

# LA RICERCA ITALIANA IN INGEGNERIA SISMICA E LE ATTIVITÀ DI RELUIS A 40 ANNI DAL TERREMOTO CAMPANO-LUCANO



## LE RICERCHE RELUIS A SUPPORTO DELLA NORMATIVA

Guido Magenes

*Professore di Tecnica delle Costruzioni*

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura  
Università degli Studi di Pavia



LUNEDÌ 23 NOVEMBRE 2020

## RELUIS e il supporto alla normativa

Fin dalla nascita del Consorzio, numerose e significative sono state le attività RELUIS a supporto delle normative finalizzate alla riduzione del rischio sismico

### Obiettivi

- Svolgimento di ricerche mirate a supporto del miglioramento/ aggiornamento delle normative tecniche o di loro specifiche parti.
- Sviluppo di
  - documenti pre-normativi e post-normativi
  - linee guidaper favorire una implementazione efficace nella pratica progettuale e costruttiva delle normative in vigore o in corso di rinnovamento
- Agevolazione del trasferimento delle risultanze della ricerca nella pratica, divulgazione.

Norme in cui sono confluite le risultanze dell'attività di ricerca svolta in ambito RELUIS:

- Norme tecniche nazionali per le costruzioni (NTC08, NTC18)
- Norme tecniche europee (Eurocodici e loro Annessi Nazionali)
- Istruzioni e linee guida CNR
- Altre normative

## Progetto RELUIS-DPC 2019-2021

Collaborazione nelle attività di predisposizione della normativa tecnica di riferimento  
(art. 19 D.LGS 1/2018 lett.d)

WP 9 - Archiviazione armonizzata dei risultati delle ricerche ReLUIS

WP 15 - Isolamento e dissipazione

WP 10 - Costruzioni esistenti in muratura

WP 16 - Geotecnica

WP 11 - Costruzioni esistenti in cemento armato

WP 17 - Componenti non strutturali

WP 12 Costruzioni civili e industriali di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo

WP 18 - Azione sismica

WP 13 - Strutture in legno

WP 19 - Definizione della carta di pericolosità sismica locale a scala nazionale

WP 14 - Materiali innovativi per Interventi su costruzioni esistenti

WP 20 - Moduli abitativi temporanei post

## Progetto RELUIS-DPC 2019-2021

Collaborazione nelle attività di predisposizione della normativa tecnica di riferimento (art. 19 D.LGS 1/2018 lett.d)

WP 9 - Archiviazione armonizzata dei risultati delle ricerche ReLUIs

WP 15 - Isolamento e dissipazione

WP 10 - Costruzioni esistenti in muratura

WP 16 - Geotecnica

WP 11 - Costruzioni esistenti in cemento armato

WP 17 - Componenti non strutturali

WP 12 Costruzioni civili e industriali di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo

WP 18 - Azione sismica

WP 13 - Strutture in legno

WP 19 - Definizione della carta di pericolosità sismica locale a scala nazionale

WP 14 - Materiali innovativi per Interventi su costruzioni esistenti

WP 20 - Moduli abitativi temporanei post

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes

### Unità di Ricerca coinvolte

- **UniPV-a** - Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP10 Prof. G. Magenes
- **UniBO** - Responsabile Scientifico Prof. S. De Miranda
- **UniBS** - Responsabile Scientifico Prof. M. Preti
- **UniCT** - Responsabile Scientifico Prof. Ivo Calì
- **UniCH** - Responsabile Scientifico Prof. G. Camata
- **UniGE-a** - Responsabile Scientifico Prof. S. Lagomarsino
- **UniGE-b** - Responsabile Scientifico Prof. S. Cattari
- **PoliMI** - Responsabile Scientifico Prof. G. Milani
- **UniNA-a** - Responsabile Scientifico Prof. P. Ricci
- **UniNA-b** - Responsabile Scientifico Prof. B. Calderoni/G. Brandonisio
- **UniNA-c** - Responsabile Scientifico Prof. F. Parisi
- **UniNA-d** - Responsabile Scientifico Prof. A. De Luca
- **UniPD** - Responsabile Scientifico Prof. F. da Porto
- **UniPV-b** - Responsabili Scientifici Prof. A. Penna e Prof. F. Graziotti
- **UniRM1** - Responsabile Scientifico Prof. L. Sorrentino
- **PoliTO** - Responsabile Scientifico Prof. F. Di Trapani
  
- *UniPA - Responsabile Scientifico Prof. L. Cavaleri*
- *IUAV - Responsabile Scientifico Prof. A. Saetta*

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

### Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi (coord. S.Lagomarsino, G.Magenes)

#### Subtask 10.1.1 Muratura strutturale

- **Applicazione/validazione delle principali innovazioni introdotte nella circolare NTC 2018** (formule di **capacità in resistenza e in spostamento per meccanismi nel piano e meccanismi locali fuori piano**). Studio della sensitività dei risultati delle verifiche alla variazione di alcuni fattori significativi legati sia al metodo di valutazione della domanda che al metodo di valutazione della capacità.
- Miglioramento dell'**associazione tra danno fisico e definizione quantitativa degli stati limite** (in particolare SLV e SLC) dei singoli elementi e dei sistemi strutturali.
- Studio dell'**interazione tra metodo di analisi e capacità** (possibilità di redistribuzione delle azioni nell'analisi lineare, rapporto di sovrarresistenza e fattore di struttura) nell'analisi lineare, e conseguenti indicazioni normative.

#### Subtask 10.1.2 Muratura non strutturale (coord. P. Ricci)

- Migliore definizione delle **macro-tipologie di tamponamenti** (non rinforzati, rinforzati, duttili, dissipativi, ...), con i **relativi requisiti minimi prestazionali** associati, utili alla successiva **definizione dei valori limite di verifica agli stati limite di danno e ultimo** (come, ad esempio, gli spostamenti massimi di interpiano) e alla possibile distinzione delle metodologie di calcolo/verifica consentite.
- Migliore definizione degli **approcci di calcolo per la stima degli spostamenti di interpiano**
- **Definizione dei criteri di valutazione della capacità delle tamponature** (in forza e in spostamento, e in particolare, ma non esclusivamente, fuori piano e con riferimento all'interazione con la domanda di deformazione nel piano).
- **Sviluppo di Linee guida** per la verifica sismica delle tamponature in muratura e collaborazione ad attività prenormative e normative (Linee Guida CNR su Elementi non strutturali, Eurocodice 8) sul tema.

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

### Task 10.2 - Definizione dei valori di calcolo per la verifica di capacità in relazione al livello di conoscenza (LC) e al criterio di quantificazione dell'incertezza residua (coord. A.Penna).

Confronto tra NTC18 e bozza di revisione EC8-3 per la verifica di strutture esistenti in muratura mediante analisi statiche non lineari (casi studio). Calibrazione dei fattori di sicurezza in funzione dell'incertezza residua determinata in base al livello di conoscenza raggiunto.

