

Convegno ReLUIS

DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 13-14 ottobre 2025

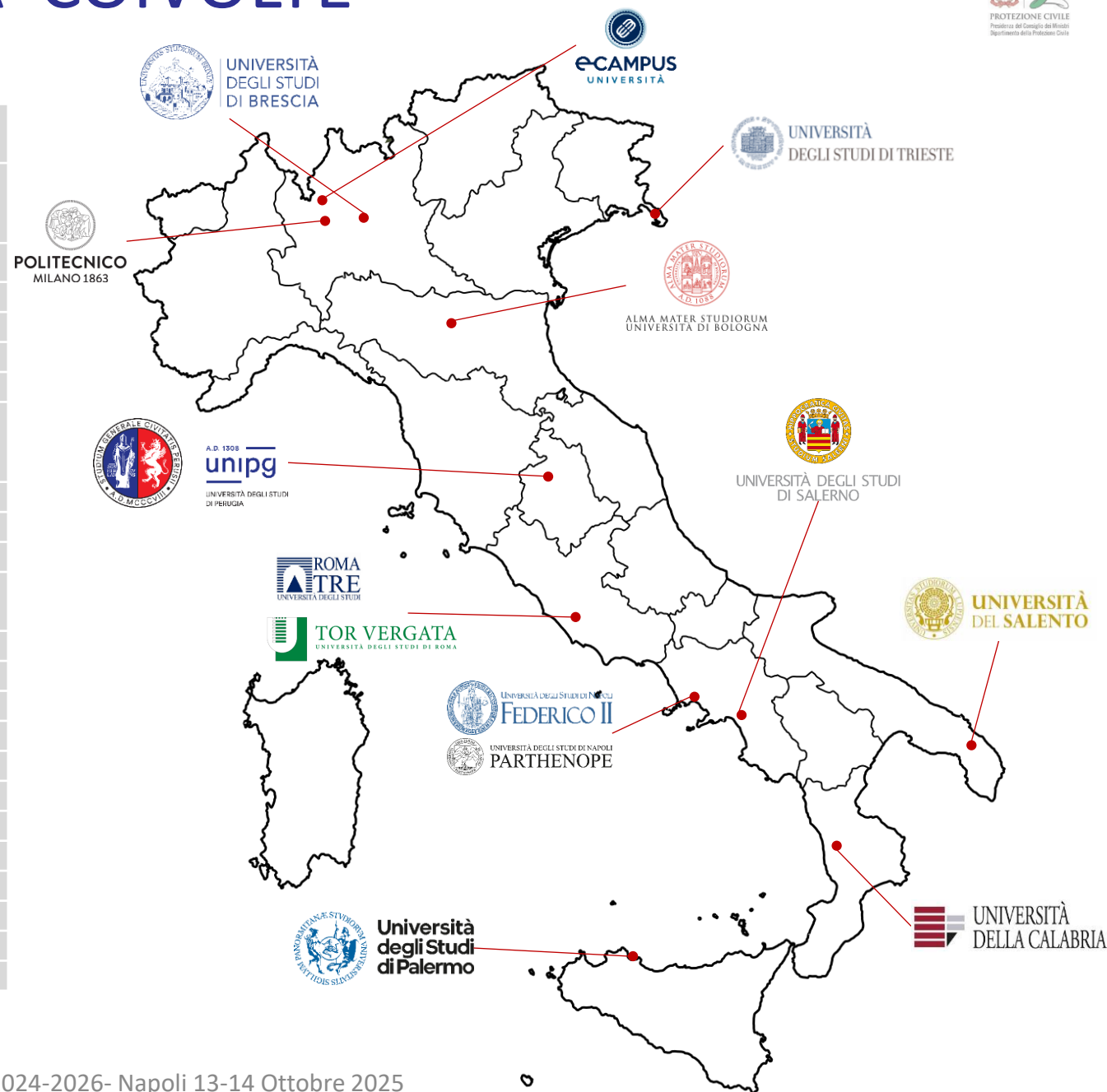
WP 14 - Materiali Strutturali Innovativi per la Sostenibilità delle Costruzioni

