



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

# Convegno ReLUIS



**Progetto DPC-ReLUIS 2022-2024**  
**Esposizione delle attività svolte e prospettive**

**Roma, 7 novembre 2023**

**WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali**

**Coordinatori: Antonio Occhiuzzi – Edoardo Cosenza**

# WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali

## Unità di Ricerca

Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR

Università degli Studi di Napoli Federico II

Università degli Studi di Bologna

Università degli Studi del Sannio

Università del Salento

Università degli Studi della Basilicata

Università Telematica Pegaso

Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia

## Organizzazione del WP

**Task 1** (IUSS, ITC-CNR): **Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni**

**Task 2** (Salento, Basilicata, Pegaso, IUSS): **Edilizia generale**

**Task 3** (ITC-CNR, Pegaso): **Edilizia speciale**

**Task 4** (Federico II, Bologna, IUSS): **Temi speciali**

**Task 5** (Sannio, Salento, IUSS): **Collegamenti della componentistica edilizia e industriale**

**Task 6** (ITC-CNR, Federico II): **Qualificazione e certificazione**

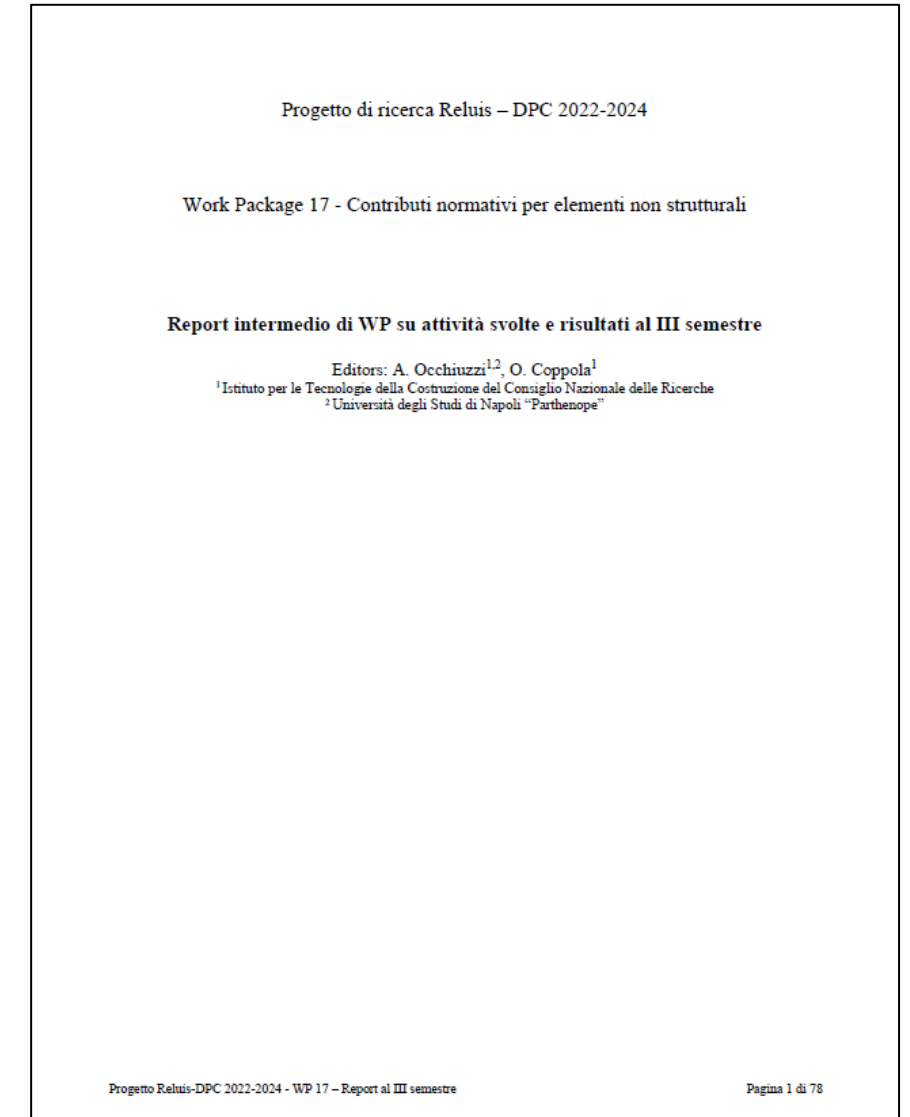
**Task 7** (Federico II, Pegaso): **Integrazione BIM**

# WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali

## Report attività in continua evoluzione

**Secondo l'organizzazione descritta, ciascun task produce un unico report che viene aggiornato ogni semestre di progetto.**

**I contributi dei task sono poi raccolti in un documento unitario, anch'esso aggiornato ogni semestre.**



# WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali

## Punto di partenza: normativa vigente

### ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

Quando l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione;

quando invece l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

<b>Elementi non strutturali <b>costruiti</b> in cantiere:</b>
<b>Domanda ? (progettista)</b>
<b>Capacità ? (progettista)</b>

<b>Elementi non strutturali <b>assemblati</b> in cantiere:</b>
<b>Domanda ? (progettista)</b>
<b>Capacità ? (produttore/installatore)</b>

# WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### Stati limite per componenti non strutturali:

#### Componenti non strutturali piani

Stato Limite di operatività (SLO) o DS1: il suo raggiungimento implica la necessità di riparare gli elementi danneggiati, al fine di ripristinarne la condizione originaria, con opere semplici e costi contenuti relativi agli interventi riparativi;

Stato limite di danno (SLD) o DS2: il suo raggiungimento, invece, implica che il componente sia danneggiato per cui deve essere parzialmente rimosso e sostituito.

Stato limite di salvaguardia della vita (SLV) o DS3: implica che il livello di danno è tale da non garantire l'incolumità fisica o che la partizione deve essere totalmente sostituita.

#### Componenti non strutturali non ancorati al suolo

La verifica allo stato limite ultimo deve garantire la salvaguardia delle persone che si mettono in fuga e perciò la capacità di evitare crolli e caduta dei coppi.

In condizioni di sicurezza allo stato limite di danno, il manto di copertura deve offrire riparo dalle condizioni ambientali avverse, garantendo impermeabilità agli strati inferiori del manto di copertura, alla struttura in elevazione, ad oggetti e persone che ne usufruiscono.

# WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

## Temi trattati dal Task al III trimestre

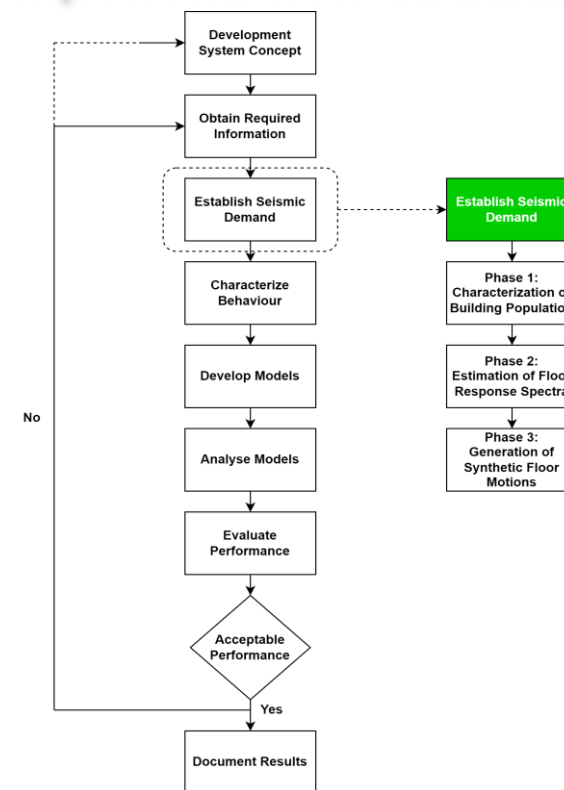
### Metodologie per la valutazione della domanda e della capacità strutturale dei componenti non strutturali

La proposta è di disaccoppiare il comportamento ed eseguire due tipologie di prove (nel piano/fuori piano):

Crescendo test per l'individuazione degli spostamenti di interpiano corrispondenti all'attingimento dei vari stati limite;

Prove dinamiche monodirezionali (fuori dal piano del componente) per l'individuazione dell'accelerazione registrata nel centro di massa e corrispondente all'attingimento dei vari stati limite.