### Task 10.3 - Validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma (coord. S.Cattari)

Sviluppo di esempi benchmark e linea guida per l'uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura.

*Documento reso disponibile al pubblico sul sito RELUIS (<http://www.reluis.it>) e presentato in un webinar il 13 novembre 2020.*

### Task 10.4 - Verifica della sicurezza con riferimento alle condizioni di campo vicino (coord. L.Sorrentino). *In collaborazione con WP 18 Azione sismica (coord. R.Paolucci)*

Studio dell'effetto sulle strutture in muratura delle caratteristiche del moto in condizioni di campo vicino (componente verticale elevata, carattere impulsivo) con riferimento a:

- qualità muraria
- meccanismi locali
- risposta globale

al fine di valutare se sono necessarie integrazioni alla normativa.



# Uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura

## v1.0

Prodotto della ricerca nell'ambito del Task 10.3 -  
*Validazione/confronto strumenti software per  
l'applicazione dei metodi di verifica da norma*

del Progetto ReLUIS (accordo quadro con il Dipartimento  
della Protezione Civile 2019-2021)

Novembre 2020

## WP11 – Aspetti normativi Costruzioni in Cemento Armato

Coordinatori: Giorgio Monti e Enrico Spacone

### Unità di Ricerca coinvolte

- **UniRM1** - Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP11 Prof. G. Monti
- **UniCH** - Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP11 Prof. E. Spacone
- **UniAQ** - Responsabile Scientifico Prof. A. Gregori
- **UniBas** - Responsabile Scientifico Prof. A. Masi
- **UniCT** - Responsabile Scientifico Prof. E. Marino
- **UniUAV** - Responsabile Scientifico Prof. A. Saetta
- **UniNA** - Responsabile Scientifico Prof. A. Prota
- **UniNA** - Responsabile Scientifico Prof. G.M. Verderame
- **UniNA** - Responsabile Scientifico Prof. E. Nigro
- **UniPR** - Responsabile Scientifico Prof. B. Belletti
- **UniRM1** - Responsabile Scientifico Prof. G. Quaranta
- **UniRM3** - Responsabile Scientifico Prof. C. Nuti
- **PoliBA** - Responsabile Scientifico Prof. G. Uvai
- **PoliTO** - Responsabile Scientifico Prof. A. Fantilli
- **PoliTO** - Responsabile Scientifico Prof. P. Castaldo

## WP11 – Aspetti normativi Cemento Armato

***WP 11 - Task 1 Valutazione della resistenza e modellazione di elementi strutturali in cemento armato***

***WP 11 - Task 2 Valutazione della sicurezza strutturale attraverso metodi non lineari***

***WP 11 - Task 3 Valutazione della sicurezza strutturale di ponti esistenti in cemento armato***

***WP 11 - Task 4 Format di valutazione della sicurezza sismica e statica di costruzioni esistenti mediante analisi non lineari***

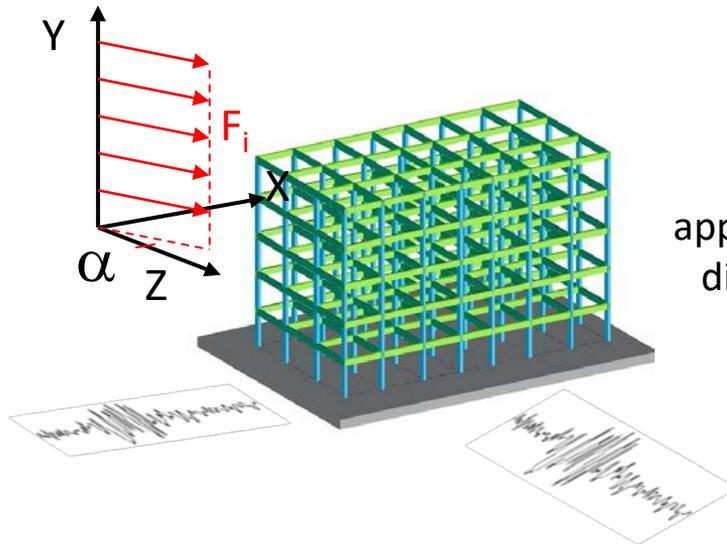
### Capacità di Meccanismi Duttile e Fragili (Aggiornamenti delle Normativa)

- Formule della capacità di rotazione per elementi duttili: aggiornamenti per barre lisce, corrosione e buckling
- Formule della capacità a taglio di nodi con differenti geometrie e/o differenti tipologie di armatura longitudinale (liscia o nervata)
- Formule della capacità a taglio di sezioni con e senza armatura trasversale
- Formule per il calcolo della duttilità delle sezioni rettangolari
- Formule semplificate per il calcolo del confinamento
- Incremento del momento negativo resistente delle travi agli appoggi dovuto alla presenza di un solaio armato (con impatto sul Capacity Design)

## Metodi di Analisi Nonlineari (Aggiornamenti della Normativa)

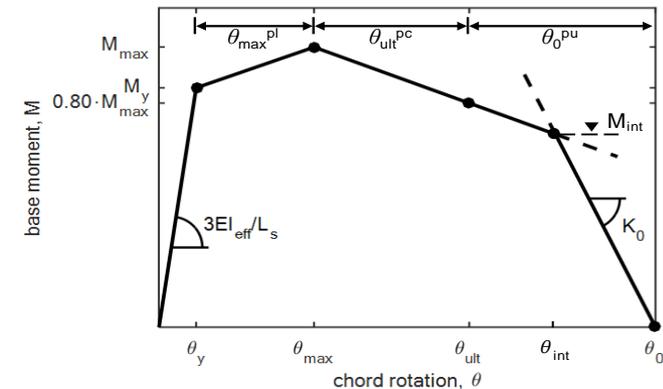
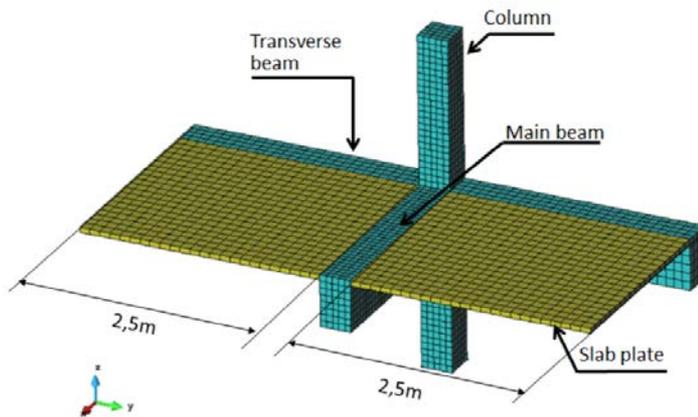
- Disamina dei metodi di analisi nonlineari (Statici e Dinamici) per edifici e ponti.
- Disamina critica dei metodi di PushOver (PO) presenti nelle NTC2018 e altri metodi disponibili in letteratura e nei software commerciali
- Chiarimenti sulle modalità di applicazione della regola 100-X%
- Revisione delle attuali prescrizioni normative sulle distribuzioni di forze per le PO e indicazione (per la Circolare) sulle modalità di esecuzione delle PO
- Aggiornamento dei fattori di sicurezza per PO
- Modellazione dei solai di piano nel caso di solaio deformabile
- Impatto della modellazione SSI (Soil-Structure Interaction) sulla valutazione della sicurezza strutturale attraverso metodi di calcolo non-lineari (edifici e ponti)