COORDINATORI: Prof.ssa Maria Antonietta AIELLO – Prof. Luciano Feo

REFERENTE DPC: Ing. De Bonis Maria

UNITA' COINVOLTE

RESPONSABILE SCIENTIFICO	UNITA'
Aiello Maria Antonietta Marianovella Leone	Università del Salento
Bencardino Francesco	Università della Calabria
Bilotta Antonio	Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Emanuela Speranzini	Università degli Studi di Perugia
Buratti Nicola	Università degli Studi di Bologna
Ceroni Francesca	Università degli Studi di Napoli "Parthenope"
De Felice Gianmarco De Santis Stefano	Università degli Studi Roma Tre
Di Prisco Marco	Politecnico di Milano
Focacci Francesco	Università Telematica E-CAMPUS
Lidia La Mendola	Università degli Studi di Palermo
Mazzotti Claudio Francesca Ferretti	Università degli Studi di Bologna
Ombres Luciano	Università della Calabria
Plizzari Giovanni	Università degli Studi di Brescia
Poggi Carlo	Politecnico di Milano
Prota Andrea	Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Realfonzo Roberto	Università degli Studi di Salerno
Federico Guarracino	Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Rinaldi Zila	Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
Feo Luciano	Università degli Studi di Salerno
Vairo Giuseppe	Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
Corbi Ileana	Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Natalino Gattesco	Università degli Studi di Trieste
Marco Di Ludovico	Università degli Studi di Napoli "Federico II"



RELUIS 2024-2026

CAPITOLO 12.

Per quanto non diversamente specificato nella presente norma, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea;
- Norme per prove su materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sul documento stesso;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Per quanto non trattato nella presente norma o nei documenti di comprovata validità sopra elencati, possono essere utilizzati anche altri codici internazionali; è responsabilità del progettista garantire espressamente livelli di sicurezza coerenti con quelli delle presenti Norme tecniche.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per il tramite del Servizio Tecnico Centrale, predispone e pubblica, sentiti il Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.) e l'Ente Italiano di Normazione (UNI), l'elenco dei documenti che costituiscono riferimento tecnico per le Norme tecniche per le costruzioni ai sensi del presente capitolo. Con analoga procedura sono anche predisposti e pubblicati gli aggiornamenti periodici a tale elenco, nonché gli aggiornamenti degli elenchi delle specifiche tecniche volontarie UNI, EN ed ISO richiamate nella presente norma.

CAPITOLO 11.

MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.



C) materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B. In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

RELUIS 2024-2026



Contributi ReLUIs per una revisione della normativa tecnica italiana

Esiti delle attività svolte
nell'ambito dei progetti DPC-ReLUIs

a cura di
Raffaele Landolfo
Maria Antonietta Aiello
Mauro Dolce



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CNR-DT 200/2025

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo
di Compositi Fibrorinforzati

Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie

CNR-DT 200 R2/2025



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CNR-DT 203/R1/2025

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito
Fibrorinforzato

Aprile/2025

TASK 14.1 MATERIALI COMPOSITI A MATRICE INORGANICA PER INTERVENTI SU COSTRUZIONI ESISTENTI

14.1.1 - Interventi mediante compositi di tipo FRCM

14.1.2 - Interventi mediante sistemi CRM

14.1.3 - Interventi mediante calcestruzzi (FRC) o malte (FRM) fibrorinforzati

TASK 14.2 IMPIEGO DI ARMATURE NON METALLICHE NELLE STRUTTURE IN C.A.

TASK 14.3 CALCESTRUZZI/MALTE GREEN E/O AD ELEVATA DURABILITÀ

TASK 14.1

Validazione/implementazione di relazioni e raccomandazioni progettuali, relativamente all'impiego di materiali compositi a matrice inorganica a fibre lunghe (FRCM- Fiber Reinforced Cementitious Matrix), a fibre corte (FRC –Fiber Reinforced Concrete, FRM-Fiber Reinforced Mortar) ed ai sistemi CRM (Composite Reinforced Mortar) per interventi su costruzioni esistenti.



TASK 14.1: FRCM – FRC-FRM-CRM

TASK 14.2

Validazione/integrazione di relazioni e raccomandazioni progettuali relativamente all'impiego di armatura non metallica (FRP) nelle strutture in c.a.



