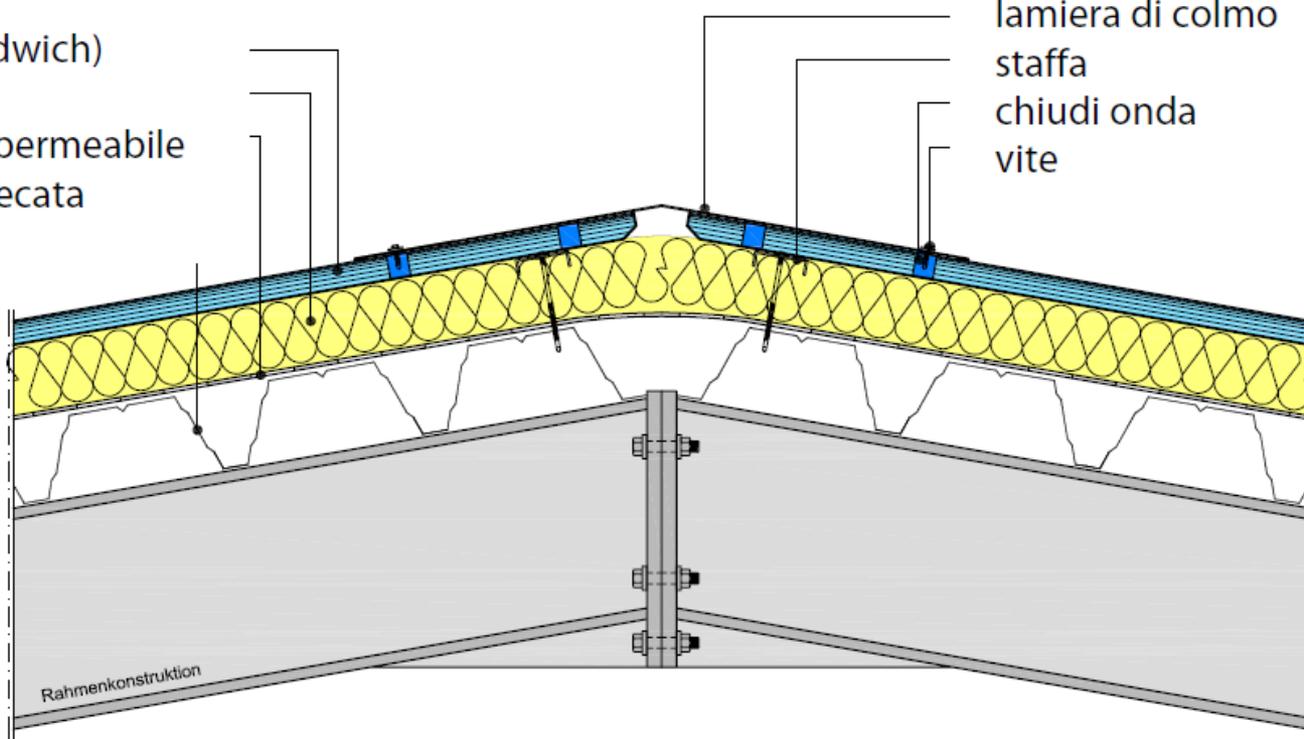
**Sistema statico**



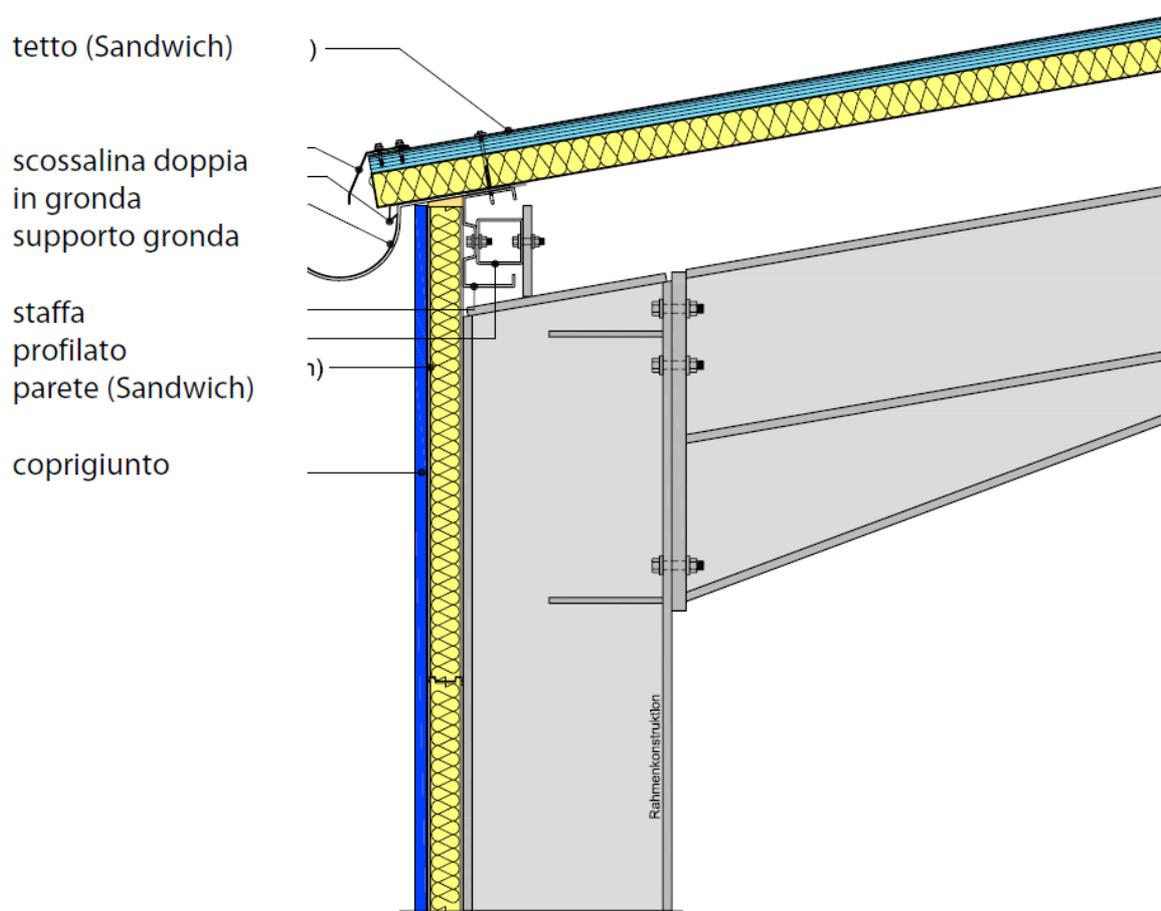
# Nodo di colmo

tetto (Sandwich)  