## ALCUNI ESEMPI



Strutture benchmark (regolari e irregolari) per gli approfondimenti sulle analisi statiche (comprese le modalità di applicazione delle PO inclinate) e dinamiche non lineari

Modello solai-trave-nodo-colonna  
Per stimare l'effettivo sul momento negativo resistente della trave all'appoggio



Curve Momento-Rotazione per cerniere non lineari di elementi duttili con barre lisce

## WP12 - Contributi normativi relativi a costruzioni civili e industriali di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo

**Coordinatori:** Raffaele Landolfo - Riccardo Zandonini

### UR Componenti:

|              |                               |
|--------------|-------------------------------|
| UNINA        | (Resp. Raffaele Landolfo)     |
| UNISA        | (Resp. Vincenzo Piluso)       |
| UNIFI        | (Resp. Walter Salvatore)      |
| UNISANNIO    | (Resp. Marisa Pecce)          |
| UNIVPM       | (Resp. Fabrizio Gara)         |
| UNICAMP-ING  | (Resp. Alberto Mandara)       |
| UNICAMP-DADI | (Resp. Gianfranco De Matteis) |
| UNITN        | (Resp. Riccardo Zandonini)    |
| UNITS        | (Resp. Claudio Amadio)        |

### Obiettivo generale:

Valutazione della vulnerabilità sismica di costruzioni civili e industriali esistenti di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo, con le finalità di sviluppare linee guida di carattere pre-normativo e di rendere disponibili informazioni sul grado di vulnerabilità sismica di diversi sistemi costruttivi rappresentativi del panorama del costruito nazionale

## Contributi normativi relativi a costruzioni di acciaio

### Motivazione:

Le regole per le strutture di acciaio della NTC2018 si basano prevalentemente su quelle dell'EC8(2005) che presentano diverse lacune e criticità.

### Obiettivo:

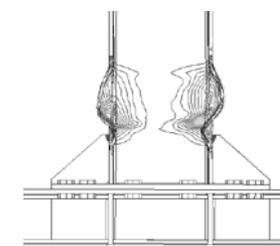
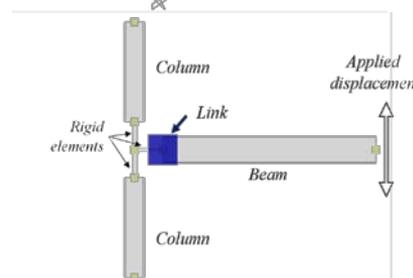
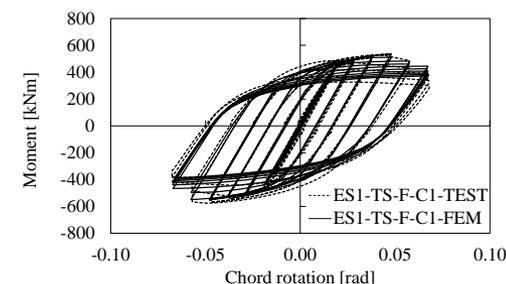
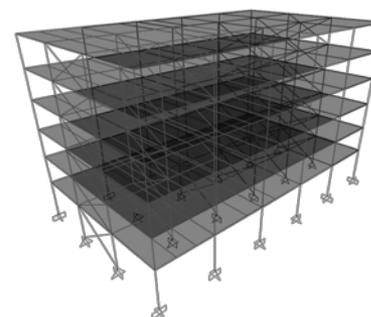
Revisione e proposta di modifica delle regole di progetto per telai e strutture controventate di acciaio ed introduzione di regole per strutture con profili leggeri di classe 4 che non sono attualmente previste dalla NTC2018

### Metodologia:

Procedure di progetto teoriche validate mediante analisi numeriche di tipo parametrico di diversi archetipi strutturali e analisi FEM per la caratterizzazione della risposta locale delle componenti duttili

### Struttura delle linee guida

- Introduzione (*premessa, contenuto e scopo*)
- Esame delle criticità delle regole di progetto della NTC2018 per le strutture di acciaio (classi di duttilità, materiale, regole di gerarchia)
- Revisione delle regole di progetto dei sistemi strutturali
- Introduzione di nuovi sistemi strutturali
- Revisione delle regole di progetto dei dettagli costruttivi
- Esempi di progettazione



## Contributi normativi relativi a costruzioni composte acciaio-calcestruzzo

### Motivazione:

Le correnti norme non forniscono indicazioni e/o formulazioni progettuali per il rinforzo di elementi in c.a. con carpenteria metallica.

### Obiettivo:

Redazione delle linee guida per la progettazione di interventi di rinforzo e adeguamento sismico di edifici in c.a. mediante acciaio da carpenteria

### Metodologia:

Procedure di progetto teoriche semplificate validate mediante modelli numerici 3D  
Sperimentazione fisica a supporto dello studio teorico-numerico

### Struttura delle linee guida

- Introduzione (*premessa, danni agli edifici esistenti, contenuto e scopo*)
- Materiali e Tecniche di realizzazione (*acciaio da carpenteria, fasi realizzative*)
- Basi per il progetto del rinforzo (*requisiti generali, valori di progetto dei materiali*)
- Rinforzo a flessione (*generalità, comportamento allo SLU, flessione, pressoflessione*)
- Esempi di progettazione di rinforzo con carpenteria metallica su elementi in c.a.



## WP13 - Contributi normativi relativi a strutture in legno

(coordinatore prof. M. Piazza, UNITN)

### Struttura generale del WP

Task 13.1 Strutture lignee a telaio pesante

Task 13.2 Edifici in legno a telaio leggero

Task 13.3 Edifici in legno a pannelli massicci

Task 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi  
lignei di piano e sulla copertura

### Obiettivo generale del WP

Secondo l'orientamento del D.P.C., l'obiettivo è quello di sviluppare documenti pre-normativi, normativi, linee guida, per una implementazione efficace nella pratica costruttiva delle nuove normative e delle risultanze delle ricerche già svolte nel corso dei precedenti progetti DPC – ReLUIs.