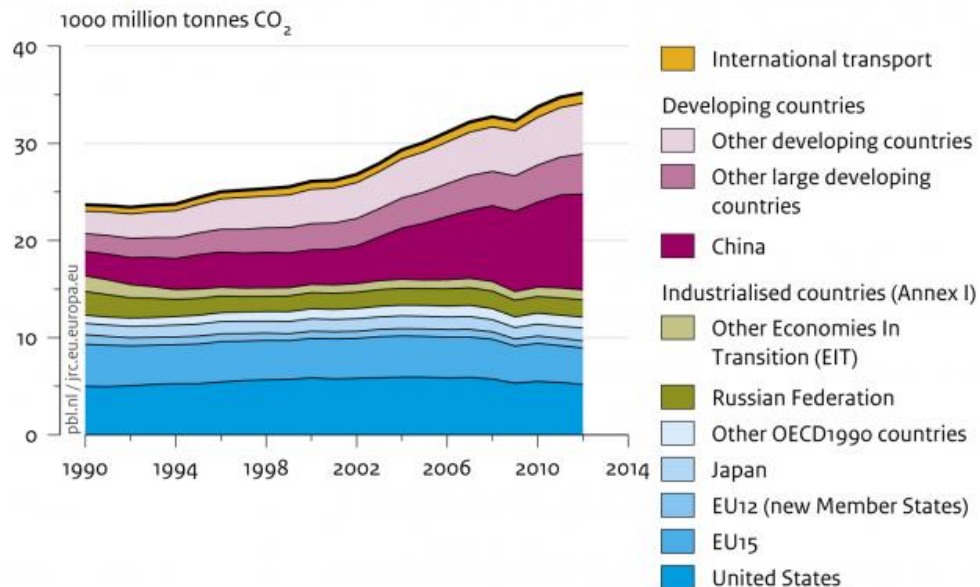
TASK 14.1: FRCM – FRC-FRM-CRM

TASK 14.2: BARRE FRP

TASK 14.3

Redazione di STAR (Stato dell'arte), messa a fuoco delle criticità a livello normativo ed eventuali raccomandazioni progettuali in relazione all'impiego di malte/calcestruzzi green, ovvero realizzati con materiali da riciclo e/o con leganti a basso impatto ambientale (leganti ad attivazione alcalina - geopolimerici, cementi solfoalluminosi), nonché di calcestruzzi ad elevata durabilità ottenuti con aggiunta di nanomateriali

Global CO₂ emissions per region from fossil-fuel use and cement production



Source: EDGAR 4.2FT2010 (JRC/PBL, 2012); BP, 2013; NBS China, 2013; USGS, 2013; WSA, 2013; NOAA, 2012



TASK 14.1: FRCM – FRC-FRM-CRM

TASK 14.2: BARRE FRP

TASK 14.3: CLS-MALTE GREEN

UNITA' N.	UNITA'	Responsabili	Task 14.1: FRCM - CRM			Task 14.2: BARRE FRP	Task 14.3: CLS/MALTE GREEN
			Task 14.1.1 A. Bilotta	Task 14.1.2 S. De Santis	Task 14.1.3 L. Facconi	F. Focacci T. D'Antino	C. Mazzotti L. Feo
1	Università del Salento	Aiello M. A. –Leone M.	•	•		•	•
2	Università della Calabria	Bencardino F.					•
3	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Bilotta A.	•			•	
4	Università degli Studi di Perugia	Speranzini E.		•			
5	Università degli Studi di Bologna	Buratti N.			•		
6	Università degli Studi di Napoli "Parthenope"	Ceroni F.				•	
7	Università degli Studi Roma Tre	De Felice G. - De Santis S.	•	•		•	
8	Politecnico di Milano	Di Prisco M.	•		•		
9	Università Telematica E-CAMPUS	Focacci Francesco	•	•		•	
10	Università degli Studi di Palermo	La Mendola L.	•	•	•		
11	Università degli Studi di Bologna	Mazzotti C. – Ferretti F.	•			•	•
12	Università della Calabria	Ombres L.	•			•	
13	Università degli Studi di Brescia	Plizzari G.			•		•
14	Politecnico di Milano	Poggi C.	•	•		•	
15	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Prota A.	•		•		•
16	Università degli Studi di Salerno	Realfonzo R.	•			•	•
17	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Guarracino F.	•				•
18	Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	Rinaldi Z.			•		•
19	Università degli Studi di Salerno	Feo L.			•		•
20	Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	Vairo G.				•	•
21	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Corbi I.	•				
22	Università degli Studi di Trieste	Gattesco N.		•			
23	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di Ludovico M.				•	