### Parametri prestazionali per la progettazione sismica di componenti non-strutturali



# WP 17 - Task 2: Edilizia generale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

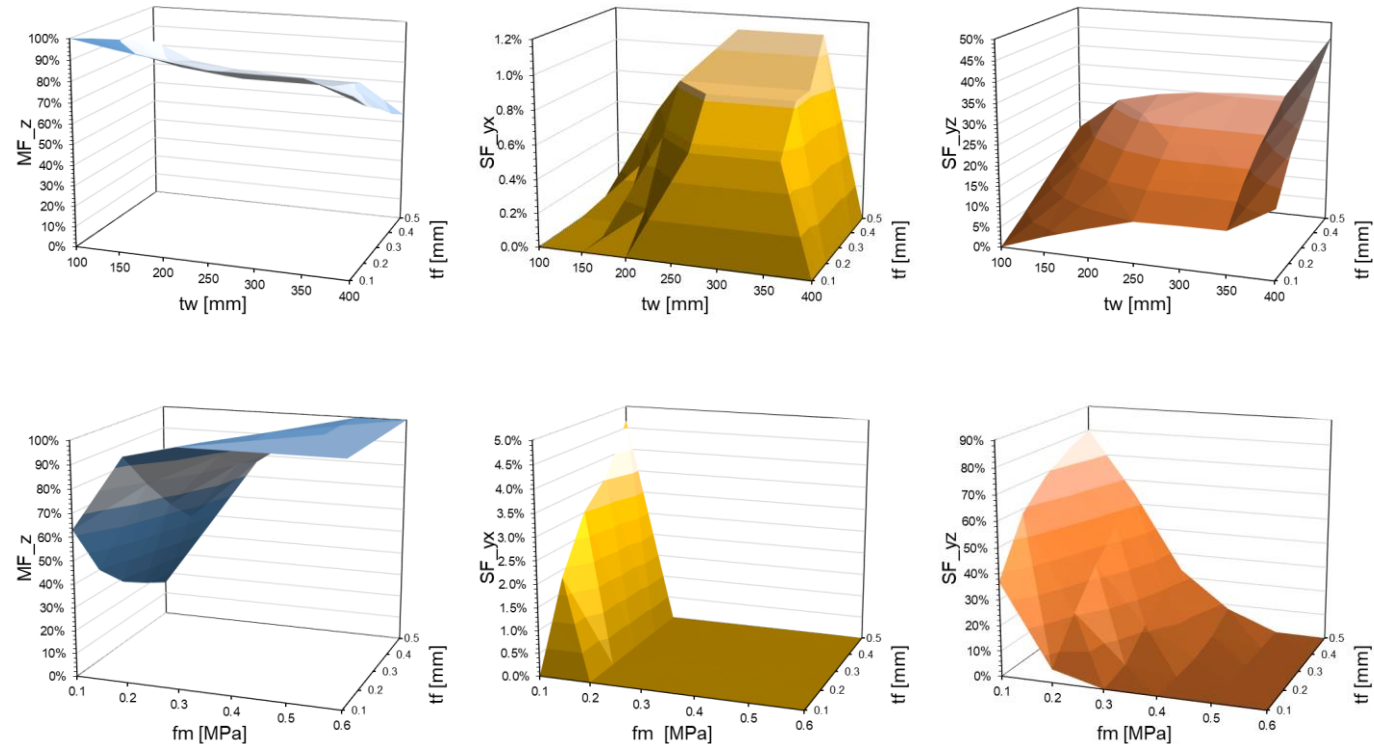
### Definizione di un database di studi sperimentali su tamponature rinforzate con applicazione del carico fuori-piano

ID	Test		Failure modes		Damage states		
	Specimen ID	Type of Test	Failure mode 1	Failure mode 2	DS1 [mm]	DS2 [mm]	DS3 [mm]
1_1	CL_PU_G	Quasi static	D	B	n.a.	n.a.	n.a.
1_2	CMU_PU_G	Quasi static	D	B	n.a.	n.a.	n.a.
1_3	BEB_PU_G	Quasi static	D	B	n.a.	n.a.	n.a.
2_1	S_NOC	Quasi static	E	n.a.	0.40%	2.08%	3.04%
2_2	S_BCK	Quasi static	B	B	0.36%	2.40%	4.00%
2_3	S_FRN	Quasi static	C	B	0.50%	1.44%	2.88%
2_4	D_WRP	Quasi static	B	B	0.26%	2.48%	3.60%
3_1	4_RID	Quasi static	D	n.a.	0.75%	0.98%	1.06%
3_2	5_RIU	Quasi static	D	n.a.	0.89%	1.21%	1.42%
3_3	8_PRIU	Quasi static	D	n.a.	0.09%	0.68%	1.09%
3_4	11_PRIU	Quasi static	D	n.a.	0.38%	0.72%	0.81%
4_1	SIF-O-2 L(C)-B	Quasi static	A	n.a.	0.40%	1.77%	3.24%
4_2	CTRM-O-1 L-B	Quasi static	A	n.a.	0.35%	1.50%	3.03%
4_3	DTRM-O-1 L-B	Quasi static	A	n.a.	0.16%	2.14%	3.85%

## WP 17 - Task 2: Edilizia generale

### Temi trattati dal Task al III trimestre

### Analisi parametrica dei meccanismi di collasso fuori piano di tamponature rinforzate





## WP 17 - Task 2: Edilizia generale

### Temi trattati dal Task al III trimestre

#### **Comprensione della risposta fuori piano di pannelli di tamponatura e tramezzatura rispetto a livelli crescenti di danneggiamento generato da azioni agenti nel piano**

L'analisi delle frequenze di vibrazione è stata effettuata separatamente per la fodera di tamponatura interna (spessore 8 cm) e per quella esterna (spessore 12 cm), tramite un numero adeguato di accelerometri vincolati alle stesse. Inoltre, sono stati utilizzati accelerometri anche sulla struttura in c.a. del portale, ed in questo modo è stato possibile monitorare le frequenze di vibrazione complessive della struttura.

Si è visto che sino ad un drift dello 0.2% non vi siano apprezzabili variazioni delle frequenze in gioco. A partire invece da valori di drift pari allo 0.5% si è notato un apprezzabile calo della rigidità fuori piano dei due paramenti di tamponatura, pari al 17% ed il 7% rispettivamente per lo strato interno (spessore 8 cm) ed esterno (spessore 12 cm). Ulteriori incrementi di drift incidono sui valori di frequenza in maniera grossomodo equivalente per i due strati della tamponatura/tramezzatura.