isolazione  
guaina impermeabile  
lamiera grecata

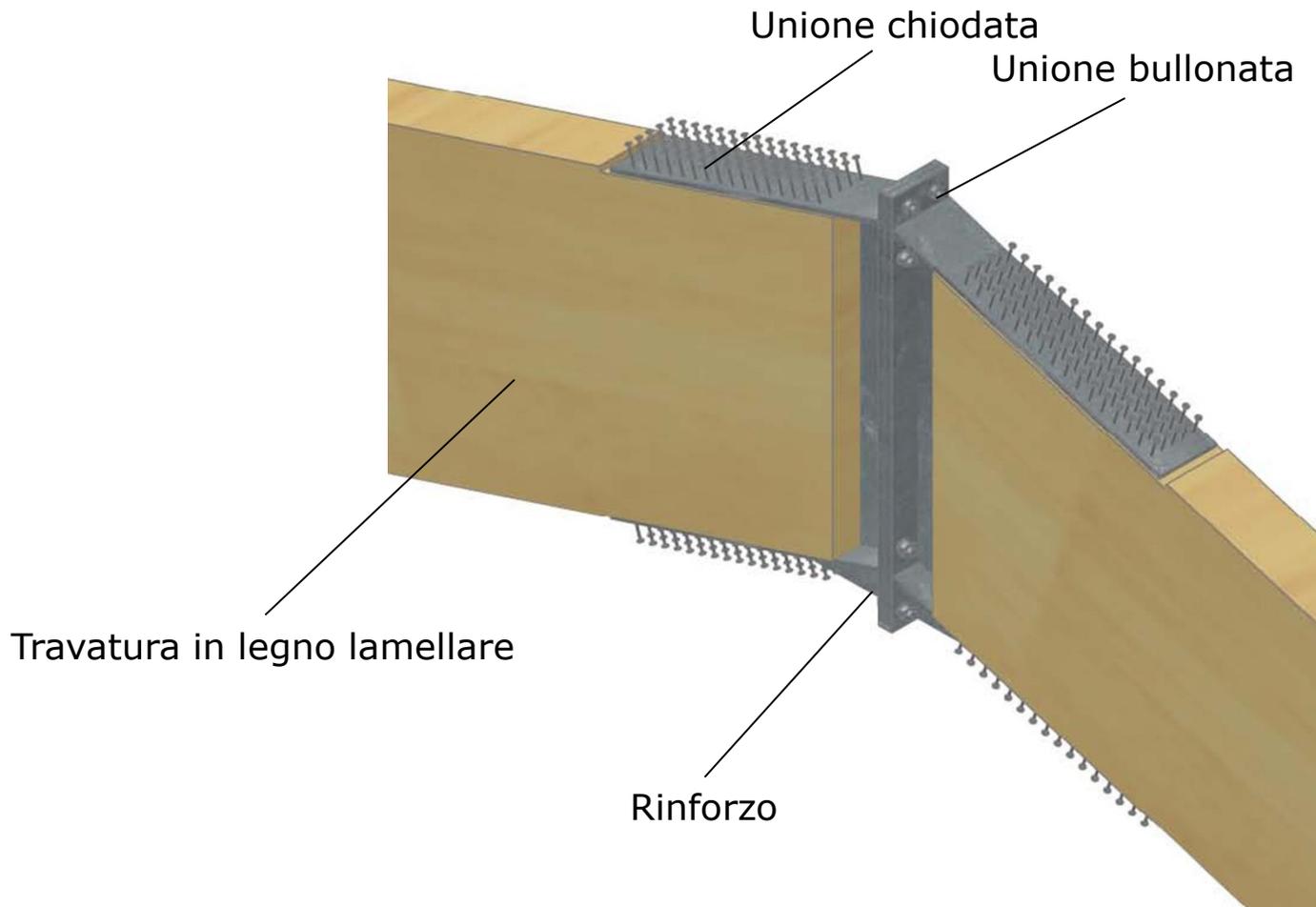
lamiera di colmo  
staffa  
chiudi onda  
vite