- ✓ Modellazione del comportamento meccanico del composito in trazione e in presenza di sovrapposizioni
- ✓ Influenza di temperatura ed alcalinità su proprietà meccaniche e durabilità degli FRCM
- ✓ Comportamento nel piano e fuori dal piano di pannelli in muratura rinforzati

Valutazione dell'**affidabilità di approcci normativi** e di **nuove proposte** emerse negli ultimi anni in **letteratura**



Documenti normativi

- **CSLLPP - Linea Guida** per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti
- **CNRDT 215/2018** "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica

Modellazione del comportamento meccanico del composito in trazione e in presenza di sovrapposizioni

Obiettivi

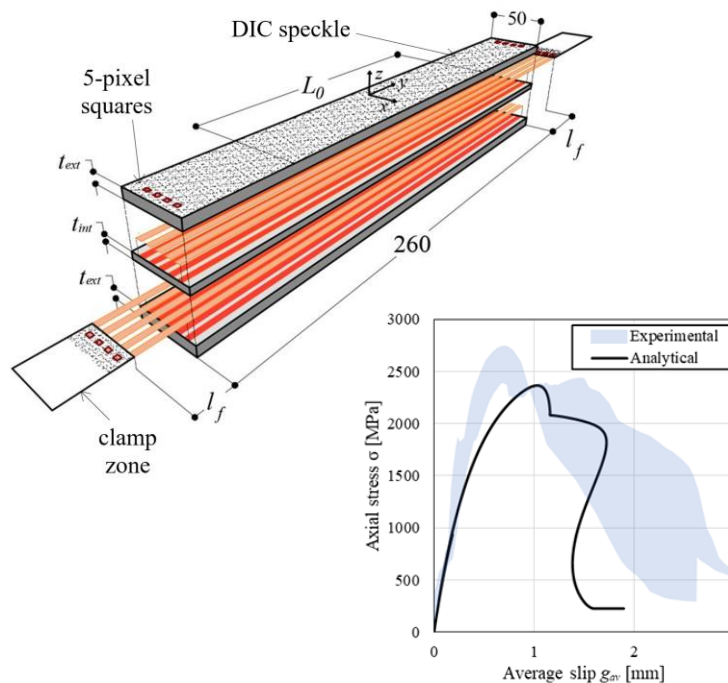
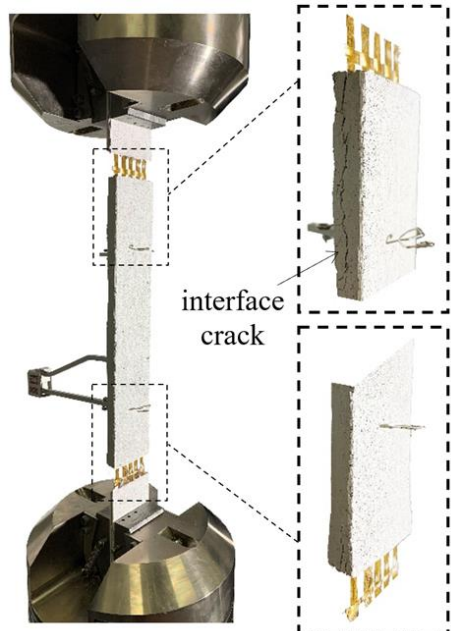
Migliorare la calibrazione di modelli di comportamento meccanico

- in presenza di matrici fibrorinforzate (fibre corte)
- in presenza sovrapposizioni