### U.R. partecipanti al WP

| Nome partecipante  | Coordinatore U.R. | Attività principale   |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Maurizio Piazza    | UR_UNITN          | Task 13.2, 13.3, 13.4 |
| Beatrice Faggiano  | UR_UNINA          | Task 13.1, 13.4       |
| Alessandra Gubana  | UR_UNIUD          | Task 13.2, Task 13.4  |
| Massimo Fragiacomò | UR_UNIVAQ         | Task 13.3             |

## WP13 - Contributi normativi relativi a strutture in legno

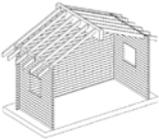
- Task 13.1 Strutture lignee a telaio pesante (Beatrice Faggiano, UR\_UNINA)
- Task 13.2 Edifici in legno a telaio leggero (Alessandra Gubana, UR\_UNIUD)
- Task 13.3 Edifici in legno a pannelli massicci (Massimo Fragiaco, UR UR\_UNIVAQ)

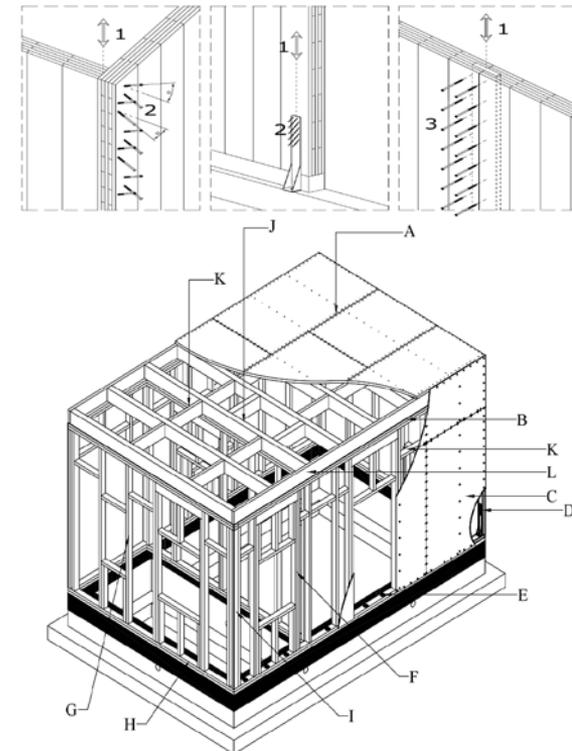
### LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI A STRUTTURA LIGNEA

#### CONTRIBUTO ALLO SVILUPPO DI EN 1998 - PARTE 1-2 - 13. SPECIFIC RULES FOR TIMBER BUILDINGS

Structural types, behaviour factors, capacity design, structural details

#### Timber structural types and examples of structures (→ fattori di comportamento)

| Examples of structural types*                                                      | Timber structural types                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | a) <u>Cross laminated timber structures</u><br>Cross laminated timber structures are those where the primary structure (see 3.1.23) is composed of shear walls made of cross laminated timber panels which follow the provision of 13.3.2(1). Cross laminated timber structures should be designed according to 13.7.                                                                |
|   | b) <u>Light-frame structures</u><br>Light-frame structures are those where the primary structure is composed of shear walls made of timber frames to which a wood-based panel (e.g. plywood or OSB) or other type of sheathing material is connected. Light-frame structures should be designed according to 13.8: b1) With fully anchored walls; b2) With partially anchored walls. |
|  | c) <u>Log structures</u><br>Log structures are those where the primary structure is composed by the superposition of rectangular or round solid or glulam timber elements ('logs'), prefabricated with carpentry connections at their ends and with upper and lower grooves. Log structures should be designed according to 13.9.                                                    |
| ...                                                                                | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



# WP13 - Contributi normativi relativi a strutture in legno

Task 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura (resp. Prof. Maurizio Piazza, UNITN)

## LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE SISMICA DEGLI ORIZZONTAMENTI LIGNEI

### CONTRIBUTO ALLO SVILUPPO DI EN 1998-PARTE 3. 10. SPECIFIC RULES FOR TIMBER BUILDINGS

#### Assessment and retrofitting of buildings and bridges

**10.8 Resistance models for strengthening** .....

10.8.1 Material design resistance .....

10.8.2 Diaphragms .....

10.8.2.1 **Methods for strengthening** .....

10.8.2.2 Modelling and analysis .....

10.8.2.3 Verifications .....

10.8.3 Timber frames .....

10.8.3.1 Methods for strengthening .....

10.8.3.2 Modelling and analysis .....

10.8.3.3 Verifications .....

10.8.4 Carpentry joints .....

10.8.4.1 General .....

10.8.4.2 Repair and reinforcement .....

10.8.4.3 Verifications .....

10.8.5 Dowel-type joints .....

10.8.5.1 Reinforcement measures .....

10.8.5.2 Verifications .....

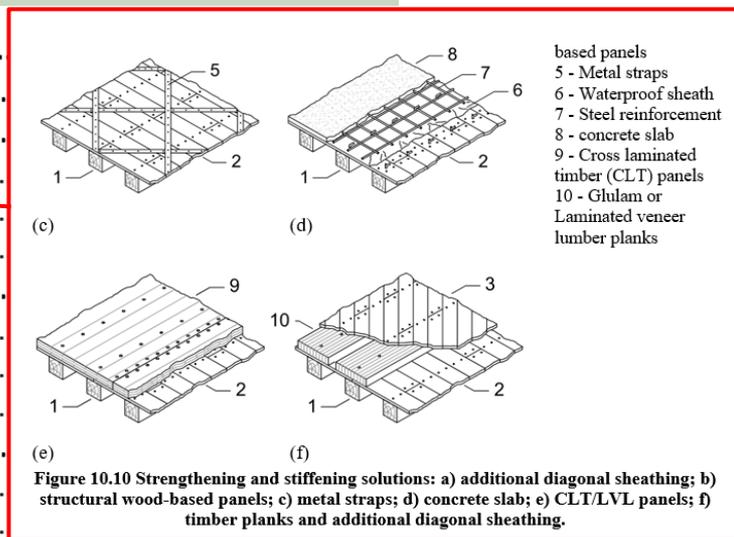


Table 10.7 Equivalent shear stiffness values  $G_{d,0}$  [kN/m]\*

|                                           | No retrofit | Type of retrofitted diaphragm (Figure 10.2) |      |      |       |
|-------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------|------|------|-------|
|                                           |             | (a)                                         | (b)  | (e)  | (f)** |
| Single straight sheathing                 | 150         | 3000                                        | 1800 | 3000 | 3000  |
| Single straight sheathing (SQ joists) *** | 400         | 3600                                        | 2400 | 4100 | 3800  |

\* Given values can be considered as reference values.

\*\* This retrofit strategy, that is mainly intended for improving diaphragm out-of-plane performance, requires squat joists (SQ) in order to be effective.

\*\*\* When the diaphragm is loaded in the direction perpendicular to the joists.

## WP14 - Contributi normativi relativi a Materiali Innovativi per Interventi su Costruzioni Esistenti

Il WP 14 ha come obiettivo l'implementazione di relazioni e raccomandazioni progettuali, utili all'aggiornamento o alla formulazione delle future normative tecniche relativamente agli interventi su costruzioni esistenti mediante l'utilizzo di **compositi a matrice polimerica (FRP)**, **compositi a matrice cementizia (FRCM)**, **intonaci armati con reti preformate in materiale composito (CRM)**, **calcestruzzi fibrorinforzati per rinforzo strutturale (HPFRC)**. Detti contributi normativi saranno supportati e completati con esempi progettuali e sintesi esplicative delle relative validazioni.