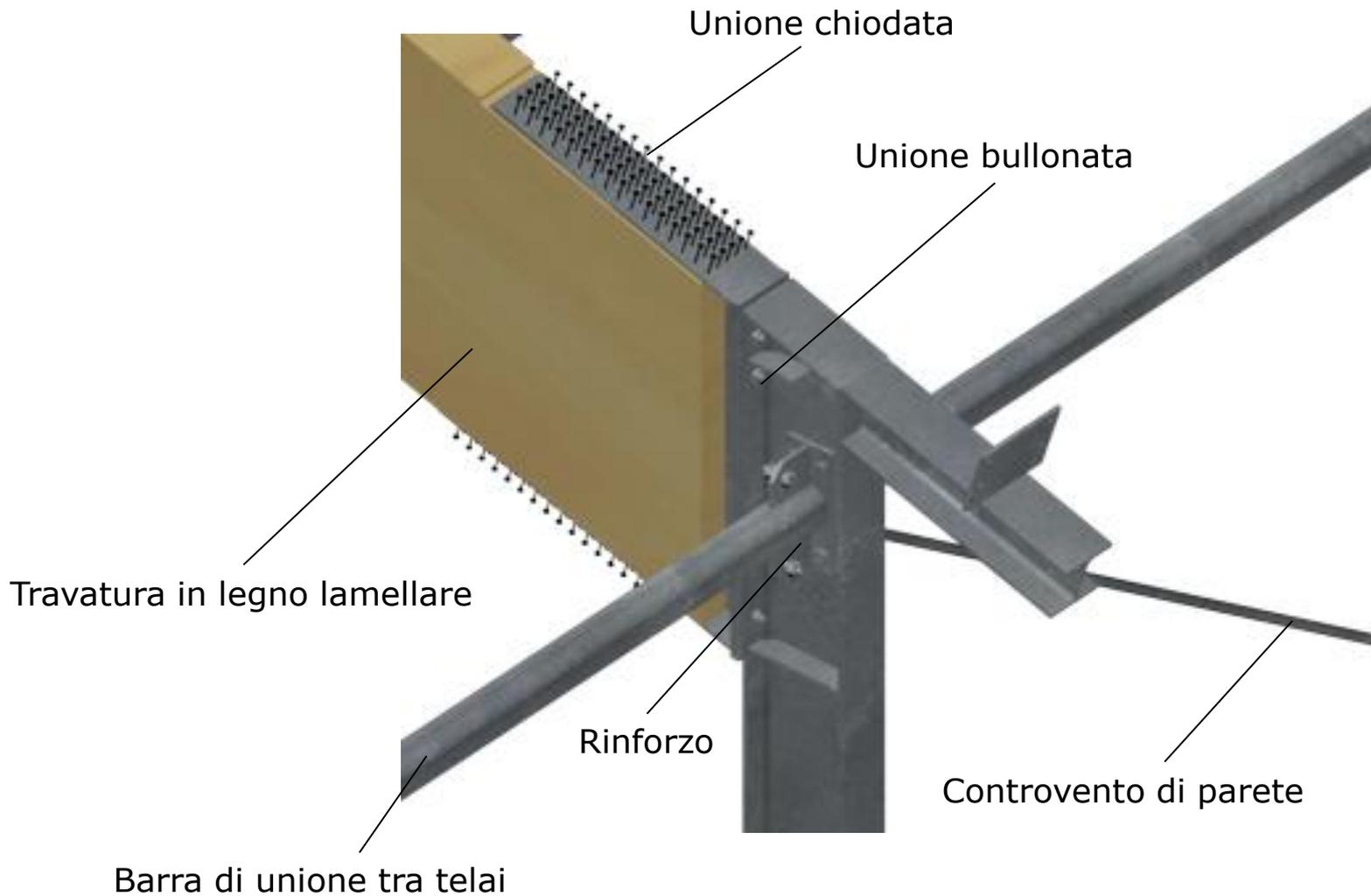
# Nodo di banchina



# Nodo di colmo



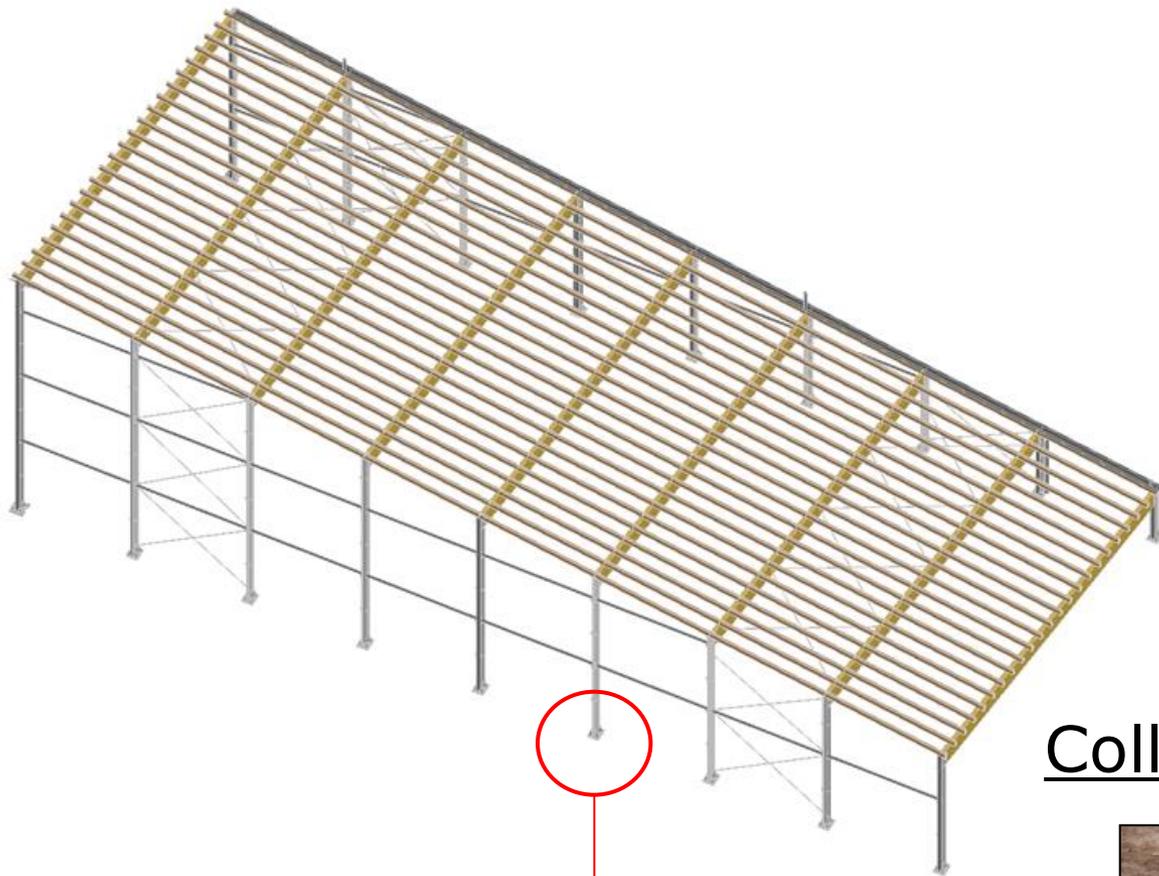
# Nodo di banchina



# Cliente: Persiceto San Giovanni in Persiceto (MO)







Collegamento di base

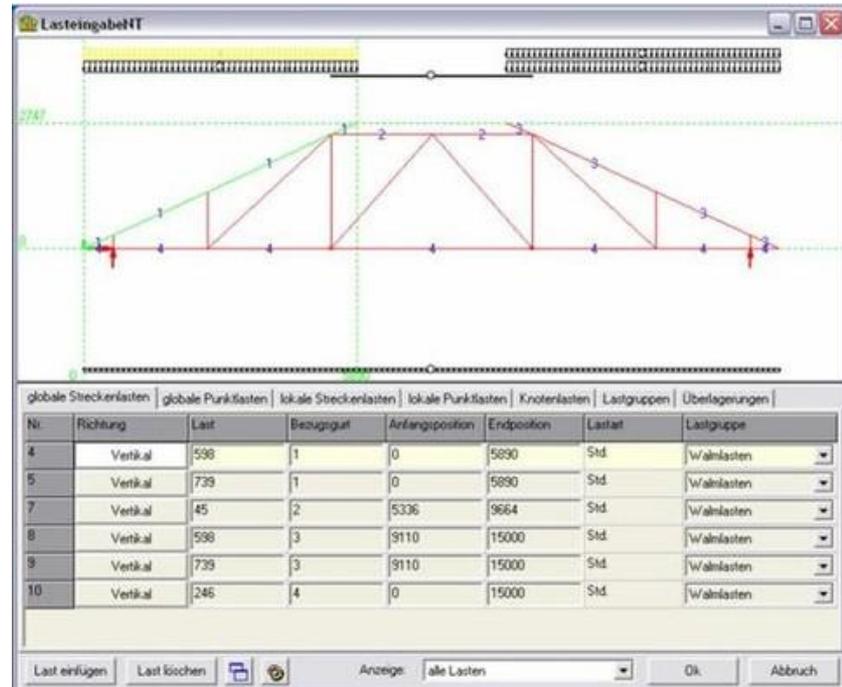
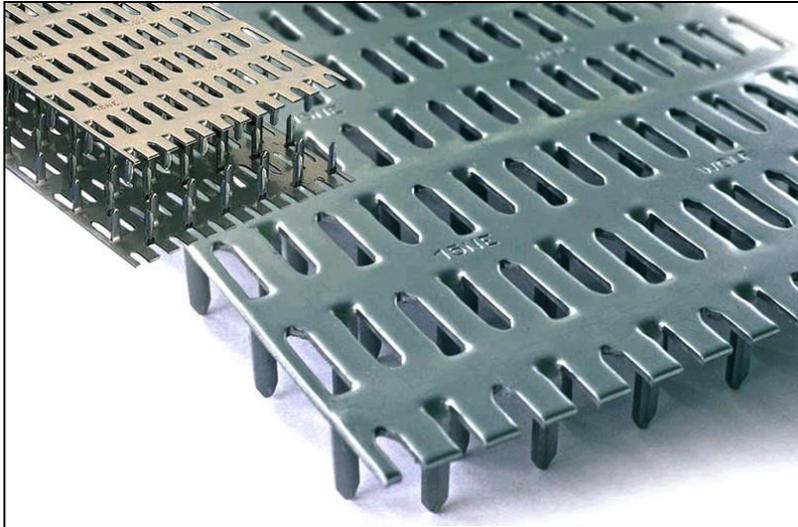