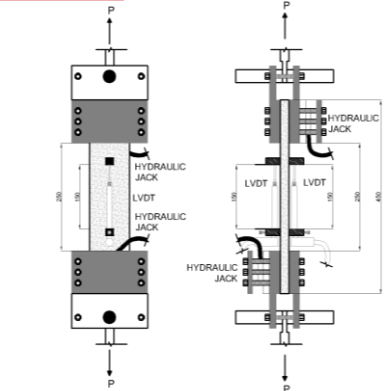
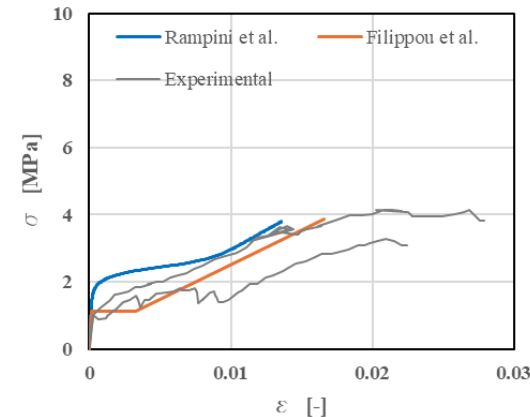
Documenti normativi

- **CSLLPP - Linea Guida**
- **CNRDT 215/2018**

Analisi di risultati prove su FRCM



- Analisi di prove sperimentali di letteratura
- Prove su nuove tipologie



Influenza di temperatura ed alcalinità su proprietà meccaniche e durabilità degli FRCM

Obiettivi

- ❑ Contribuire ad ampliare il database
- ❑ Aggiornare i protocolli di qualificazione
- ❑ Fornire indicazioni progettuali relativamente a:
 - comportamento a temperature di operatività non ordinarie
 - comportamento a lungo termine

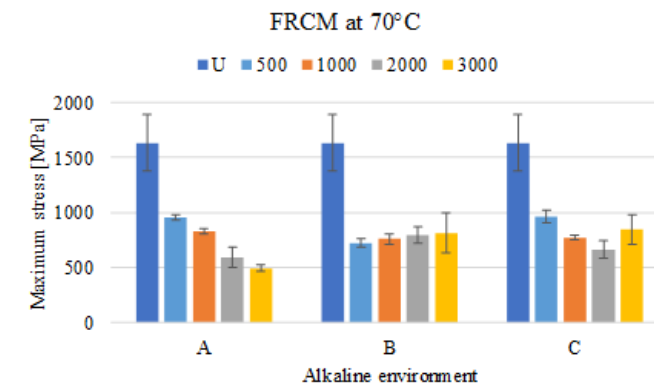
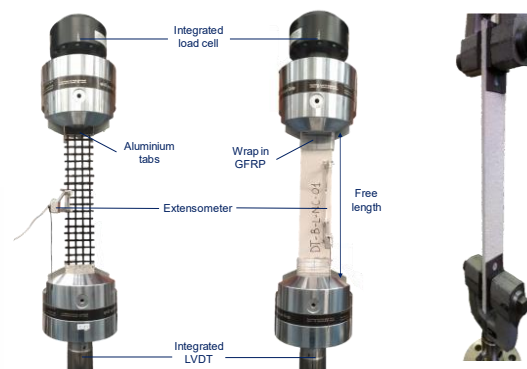
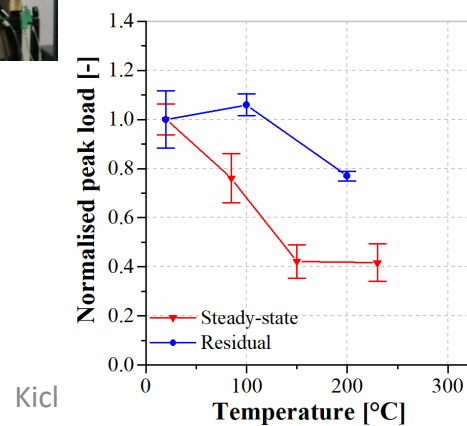
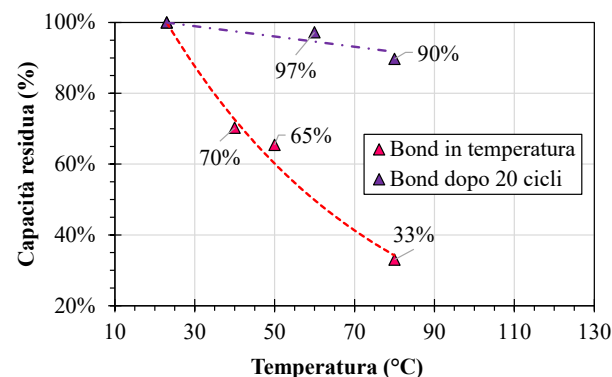
Documenti normativi