### TASK 1 - COMPOSITI A MATRICE POLIMERICA (FRP)

### TASK 2 - COMPOSITI A MATRICE INORGANICA (FRCM) ED INTONACI ARMATI (CRM)

### TASK 3 - CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI (HPFRC)

## Unità di Ricerca coinvolte

|                         |                                                          |                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Aiello Maria Antonietta | <b>Responsabile Scientifico</b><br>Coordinatore di Unità | Università del Salento           |
| Feo Luciano             | <b>Responsabile Scientifico</b><br>Coordinatore di Unità | Università di Salerno            |
| Bencardino Francesco    | Coordinatore di Unità                                    | Università della Calabria        |
| Bilotta Antonio         | Coordinatore di Unità                                    | Università di Napoli Federico II |
| Borri Antonio           | Coordinatore di Unità                                    | Università di Perugia            |
| Buratti Nicola          | Coordinatore di Unità                                    | Università di Bologna            |
| Ceroni Francesca        | Coordinatore di Unità                                    | Università di Napoli Parthenope  |
| De Felice Gianmarco     | Coordinatore di Unità                                    | Università di Roma Tre           |
| Di Prisco Marco         | Coordinatore di Unità                                    | Politecnico di Milano            |
| Focacci Francesco       | Coordinatore di Unità                                    | Università E-campus              |
| La Mendola Lidia        | Coordinatore di Unità                                    | Università di Palermo            |
| Mazzotti Claudio        | Coordinatore di Unità                                    | Università di Bologna            |
| Olivito Renato S.       | Coordinatore di Unità                                    | Università della Calabria        |
| Plizzari Giovanni       | Coordinatore di Unità                                    | Università di Brescia            |
| Poggi Carlo             | Coordinatore di Unità                                    | Politecnico di Milano            |
| Prota Andrea            | Coordinatore di Unità                                    | Università di Napoli Federico II |
| Realfonzo Roberto       | Coordinatore di Unità                                    | Università di Salerno            |
| Sacco Elio              | Coordinatore di Unità                                    | Università di Napoli Federico II |
| Rinaldi Zila            | Coordinatore di Unità                                    | Università di Roma Due           |
| Vairo Giuseppe          | Coordinatore di Unità                                    | Università di Roma Due           |
| Corbi Ileana            | Coordinatore di Unità                                    | Università di Napoli Federico II |

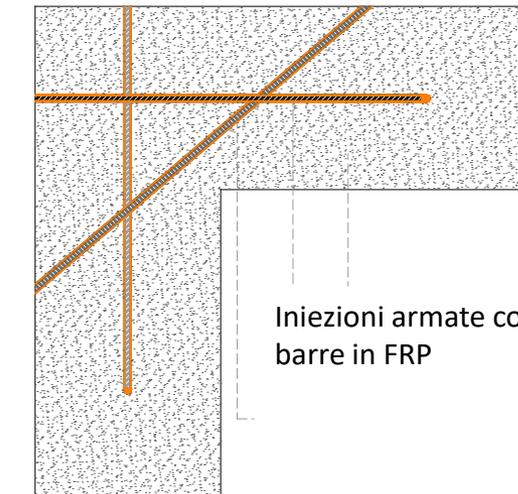
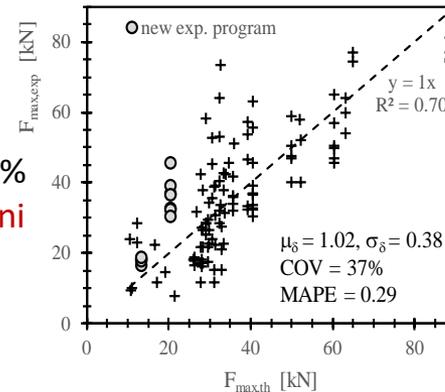
## WP14 – TASK 1 - COMPOSITI A MATRICE POLIMERICA (FRP)

Task 1.1 - Interventi con nuove tipologie di Materiali FRP

Task 1.2 - Sistemi di ancoraggio e di connessione

Task 1.3 - Sistemi di rinforzo per elementi non strutturali

Stima su base sperimentale e secondo approccio 'Design by Testing' dei valori medi e frattili 5% della forza di estrazione di **iniezioni armate realizzate con barre in acciaio e materiali FRP**



## WP14 – TASK 3 - CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI (HPFRC)

Task 3.1 - Interventi su strutture in calcestruzzo armato

Task 3.2 - Utilizzo di sistemi HPFRC su strutture in muratura

Messa a punto, di indicazioni progettuali per il dimensionamento degli interventi di rinforzo di strutture esistenti in calcestruzzo armato (travi, pilastri, nodi trave-pilastro, pareti), con relativa verifica degli incrementi di resistenza e duttilità.

Contributi normativi per il dimensionamento e la verifica di interventi di rinforzo mediante l'impiego di materiali HPFRC di strutture in muratura. In particolare, si prevede di fornire indicazioni progettuali principalmente in relazione al rinforzo di pareti murarie.



## WP14 – TASK 2 - COMPOSITI A MATRICE INORGANICA (FRCM) ED INTONACI ARMATI (CRM)

- Task 2.1 - Interventi su costruzioni in muratura: pannelli, elementi strutturali curvi, pilastri
- Task 2.2 - Interventi su costruzioni in calcestruzzo armato
- Task 2.3 - Aderenza, connessioni e dettagli costruttivi
- Task 2.4 - Comportamento a lungo termine dei materiali FRCM
- Task 2.5 - Interventi mediante intonaco armato (CRM)

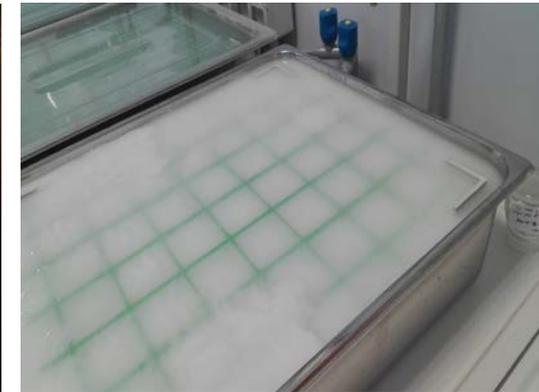


**Round Robin Test** (8 labs coinvolti): confinamento colonne murarie al variare del numero di strati

### Durabilità FRCM e CRM



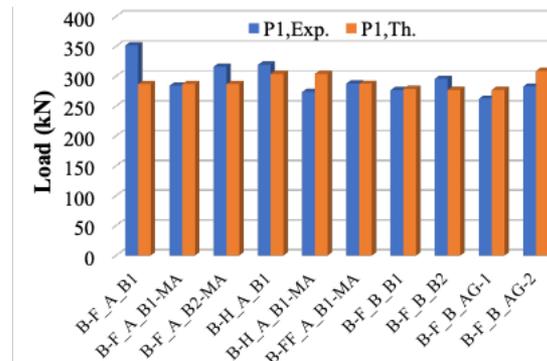
Temperatura



Ambiente alcalino



### Pannelli murari rinforzati con FRCM /CRM



## WP15 - Contributi normativi per Isolamento e Dissipazione

### Origine del progetto

Primi studi a partire dal PE DPC-Reluis 2005-2007 come Linea di ricerca “Isolamento e Dissipazione di energia”, il successo di queste tecnologie è certamente anche dovuto al fatto che le costruzioni dotate di tali sistemi di protezione si sono sempre comportate egregiamente durante i più recenti terremoti, senza praticamente patire alcun danno significativo.