# Cliente: Manicardi Gargallo di Carpi (MO)





# WOLF SYSTEM – WOLF HAUS







# Medifly Modena

















# WOLF ITALIA





# Progetto di ricerca, Eucentre Pavia

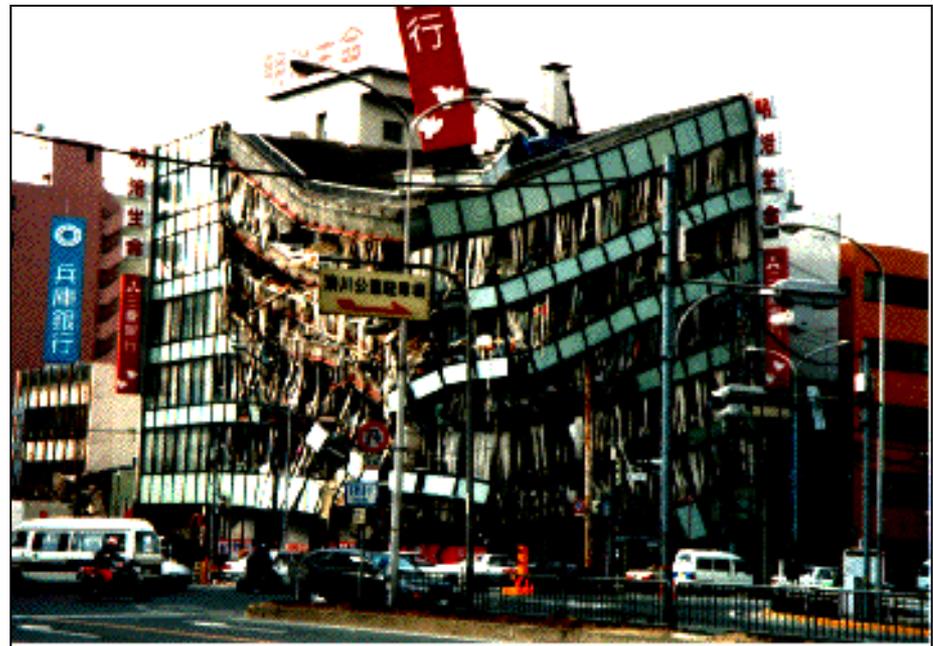


## Dati

- Struttura di 4 piani;
- Altezza  $h = 11,65\text{m}$ ;
- Peso struttura  $\approx 48\text{t}$
- Struttura più alta testata in Europa