# WP 17 - Task 2: Edilizia generale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### **Analisi del comportamento sismico di elementi secondari soggetti a scivolamento**

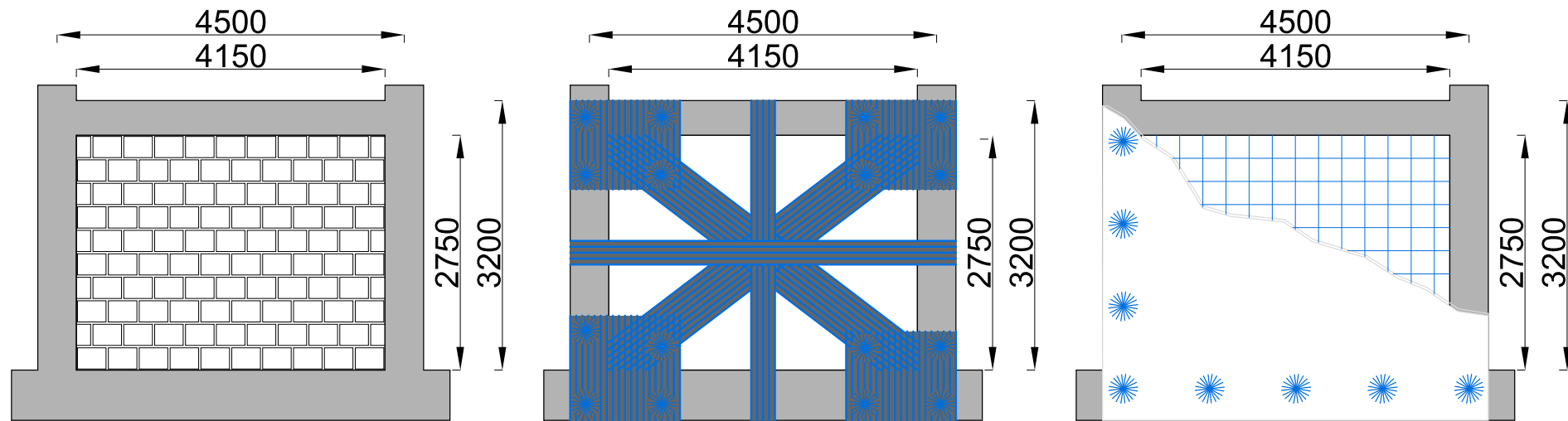
Nello studio in corso si focalizza l'attenzione agli elementi soggetti a scivolamento. Il meccanismo di scivolamento riguarda soprattutto elementi bassi e tozzi, in assenza di ancoraggi efficaci. Lo scivolamento può comportare sia pericolo diretto per l'incolumità degli occupanti i locali sia l'occlusione delle vie di fuga.

Lo studio si propone di analizzare metodologie di calcolo e verifica prestazionale degli elementi non-strutturali architettonici: partizioni interne, facciate, controsoffitti e pavimenti. La focalizzazione dello studio è nella analisi, eventuale nuova metodologia da sviluppare, delle metodologie di calcolo automatici che consentono l'analisi di una grande quantità di elementi, effettuando una valutazione del rischio sismico in termini di molteplici scenari di collasso, danno o operatività. Ciascun elemento sarà pensato caratterizzato con una probabilità di superamento di uno stato limite, mediante curve di fragilità costruite secondo le linee guida americane FEMA. Le curve di fragilità saranno proposte sulla base di prove sperimentali assunte da riferimenti scientifici riconosciuti ed effettuate in collaborazione con i produttori e sulla base di analisi teoriche (tipo Monte Carlo).

## WP 17 - Task 2: Edilizia generale

### Temi trattati dal Task al III trimestre

### Analisi time-history di strutture in c.a. con tamponature rinforzate e non rinforzate



## WP 17 - Task 2: Edilizia generale

### Temi trattati dal Task al III trimestre

#### **Analisi della risposta fuori-piano di tamponature e tramezzi in relazione ad azioni crescenti di danneggiamento nel piano**

Nel corso del primo semestre del secondo anno l'attenzione è stata ancora rivolta all'analisi della risposta fuori piano di pannelli di tamponatura e tramezzatura in laterizio forato rispetto a livelli crescenti di danneggiamento generato da azioni agenti nel piano degli stessi.

A tal fine sono state eseguite attività di modellazione numerica calibrando modelli accurati sulla base dei risultati di prove sperimentali su di un portale in c.a. in scala al vero munito di tamponatura in laterizio composta da due strati rispettivamente di 8 e 12 cm di spessore, tra i quali era presente una camera d'aria dello spessore di 10 cm. Le attività. La attività modellazione, tuttora in corso, è finalizzata a indagare il comportamento fuori piano della tamponatura. I risultati ancora preliminari richiedono ulteriori approfondimenti che verranno portati avanti nel secondo semestre della seconda annualità.

# WP 17 - Task 3: Edilizia speciale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### Involucri edilizi moderni: facciate continue opache e trasparenti

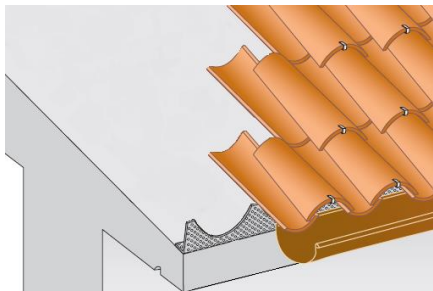


Schema danni			
Componente del sistema	Tipo di danno		
	DS1	DS2	DS3
Elementi di rivestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>leggera rotazione dell'elemento di rivestimento nel piano o fuori piano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rotazioni significative degli elementi di rivestimento fuori piano;</li> <li>piccole crepe nei pannelli che provocano la caduta di pezzi di massa uguale o inferiore a 0,2 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elementi di rivestimento ribaltamento che garantiscono la caduta di pezzi con massa superiore a 0,2 kg</li> </ul>
Fissaggi di rivestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>cedimento del 10% dell'importo totale dei fissaggi del rivestimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>danno del 30% dell'importo totale dei fissaggi del rivestimento;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>danno del 50% dell'importo totale dei fissaggi del rivestimento;</li> </ul>
Componenti del controtelaio (profili verticali e/o orizzontali, staffe, viti, ancoraggi metallici)	<ul style="list-style-type: none"> <li>piccole deformazioni plastiche dei profili</li> <li>rottura del 10% del totale staffe, viti e tasselli metallici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>moderate deformazioni plastiche dei profili</li> <li>rottura del 30% del totale staffe, viti e tasselli metallici;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gravi deformazioni plastiche dei profili</li> <li>rottura del 50% del totale staffe, viti e tasselli metallici;</li> </ul>
Prodotti per l'isolamento termico	Nessun danno	<ul style="list-style-type: none"> <li>crollo del pannello termoisolante di massa uguale o inferiore a 0,2 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>crollo del pannello termoisolante di massa superiore a 0,2 kg</li> </ul>
Componenti ausiliari (membrana traspirante, barriera intercapedine, coprigiunti, guarnizioni, rifiniture)	Nessun danno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crollo di un componente ausiliario di massa inferiore a uguale o inferiore a 0,2 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crollo di un componente ausiliario con una massa superiore a 0,2 kg</li> </ul>

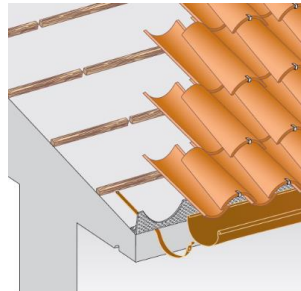
## WP 17 - Task 3: Edilizia speciale

### Temi trattati dal Task al III trimestre

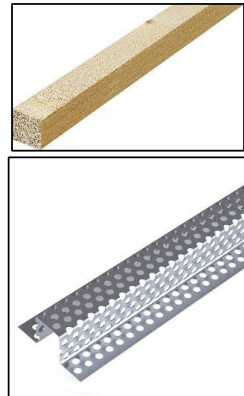
**Componenti non strutturali non ancorati al suolo: elementi di chiusura per coperture a falda discontinue (tegole e coppi) – attività sperimentale**



(a)



(b)



(a)



(b)