Obiettivo: l’approfondimento e l’eventuale revisione di alcuni aspetti normativi specifici per la corretta applicazione dell’isolamento sismico e della dissipazione di energia alle strutture esistenti, coerentemente le normative europee specifiche (UNI 15129).

Studi ripresi e portati a finalizzazione nel PE 2019-2021 nel WP15 “Contributi normativi per Isolamento e Dissipazione di energia» coordinato da F.C. Ponzio (Università della Basilicata) e da Giorgio Serino (Università di Napoli “Federico II”).

## Suddivisione in Task e struttura del WP 15

| Task    | Temi                    | Coordinatori         | Parti di Norma        |
|---------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| WP 15.1 | Dispositivi antisismici | Di Cesare - Quaglini | NTC2018 Capitolo 11.9 |
| WP 15.2 | Edifici esistenti       | Serino - Terenzi     | NTC2018 Capitolo 7.10 |
| WP 15.3 | Ponti esistenti         | Pavese - De Luca     | NTC2018 Capitolo 7.10 |

## Unità di Ricerca coinvolte

| n. | UR        | Responsabile | Università            | WP 15.1 | WP 15.2 | WP 15.3 |
|----|-----------|--------------|-----------------------|---------|---------|---------|
| 1  | UNIBAS_PO | Di Cesare    | Basilicata            | X       | X       |         |
| 2  | POLIMI_QU | Quaglini     | Politecnico di Milano | X       |         |         |
| 3  | UNINA_SE  | Serino       | Napoli Federico II    | X       | X       |         |
| 4  | UNIUD     | Sorace       | Udine                 |         | X       |         |
| 5  | UNIFI     | Terenzi      | Firenze               |         | X       |         |
| 6  | UNICAL    | Mazza        | Calabria              |         | X       |         |
| 7  | UNIPV     | Pavese       | Pavia                 | X       |         | X       |
| 8  | UNIBO     | Silvestri    | Bologna               |         | X       | X       |
| 9  | UNINA_DE  | De Luca      | Napoli Federico II    | X       |         | X       |
| 10 | UNINA_CO  | Corbi        | Napoli Federico II    |         | X       |         |
| 11 | UNICAM    | Dall'Asta    | Camerino              |         | X       |         |

## WP 15.1: Isolatori e Dispositivi Dissipativi

| WP 15.1                                                                                      | Attività                                                          |                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>WP 15.1.1.</b><br/>Procedure di qualifica/accettazione dei dispositivi antisismici</p> | Isolatori in gomma                                                | Instabilità e comportamento post-critico                                                     |
|                                                                                              |                                                                   | analisi di sensitività dei principali parametri ottenuti dai data base dei dati sperimentali |
|                                                                                              | Isolatori a scorrimento                                           | comportamento degli elementi di ritegno sismico per gli spostamenti orizzontali              |
|                                                                                              |                                                                   | analisi di sensitività dei principali parametri ottenuti dai data base dei dati sperimentali |
|                                                                                              | Dispositivi dissipativi                                           | numero di dispositivi da testare e numero di cicli da effettuare                             |
|                                                                                              |                                                                   | analisi di sensitività dei principali parametri ottenuti dai data base dei dati sperimentali |
| <p><b>WP 15.1.2.</b><br/>Omogeneizzazione con aggiornamenti delle Norme Europee</p>          | range di variazioni accettabili delle caratteristiche meccaniche, |                                                                                              |
|                                                                                              | proposte di revisione/aggiornamento delle NTC2018                 |                                                                                              |

## WP 15.2 Isolamento e/o Dissipazione di Edifici Esistenti

| WP 15.2                                                | Attività                                                                      |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WP 15.2.1.</b><br>Modellazione ed Metodi di Analisi | valori ottimali di fattore di comportamento della struttura                   |
|                                                        | l'influenza della componente verticale dell'azione sismica                    |
|                                                        | Casi Studio dal Progetto RINTC                                                |
|                                                        | Variabilità delle caratteristiche dei dispositivi                             |
| <b>WP 15.2.2.</b><br>Verifiche e livelli di sicurezza  | Stati limite di servizio e Condizioni di collasso dei dispositivi antisismici |
|                                                        | Casi Studio dal Progetto RINTC                                                |

## WP 15.3 Isolamento e/o Dissipazione di Ponti Esistenti

| WP 15.3                                                | Attività                                                                      |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WP 15.3.1.</b><br>Modellazione ed Metodi di Analisi | Smorzamento del sistema                                                       |
|                                                        | Influenza della componente verticale dell'azione sismica                      |
|                                                        | Casi Studio da Individuare                                                    |
|                                                        | Variabilità delle caratteristiche dei dispositivi                             |
| <b>WP 15.3.2.</b><br>Verifiche e livelli di sicurezza  | Stati limite di servizio e Condizioni di collasso dei dispositivi antisismici |
|                                                        | Casi Studio da Individuare                                                    |

## WP9: ARCHIVIAZIONE ARMONIZZATA DEI RISULTATI DELLE RICERCHE RELUIS

Coordinatore: Prof. A. Prota

### Unità di Ricerca coinvolte

- **UniNA (Università di Napoli)**  
Responsabile Scientifico: Prof. G.P. Lignola
- **UniPV (Università di Pavia)**  
Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP9: Prof. A. Pavese
- **UniTN (Università di Trento)**  
Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP9: Prof. O.S. Bursi

## WP9: ARCHIVIAZIONE ARMONIZZATA DEI RISULTATI DELLE RICERCHE RELUIS

### Stato dell'arte - criticità:

- Al momento, differenti laboratori italiani immagazzinano e gestiscono dati sperimentali con differenti metodi e criteri.
- Ogni laboratorio ha a che fare con dati, modelli e modalità di accesso locali.