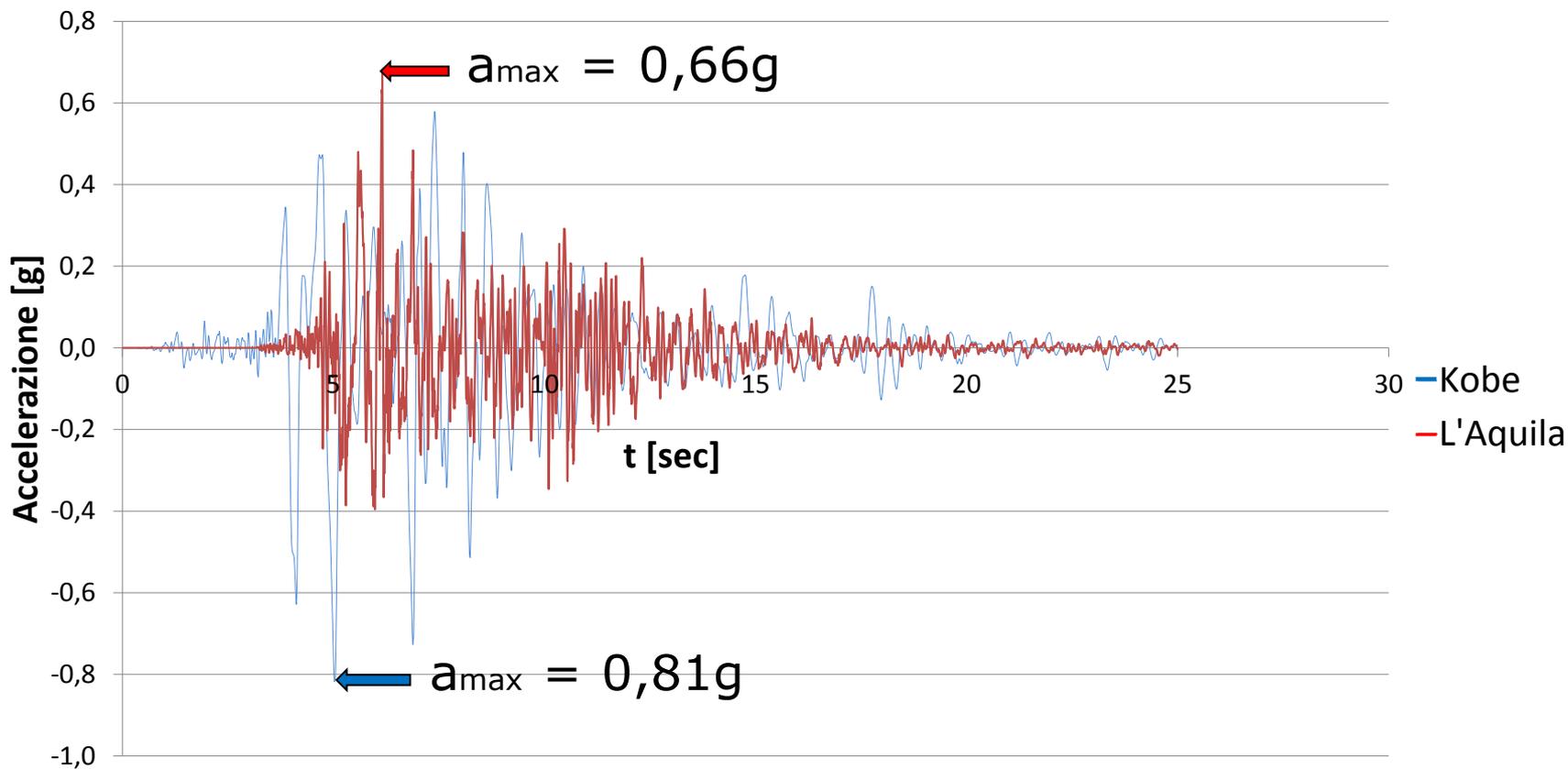


## Sisma di Kobe (Giappone 1995)

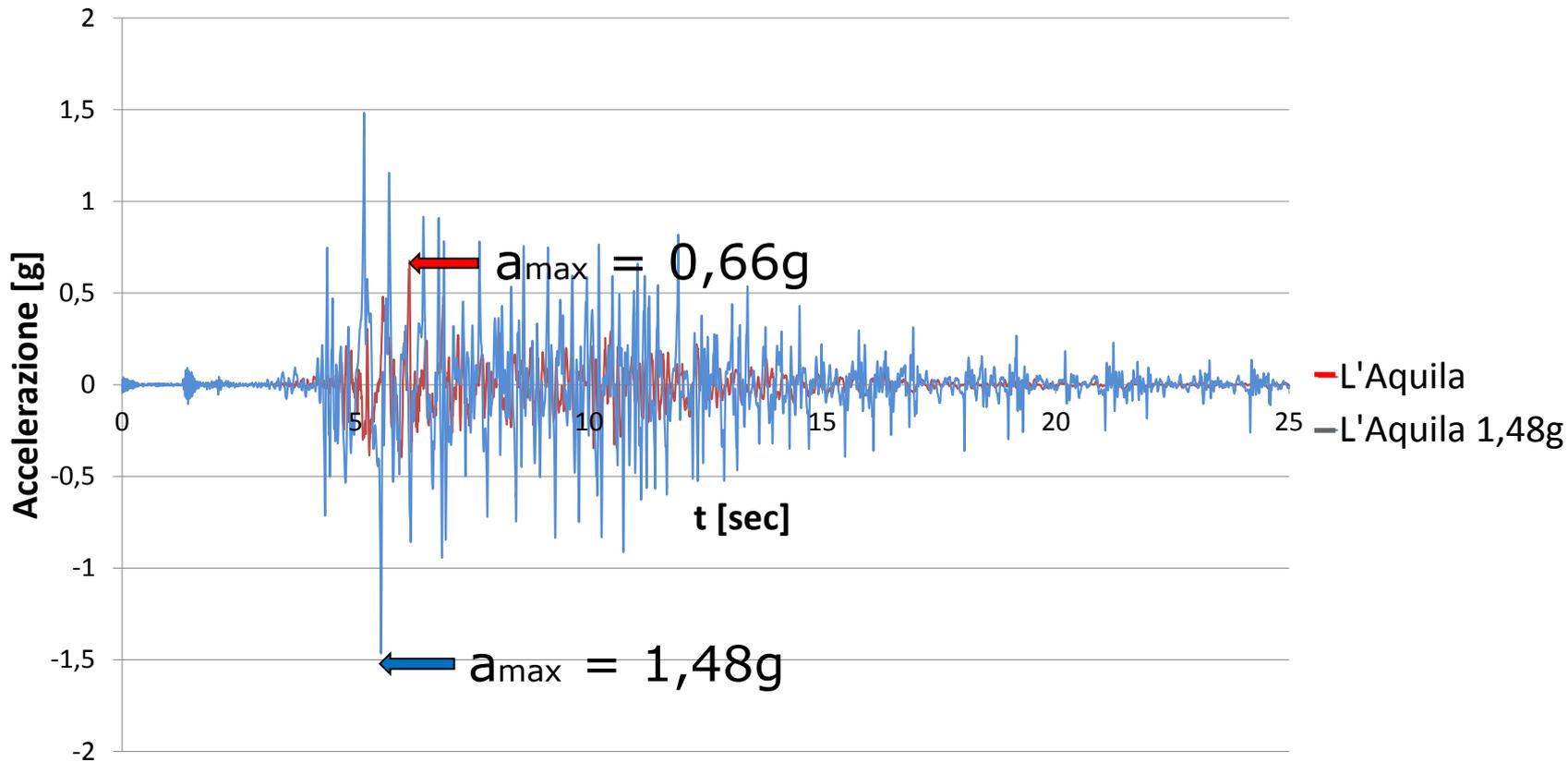




### CONFRONTO KOBE - L'AQUILA



### CONFRONTO L'AQUILA - TEST FINALE



## Risultati

Sulla struttura finita sono state eseguite quattro prove con accelerazioni di picco tutte superiori a 1g con un massimo pari a **1,48g** (**224%** L'Aquila).