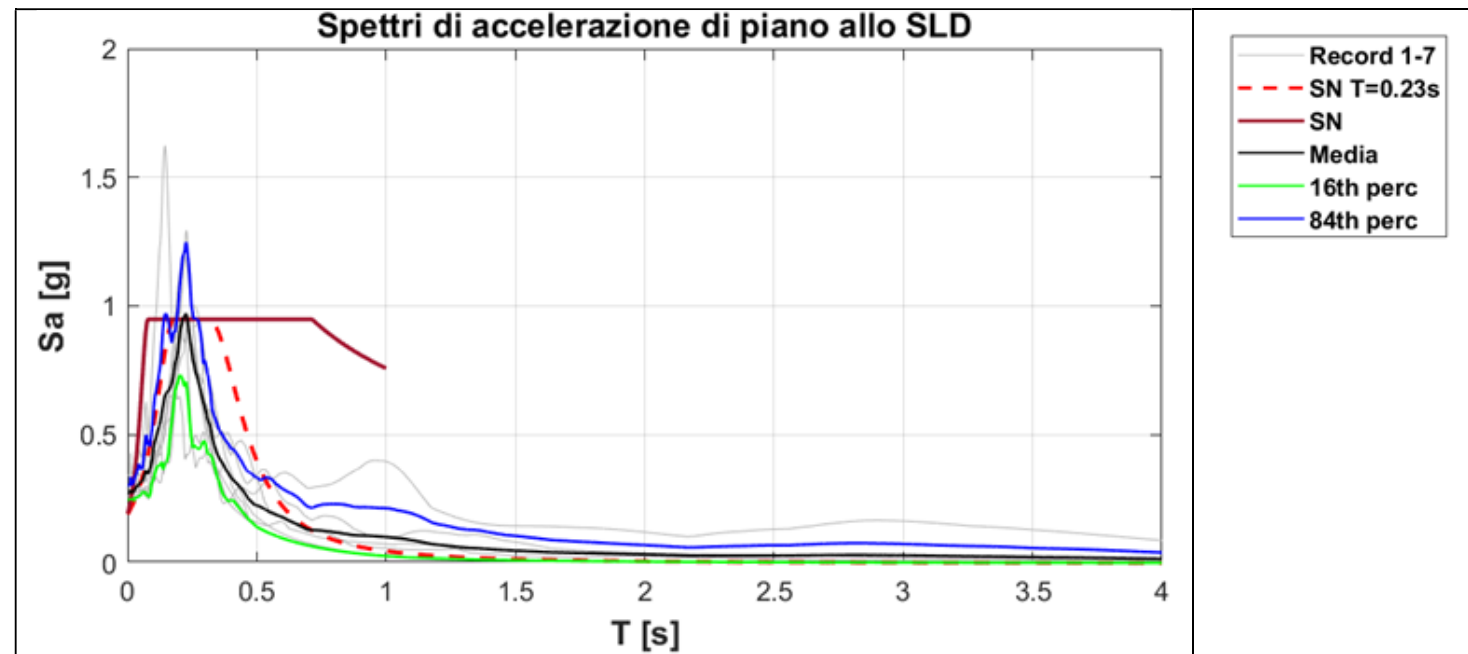


(c)

## WP 17 - Task 4: Temi speciali

### Temati trattati dal Task al III trimestre

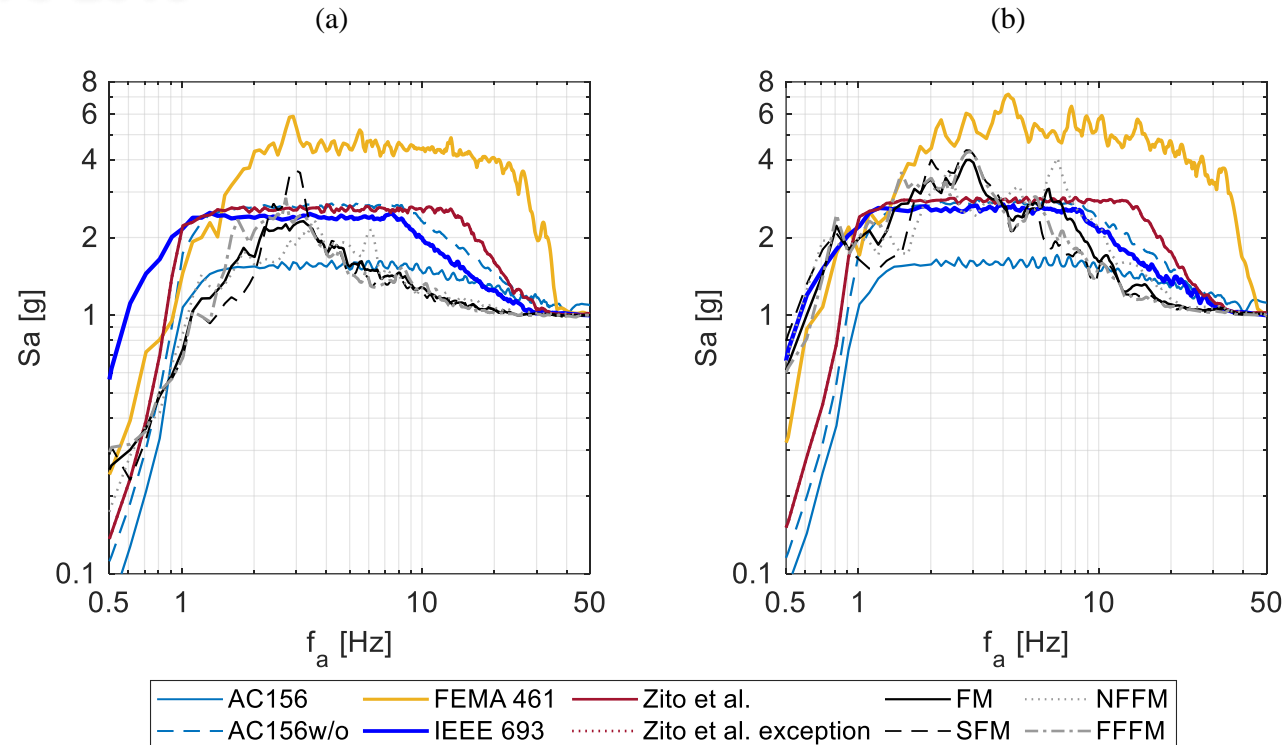
**Verifica della formula semplificata (per telai) della domanda sismica definita nella Circolare delle NTC 2018 in termini di estensione a edifici a pareti in cemento armato**



# WP 17 - Task 4: Temi speciali

## TemI trattati dal Task al III trimestre

### Valutazione dello spettro di domanda sismica di un protocollo sviluppato in accordo alla Circolare delle NTC 2018





## WP 17 - Task 4: Temi speciali

### Temi trattati dal Task al III trimestre

#### **Metodi per la valutazione della sicurezza sismica degli elementi non strutturali nelle strutture sanitarie**

Come metodo speditivo di normativa per la verifica degli edifici ospedalieri viene proposta la procedura RVS elaborata da Perrone et al. (2015) e da De Angelis e Pecce (2015), e migliorata nell'ambito delle presenti attività di progetto. Il rischio sismico è definito come funzione di tre fattori: pericolosità sismica (HAZ), vulnerabilità (VULN) ed esposizione (EXP). Per il calcolo completo del rischio sismico, oltre agli elementi strutturali, si considerano anche gli elementi non strutturali e gli aspetti organizzativi. La metodologia RVS, intesa nella sua versione potenziata, si basa su un questionario costituito da 20 quesiti relativi agli elementi strutturali dell'edificio, 62 quesiti relativi agli elementi non strutturali e 27 quesiti riguardanti gli aspetti organizzativi, per un totale di 109 quesiti. Ad ogni quesito della scheda di vulnerabilità è assegnato un livello di importanza ( $L_I$ ) derivato alla luce dei valori degli indici unitari di vulnerabilità sismica ( $I_V$ ).