- CSLLPP - Linea Guida
- CNRDT 215/2018

da 60-80°C fino a 200°C



- fino a 9000h in ambiente alcalino
- @ 23°C/40°C/70°C
- Diverse fibre e coating



Comportamento nel piano e fuori dal piano di pannelli in muratura rinforzati

Obiettivi

- ❑ Contribuire a ampliare database
 - matrici tradizionali
 - matrici green
- ❑ Validare ulteriormente indicazioni progettuali relativamente a:
 - comportamento dei pannelli nel piano (anche in presenza di ancoraggi)
 - comportamento dei pannelli fuori dal piano

Documenti normativi

- CSLLPP - Linea Guida
- CNRDT 215/2018



Università
degli Studi
di Palermo



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO

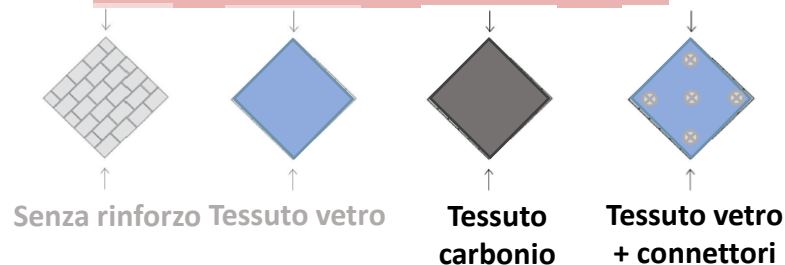


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

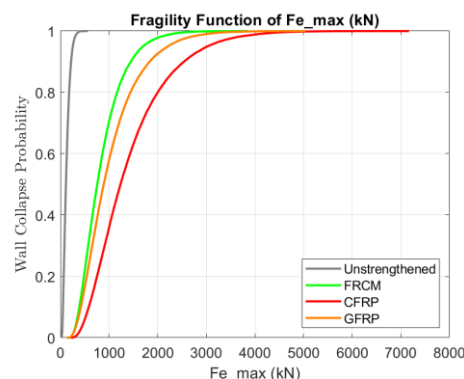
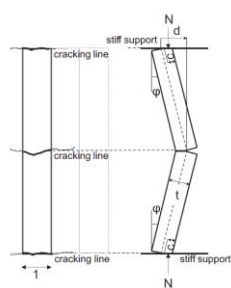
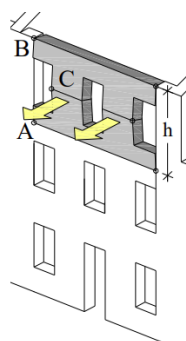