Tale accelerazione risulta essere pari al **529%** di quella massima prevista in normativa.

Nessun danno



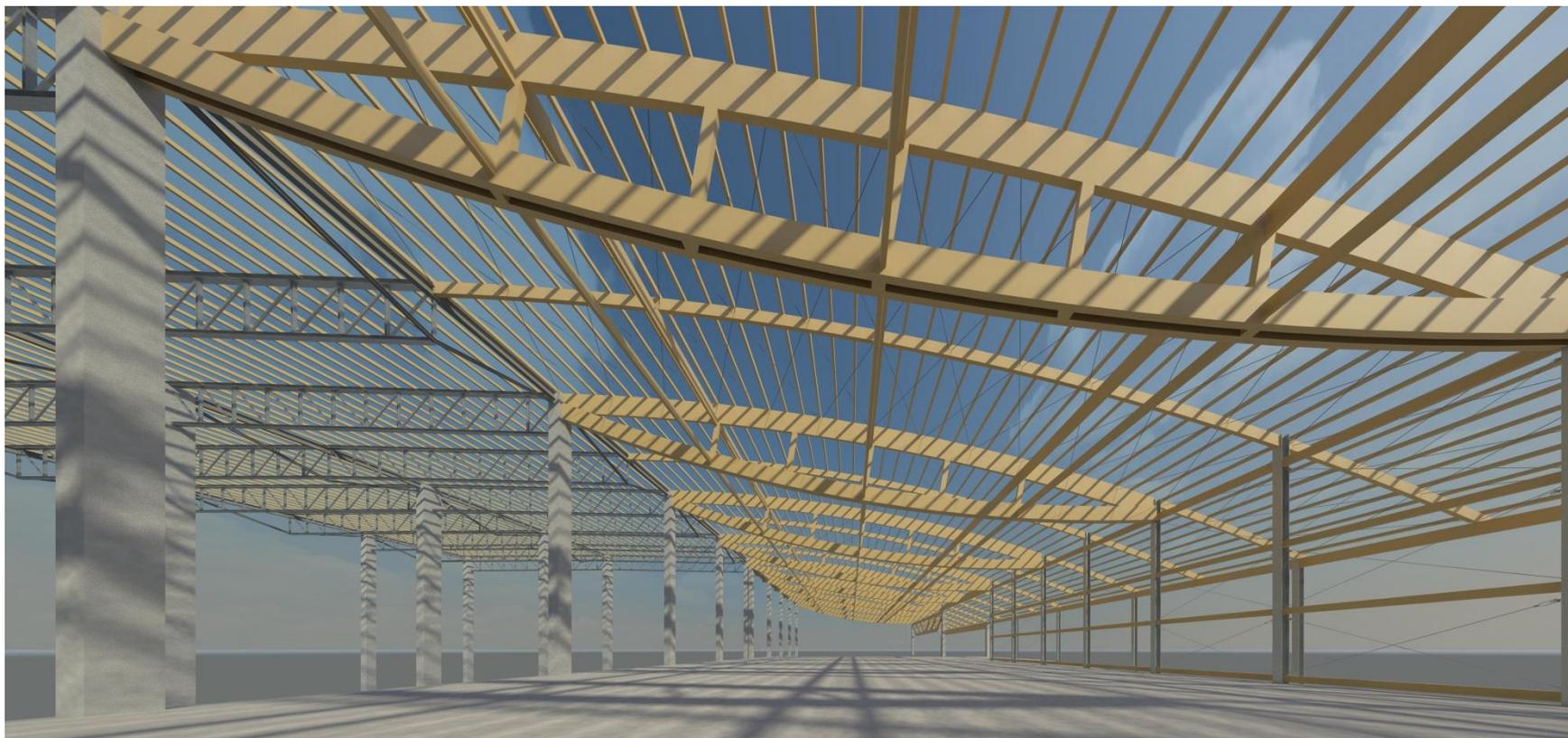
07.10.2011 ore 16.10



# *Il futuro:*



## *Il futuro:*





**Grazie dell'attenzione**