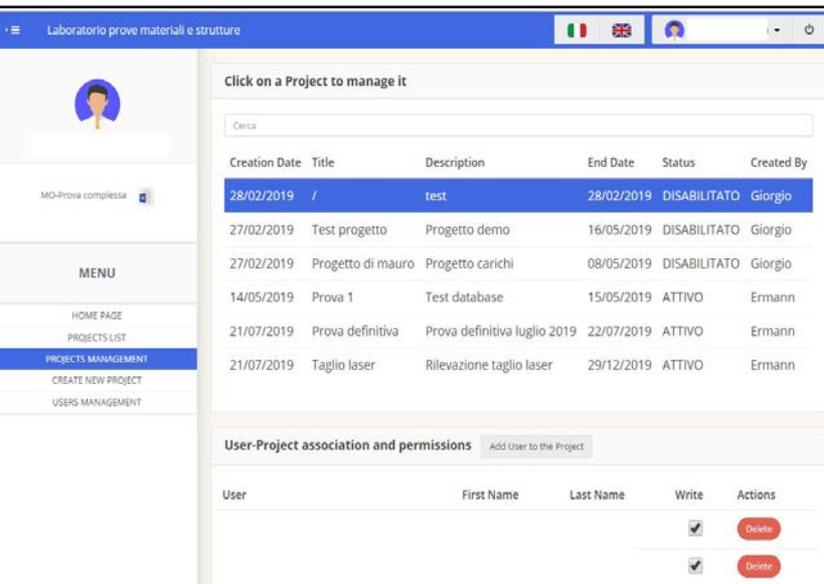
### Obiettivi:

- Creare una piattaforma italiana per la condivisione di dati sperimentali e informazioni tra le infrastrutture di ricerca industriali e universitarie che possa essere aggiornato e migliorato con l'andare del tempo.
- Un'efficace architettura delle informazioni consente agli utenti di avvicinarsi alle informazioni di cui hanno bisogno, con un approccio rapido, logico ed intuitivo. La mancanza di un flusso di informazioni adeguato e chiaro aumenta il rischio di creazione di contenuti e funzionalità che però non possono essere sfruttati adeguatamente.

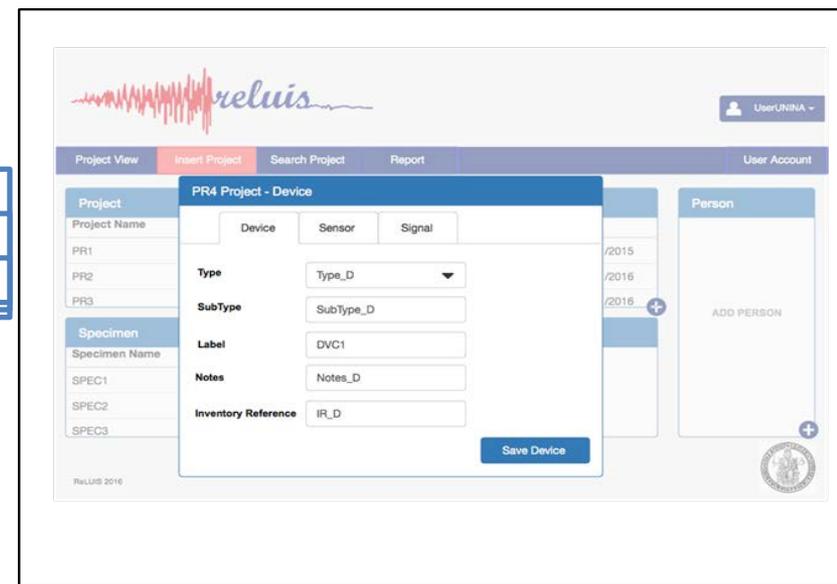
## WP9: ARCHIVIAZIONE ARMONIZZATA DEI RISULTATI DELLE RICERCHE RELUIS

### Struttura del Sistema Informativo ReLUIS:

- La realizzazione della interfaccia grafica non ha il solo scopo di fornire un quadro completo delle informazioni sulla prova, ma di poter poi eseguire anche interrogazioni, anche per tipologia di prova, attuatori o sensori usati, per tipologia/materiale del provino (o di modello e tipo di analisi per le "computations").



Interfaccia  
Servizi  
Data Model



Interfaccia in sviluppo presso UniTN

Interfaccia in sviluppo presso UniNA-UniPV

## **CONTRIBUTI NORMATIVI PER ELEMENTI NON STRUTTURALI WP17 (coord. E. Cosenza)**

### **Elementi non strutturali di tipo architettonico, impiantistico e contenuti**

*Elementi con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e elementi che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone (NCT 2018)*

### **CNR-DT XXX /20xx: Istruzioni per la valutazione della sicurezza degli elementi non strutturali**

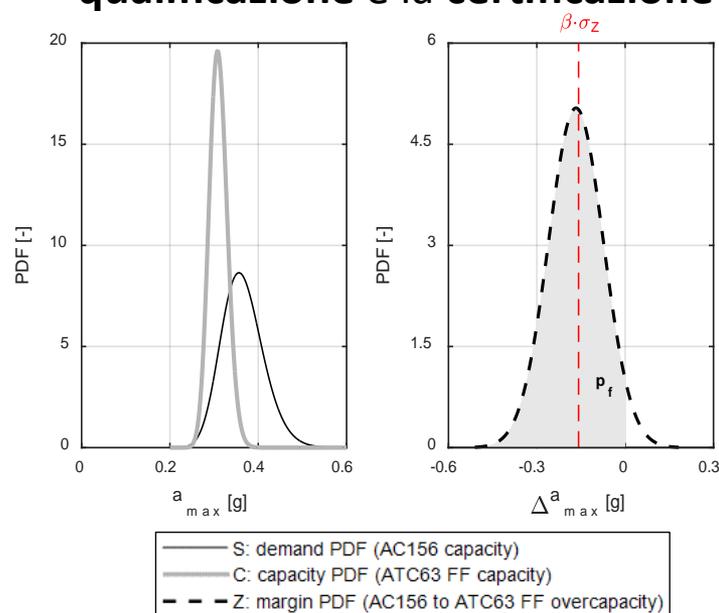
- Filosofia della sicurezza ed azioni di calcolo
- Edilizia generale
- Edilizia speciale: facciate, tegole, comignoli, fregi ed elementi di facciata
- Temi speciali: ospedali, musei ed edifici storici, capannoni ed edifici industriali
- Collegamenti strutturali della componentistica edilizia e industriale
- Certificazione

## CONTRIBUTI NORMATIVI PER ELEMENTI NON STRUTTURALI WP17 (E. Cosenza)

### Elementi non strutturali non ancorati (sensibili alle accelerazioni)

*Impianti, strumentazione e contenuti*

- Valutazione **sperimentale** del comportamento di **elementi ospedalieri non ancorati** mediante **prove su tavole vibrante**, in accordo a protocolli di riferimento (ICC-ES AC156)
- Valutazione dell'**affidabilità** delle **metodologie** e dei **protocolli** di riferimento per la **qualificazione** e la **certificazione sismica** mediante prove su **tavola vibrante**