## WP 17 - Task 4: Temi speciali

### Temi trattati dal Task al III trimestre

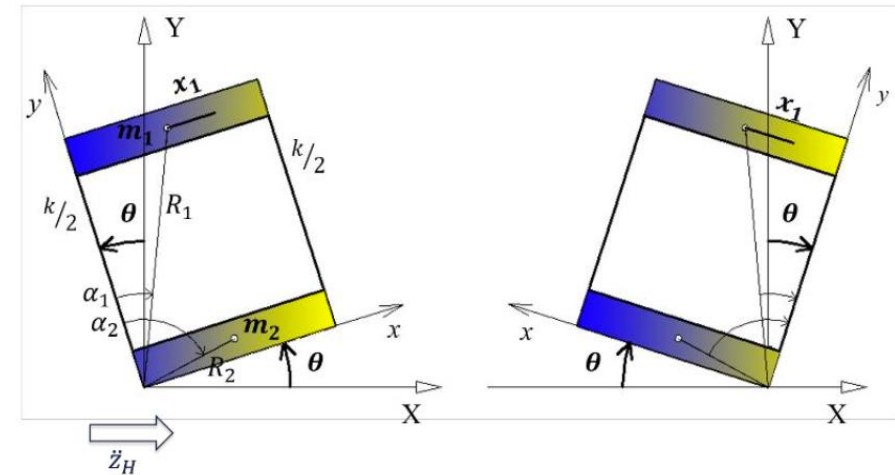
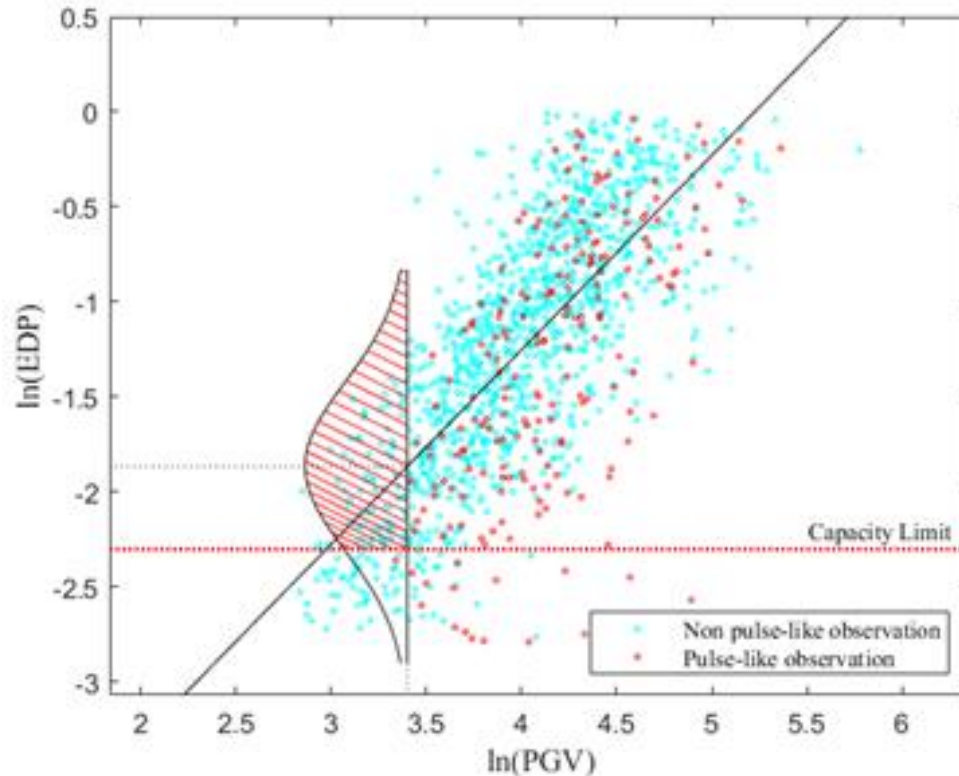
#### Stati limite per i componenti non strutturali relativi ad apparecchiature industriali

- i) l'inadeguata capacità, o totale indisponibilità, dei materiali utili allo spegnimento di incendio, come acqua e schiume;
- ii) la mancanza dei servizi di impianto come, ad esempio, l'elettricità e il dimensionamento inadeguato dei sistemi di backup;
- iii) la scarsa disponibilità (o totale indisponibilità) di squadre di emergenza esterne;
- iv) l'eventuale scarsa preparazione dell'affrontare un incidente tecnologico in caso di evento naturale o di incidenti a cascata;
- v) la mancanza o l'inefficacia di piani di emergenza specificatamente sviluppati per considerare incidenti Natech e relativi eventi domino;
- vi) l'inaccessibilità del sito e delle infrastrutture esterne a causa dell'evento naturale (ad esempio detriti che non permettono il passaggio);
- vii) il malfunzionamento o la mancanza dei sistemi standard di comunicazione usati all'interno del sito o per comunicare con l'esterno. Su tali aspetti l'unità operativa sta sviluppando specifiche procedure e metodologie.

# WP 17 - Task 4: Temi speciali

## Temi trattati dal Task al III trimestre

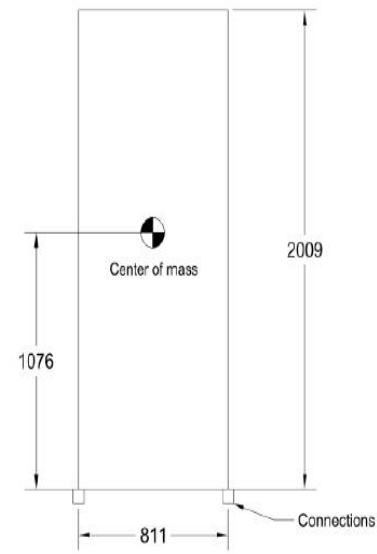
### Valutazione del comportamento sismico di elementi non strutturali governati dal rocking



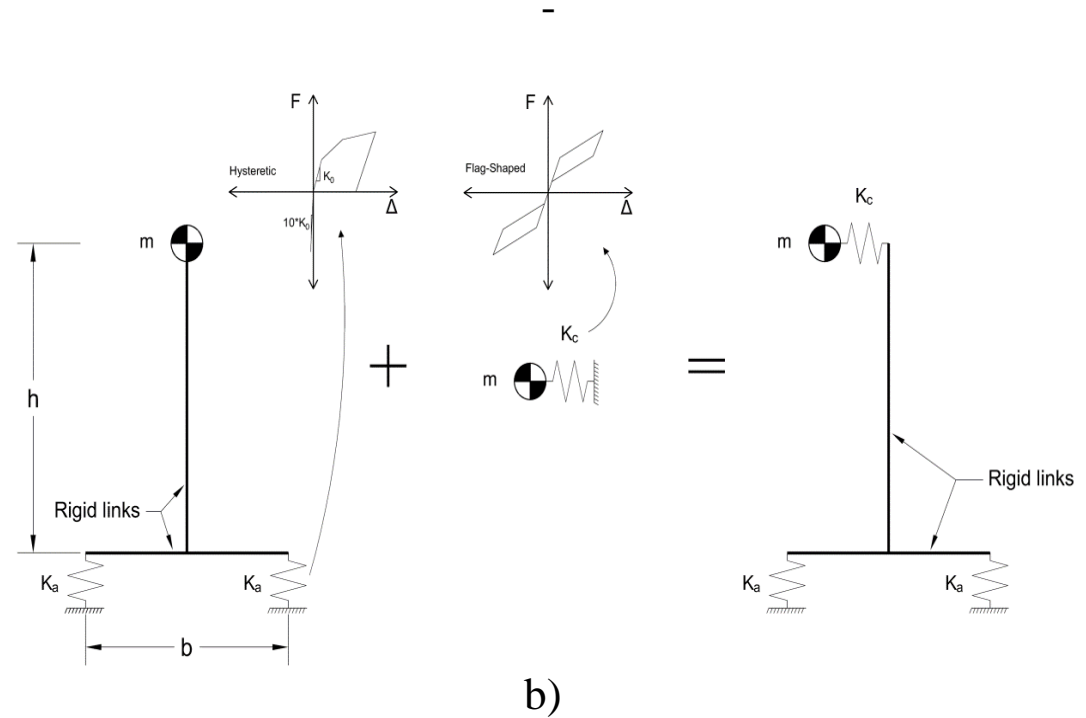
# WP 17 - Task 4: Temi speciali

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### Proposta di fattori di comportamento per cabine elettriche



a)