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

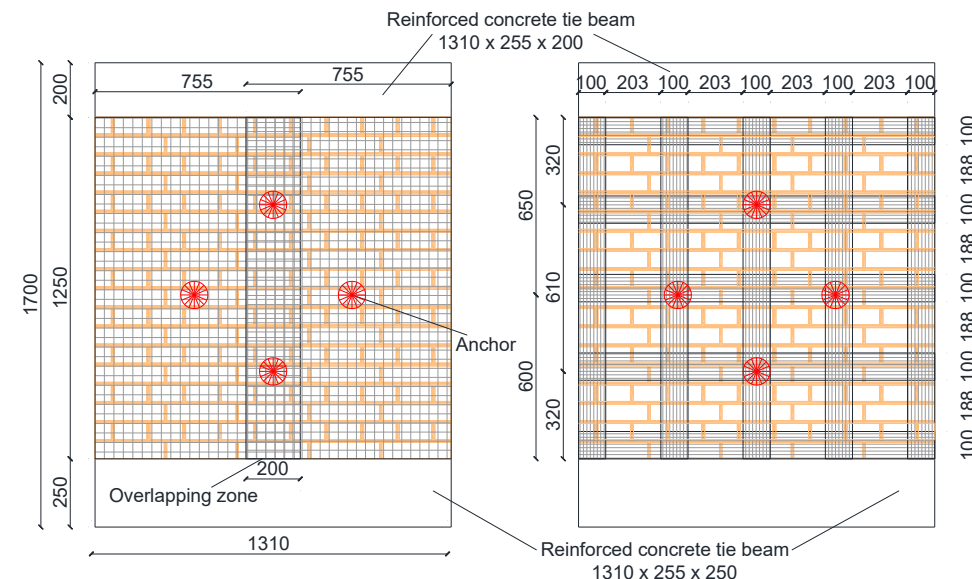
Prove di compressione diagonale



Curve di fragilità per pannelli fuori dal piano



Prove di taglio compressione cicliche su pannelli murari in laterizio



NEW: matrice ecosostenibile a base di loppa d'altoforno

Il sistema Composite Reinforced Mortar (CRM)

- ❑ Rete preformata in FRP con fibre di vetro AR, carbonio o arammide
- ❑ Matrice di malta a base calce o cemento (3-5cm)
- ❑ Connettori in FRP o metallici (4-6/mq)

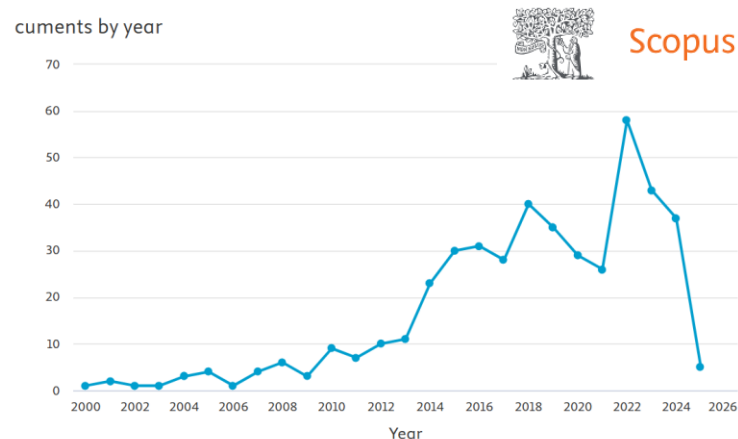
Normative per i sistemi CRM

- ❑ Qualificazione: AED (ETA ) e LLGG CSLLPP (CVT )
- ❑ Progettazione: **NESSUNA**

Progettazione di interventi con sistemi CRM

- ❑ Approccio analogo a quello dell'intonaco classico
- ❑ Approcci ispirati alla progettazione con FRCM
- ❑ **Interesse crescente della comunità scientifica**

Documenti all'anno su Scopus



Contributi per una LG di progettazione per interventi di rinforzo di strutture in muratura con sistemi CRM