- Analisi dinamiche di blocchi rigidi
- Metodi di affidabilità di II livello:
  - domanda (S)*: capacità nominale (protocolli)
  - capacità (C)*: capacità «effettiva» (segnali reali)
- Valutazione dell'indice di affidabilità ( $\beta$ ) dei protocolli di prova su tavola vibrante

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{x_{m,R}}{x_{m,S}}\right)}{\sqrt{\ln(1 + V_R^2) + \ln(1 + V_S^2)}}$$

## WP18 – Contributi Normativi per l'Azione Sismica (CoNpAS)

(Coord. Roberto Paolucci, Politecnico di Milano)

| Attività                                                                                                                                                           | Obiettivi                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Task 1 Spettro di risposta elastico atteso oltre la soglia di progetto</b> (Resp. Dr. Georgios Baltzopoulos, Università di Napoli Federico II)                  | quantificazione dell'azione sismica per verifiche di robustezza di strutture esposte a livello di scuotimento superiori alla soglia di progetto                  |
| <b>Task 2 Caratterizzazione dello scuotimento sismico in condizioni near-source</b> (Resp. Dr.ssa Francesca Pacor, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) | come definire ai fini pratici la condizione di near-source? quali eventuali fattori di aggravio per l'azione sismica?                                            |
| <b>Task 3 Azione sismica verticale</b> (Resp. Prof. Carlo Lai, Università di Pavia)                                                                                | formulare un nuovo modello per lo spettro elastico in accelerazione della componente verticale sulla base di nuovi dati accelerometrici                          |
| <b>Task 4 Classificazione di sito e fattori di amplificazione</b> (Resp. Prof. Roberto Paolucci, Politecnico di Milano)                                            | verifica dei criteri di classificazione e dei fattori di amplificazione di norma (NTC2018 e bozza EC8) sulla base di analisi statistiche di dati accelerometrici |



## WP 19 Definizione della carta di pericolosità sismica locale a scala nazionale

*Prof. Dario Albarello\** (coordinatore UR e responsabile scientifico UNISI DSFTA)

*Dott. Massimiliano Moscatelli\** (responsabile scientifico CNR IGAG)

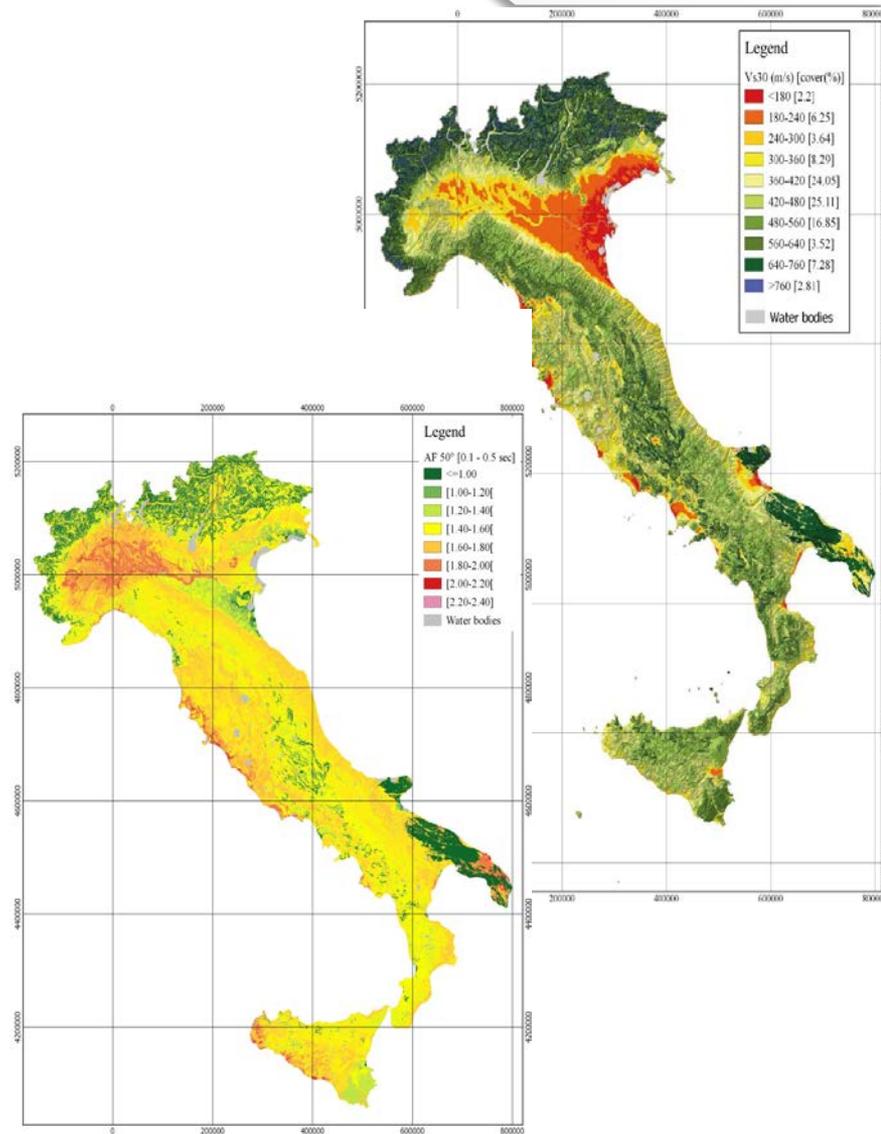
*\*Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (CentroMS)*

- L'obiettivo è costruzione di una carta di pericolosità sismica a scala nazionale comprensiva degli effetti di sito e finalizzata a stime di rischio a scala comunale.
- Gli effetti di sito considerati sono quelli legati a *fenomeni di amplificazione stratigrafica* 1D stimati mediante indici sintetici ( $V_{s30}$ , Fattori di Amplificazione per classi di periodo di vibrazione degli edifici) che possono essere opportunamente combinati con le valutazioni della pericolosità sismica di riferimento per ottenere una stima comprensiva degli effetti attesi
- La stima dei diversi parametri viene prodotta in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare di punti (50mx50m) che copre l'intero territorio nazionale e viene ottenuta combinando all'interno di una trattazione probabilistica coerente dati geologici e morfologici e informazioni provenienti dagli studi di microzonazione sismica laddove disponibili

## WP 19 Definizione della carta di pericolosità sismica locale a scala nazionale

### Stato di avanzamento

1. Sono state già prodotte e consegnate le stime relative ai diversi parametri sintetici dedotti sull'intera griglia a partire dalla classificazione geomorfologica del territorio
2. Sono in fase il collaudo la banca dati parametrica relativa agli studi di Microzonazione sismica ed il codice di calcolo per la determinazione dei valori dei parametri sintetici relativi agli studi di microzonazione sismica
3. Entro la fine di dicembre è prevista la consegna della carta frutto della combinazione della carta di riferimento con quella dedotta dagli studi di microzonazione sismica



# Grazie per l'attenzione