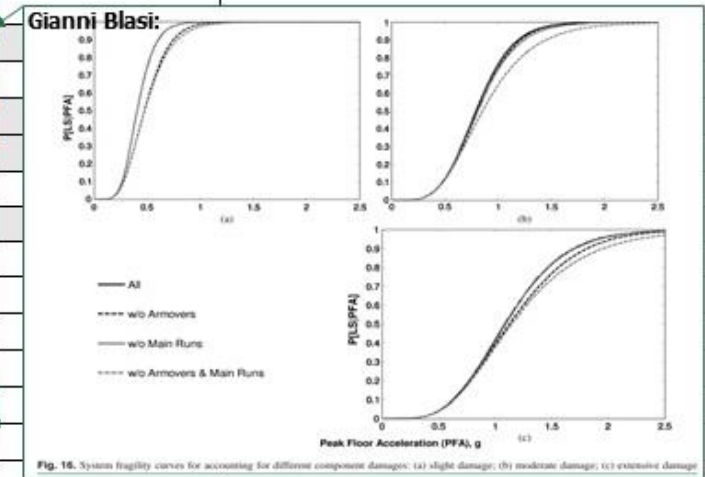
b)

# WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### Database degli studi numerici sulle reti di impianto


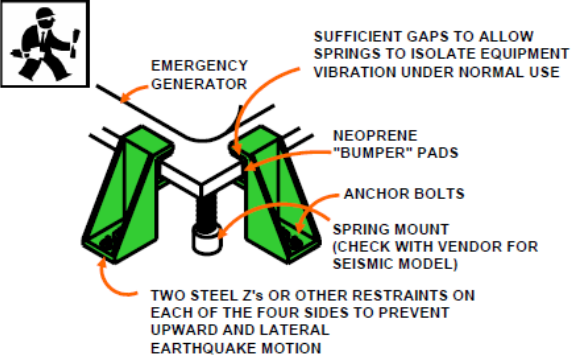
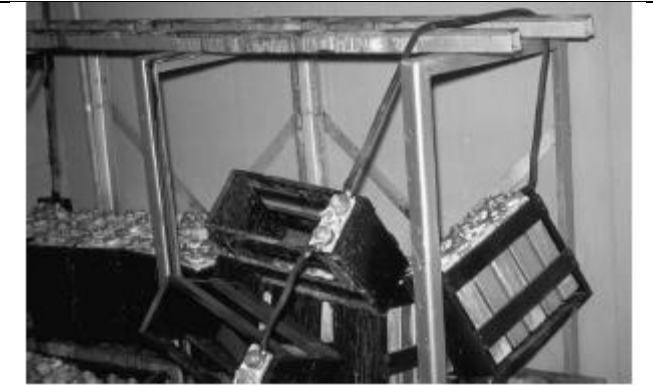
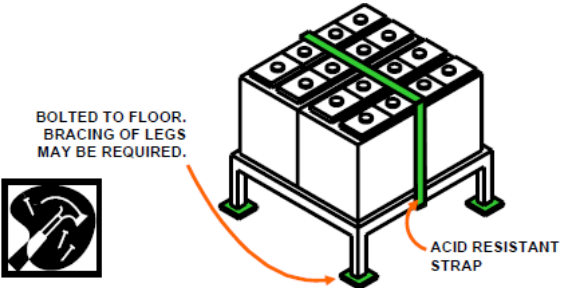
ID	Model ID	Model		Analysis		Output		
		Approach	Analysis type	Seismic Input	O1	O2	O3	
1_1	Specimen 1	Lumped plasticity	NL Dynamic	Horizontal	Test-vs-Numerical curves			
1_2	Specimen 2	Lumped plasticity	NL Dynamic	Horizontal	n.a.			
2_1	Model_1	Lumped plasticity	NL Dynamic	Horizontal	Fragility functions	Fragility functions	Fragility functions	
3_1	UCSF_Sys	Lumped plasticity	NL Dynamic	H+V	Fragility functions	Fragility functions		
4_1	UCSF_Sys	Lumped plasticity	NL Dynamic	H+V	Fragility functions	Fragility functions		
5_1	Model_1	Linear Elastic	Linear dynamic	Horizontal	Fragility functions			
6_1	FP	Lumped plasticity	NL Dynamic	Horizontal	Max disp, Max accel	Damage levels		
6_2	MP	Lumped plasticity	NL Dynamic	Horizontal	Max disp, Max accel	Damage levels		
7_1	Model_1	Linear Elastic	Linear dynamic	Horizontal	Max internal forces			
8_1	Case study_1	Linear Elastic	NL Dynamic	Horizontal	Max internal forces			
9_1	Model_1	Smearred plasticity	NL Dynamic	Vertical	Fragility functions			
0	0							
0	0							
0	0							
0	0							
0	0							
0	0							
0	0							



# WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

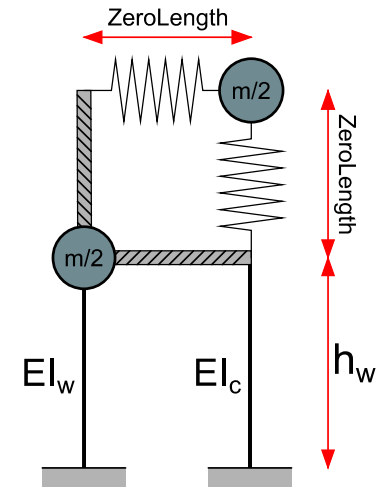
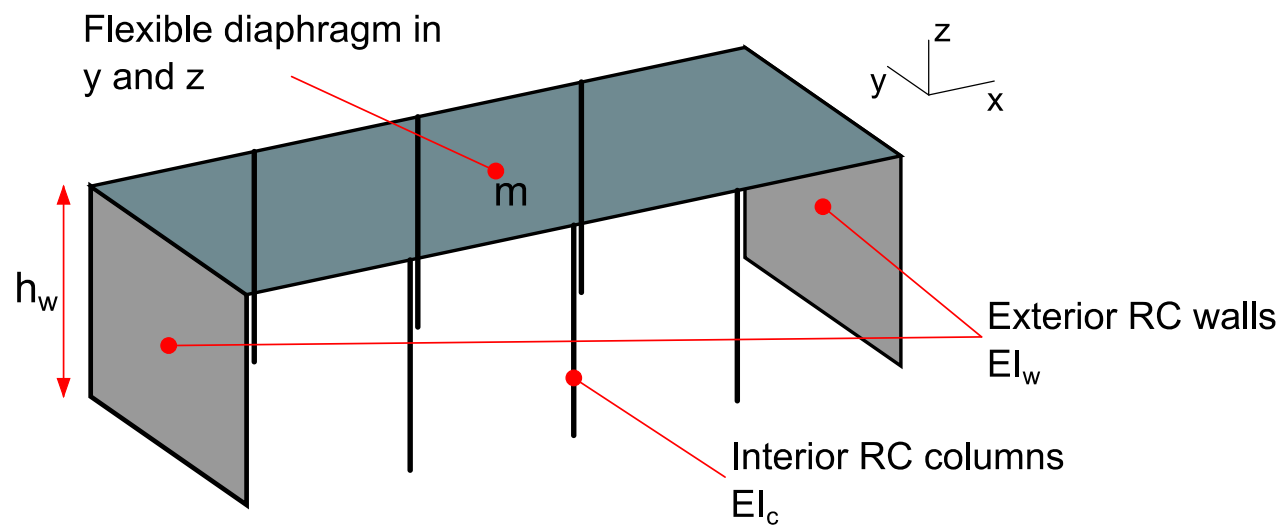
### Analisi delle criticità dei componenti delle reti di impianto

	
<p>Criticità</p>	<p>Rimedio</p>
	
<p>Criticità</p>	<p>Rimedio</p>

# WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

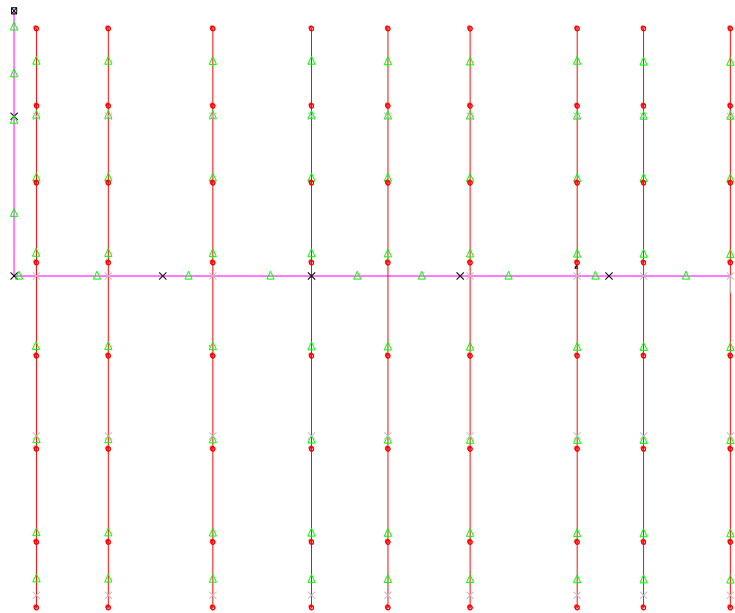
### Influenza della flessibilità degli impalcati sulla domanda sismica per gli elementi non strutturali



# WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### Progettazione antisismica di una rete di impianto con caso studio



#### LEGENDA

- Collettore
- Diramazione
- ⊗ Giunto filettato diramazione
- ⊗ Giunto filettato collettore
- Sprinkler
- △ Sostegno verticale





# WP 17 - Task 5: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

## Temi trattati dal Task al III trimestre

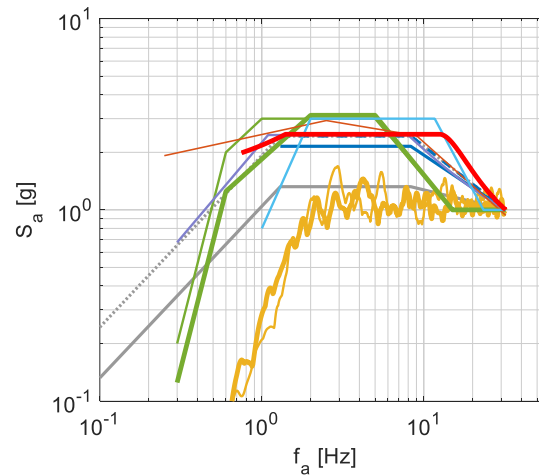
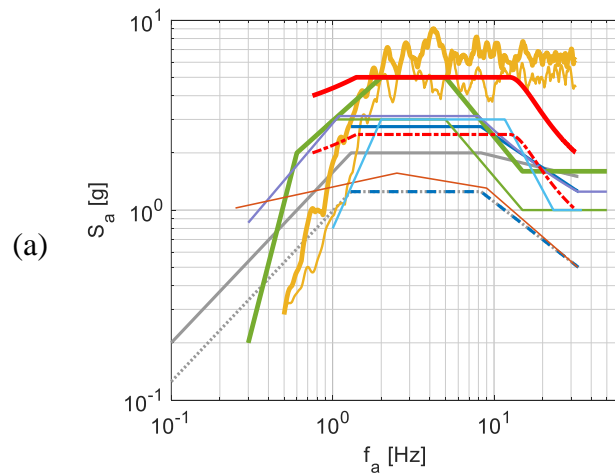
### Valutazione di parametri prestazionali per la progettazione sismica di sistemi di installazione di impianti sospesi

Archetype ID	Key Archetype Design Parameters					
	Geometry	Pipe Material	Pipe Diameter (mm)	Pipe Ring Typology	$q_d$	$T_d/T_1$
Performance Group PG-1						
1	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	1	0
2	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	2	0
3	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	3	0
4	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	4	0
5	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	1	1
6	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	2	1
7	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	3	1
8	WB	CPVC	50	Soft Pipe Ring	4	1
Performance Group PG-2						
9	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	1	0
10	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	2	0
11	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	3	0
12	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	4	0
13	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	1	1
14	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	2	1
15	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	3	1
16	WB	CPVC	50	Stiff Pipe Ring	4	1

# WP 17 - Task 6: Qualificazione e certificazione

## TemI trattati dal Task al III trimestre

### Definizione e applicazione sperimentale di un nuovo protocollo per la qualificazione sismica degli elementi non strutturali



# WP 17 - Task 6: Qualificazione e certificazione

## Temi trattati dal Task al III trimestre

**Definizione di una specifica tecnica armonizzata per la qualificazione sismica di facciate ventilate**

**Specifiche tecniche armonizzate:**

- Alcune norme EN di prodotto (circa il 10% del totale)
- European Assessment Documents (EAD)

# WP 17 - Task 6: Qualificazione e certificazione

## Temi trattati dal Task al III trimestre

### Definizione di una specifica tecnica armonizzata (EAD) per la qualificazione – anche sismica - di facciate ventilate

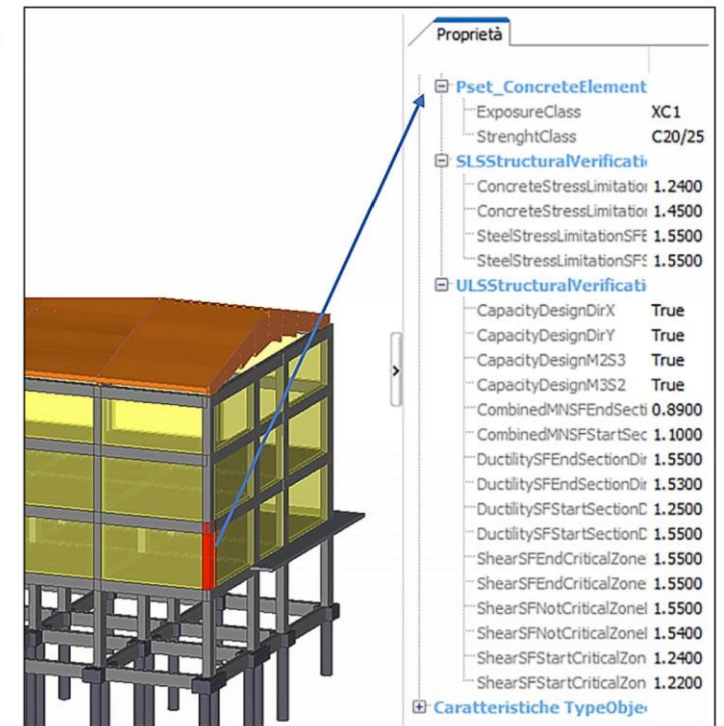
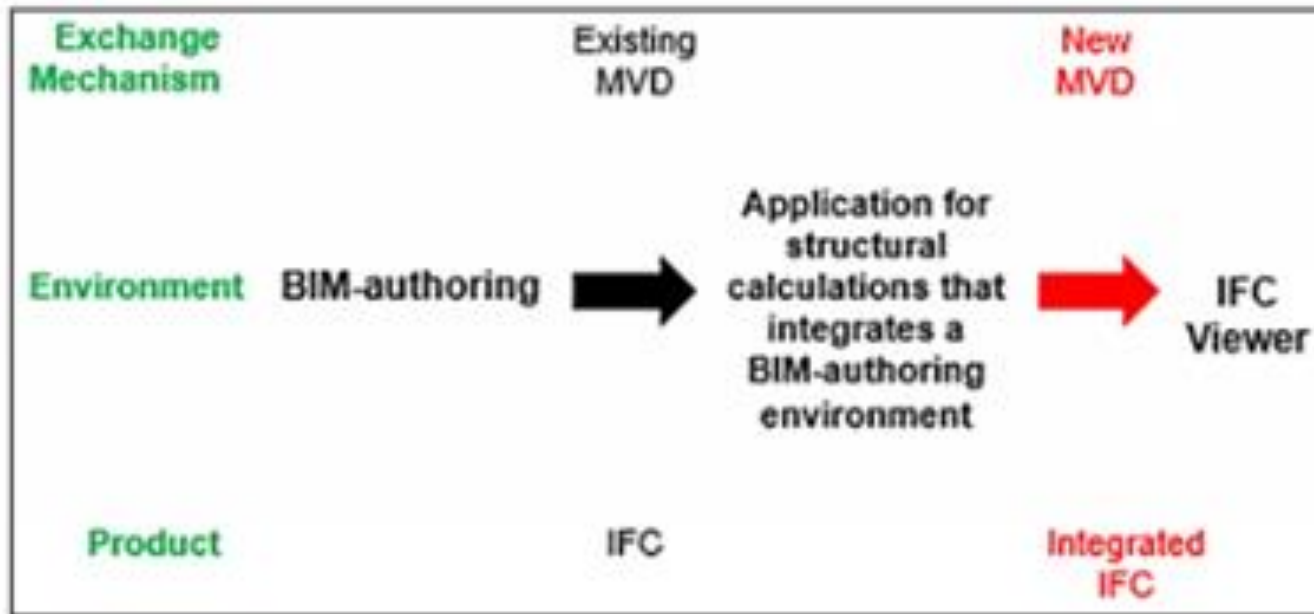
Basic Works Requirement 2: Safety in case of fire	
1	Reaction to fire
2	Façade fire performance
3	Propensity to undergo continuous smouldering
Basic Works Requirement 3: Hygiene, health and the environment	
4	Watertightness of joints (protection against driving rain)
5	Water absorption
6	Water vapour permeability (for non-ventilated façades)
7	Drainability
8	Content, emission and/or release of dangerous substances
Basic Works Requirement 4: Safety and accessibility in use	
9	Wind load resistance
10	Resistance to horizontal point loads
11	Impact resistance
12 to 15	Mechanical resistance (*). Cladding elements
16 to 21	Mechanical resistance (*). Connexion between the cladding elements and the cladding fixings
22 to 24	Mechanical resistance (*). Cladding fixings

25	Resistance of profiles (*)
26	Tension/pull-out resistance of subframe fixings (*)
27	Shear load resistance of subframe fixings (*)
28	Brackets resistance (horizontal and vertical load) (*)
29	Resistance to seismic loads. Out-of-plane fundamental vibration
30	Resistance to seismic loads. Out-of-plane acceleration
31	Resistance to seismic loads. In-plane displacement
Basic Works Requirement 5: Protection against noise	
32	Airborne sound insulation
Basic Works Requirement 6: Energy economy and heat retention	
33	Thermal resistance
Aspects of durability (**)	
34	Hygrothermal behaviour
35	Behaviour after pulsating load
36	Freeze-thaw resistance
37	Behaviour after immersion in water
38	Dimensional stability by humidity

# WP 17 - Task 7: Integrazione BIM

## Temi trattati dal Task al III trimestre

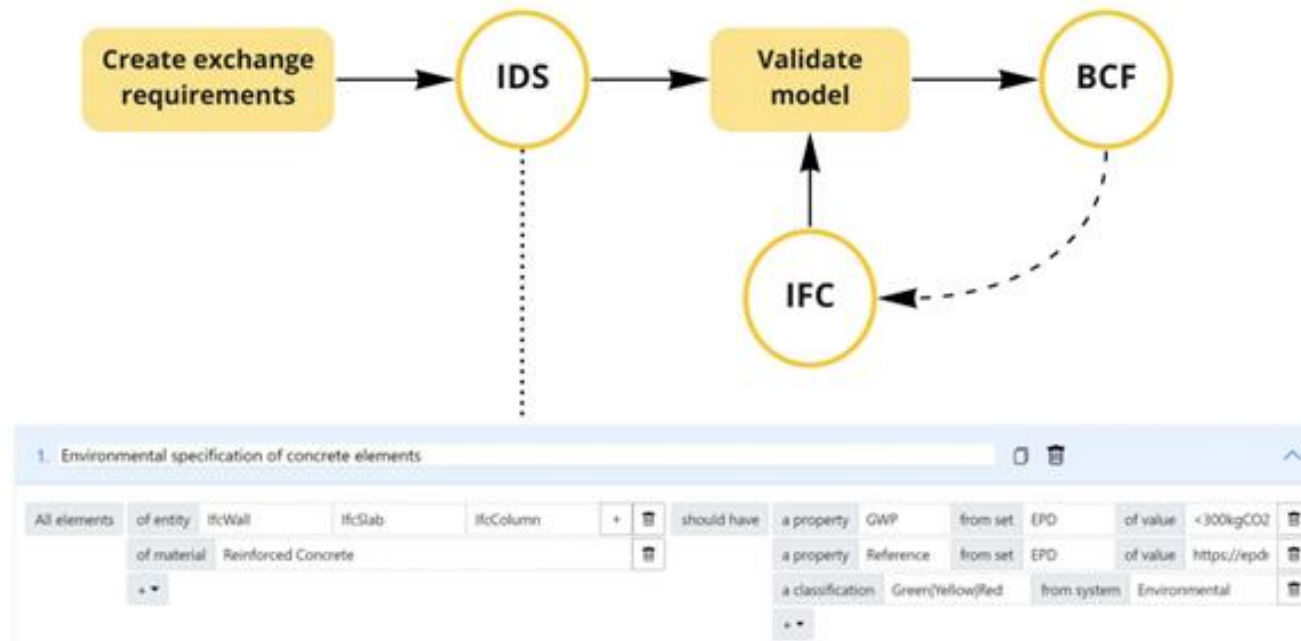
Definizione di un approccio openBIM per l'integrazione delle informazioni strutturali (e non strutturali) a supporto delle attività delle autorità edilizie.



## WP 17 - Task 7: Integrazione BIM

### Temi trattati dal Task al III trimestre

Definizione di una metodologia per lo scambio informativo che prevede l'utilizzo dell'IDS (Information Delivery Specification), standard di Building Smart International, per la fase di validazione del progetto.



## WP 17 - Contributi normativi per elementi non strutturali

### Prospettive di ricerca: effettiva applicazione della normativa vigente

- **Definizione unificata della domanda sismica per tipologie di elementi non strutturali**
- **Definizione unificata di metodi di valutazione analitica della capacità sismica per tipologie di elementi non strutturali **costruiti** in cantiere**
- **Definizione unificata di metodi di valutazione sperimentale della capacità sismica per tipologie di elementi non strutturali **assemblati** in cantiere**