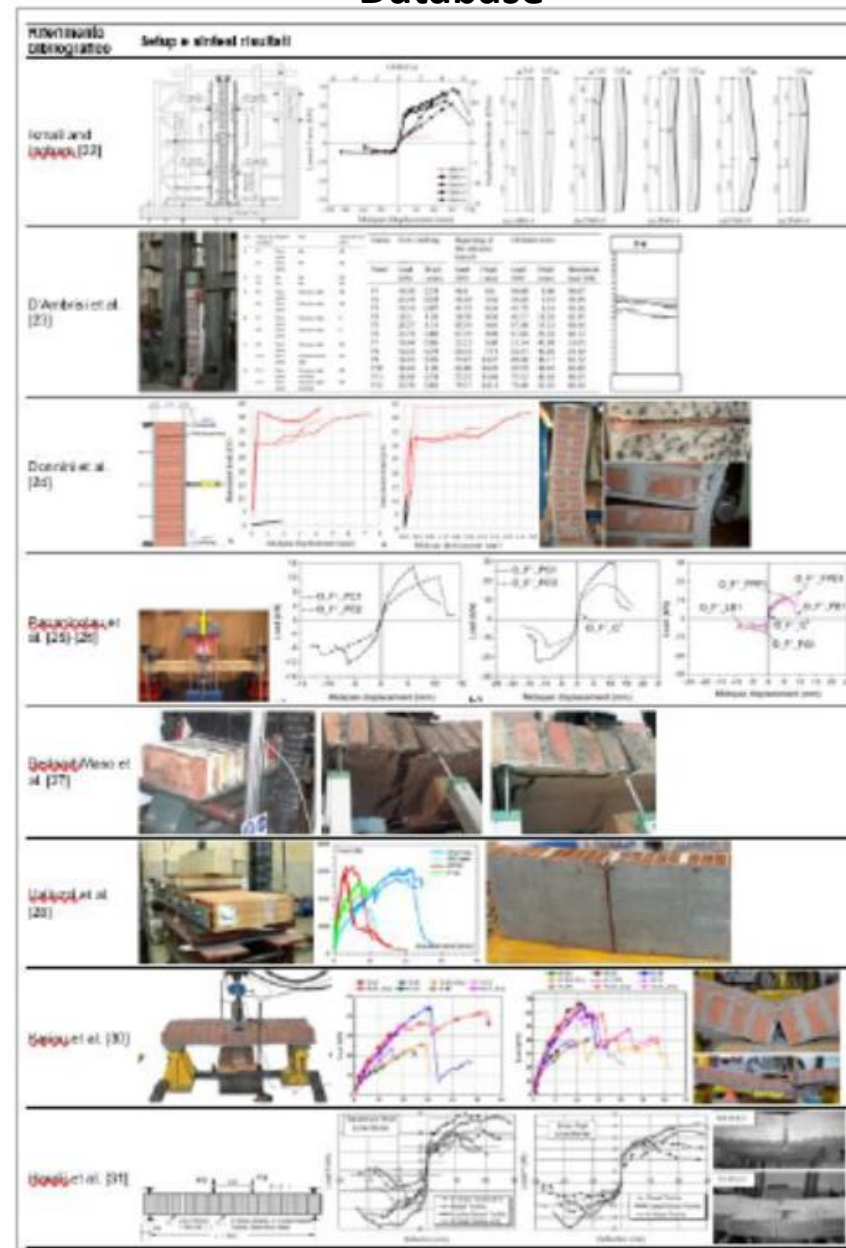
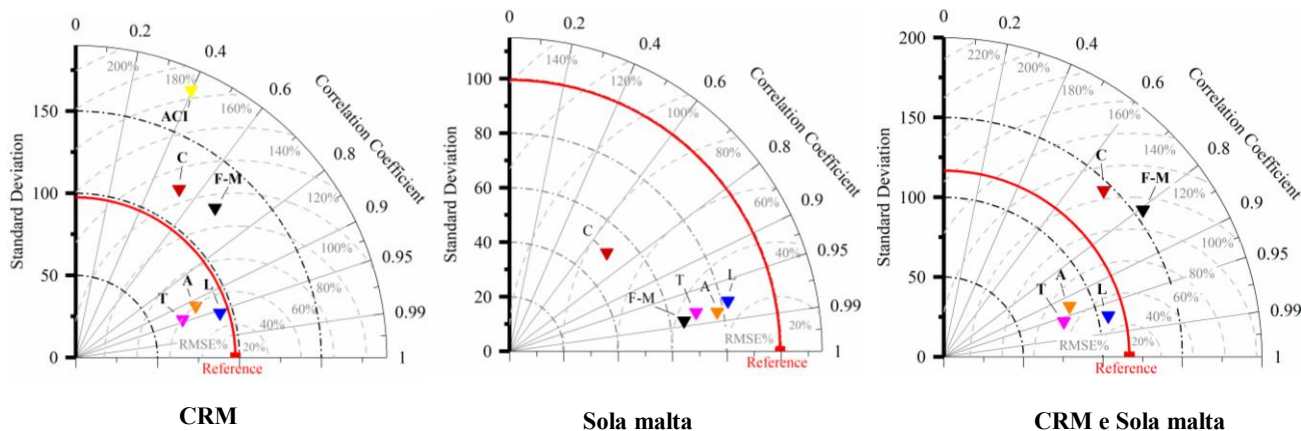
LG Progettazione - Capitoli	Salento Calabria	Milano E-campus	Perugia	Palermo	Trieste	Roma Tre
Descrizione dei materiali e della tecnologia						●
Concetti basilari del rinforzo						●
Valori di progetto delle resistenze	●					●
Rinforzo delle pareti per azioni nel piano	●	●	●		●	
Rinforzo delle pareti per azioni fuori dal piano		●			●	
Cordoli sommitali		●				
Rinforzo di strutture voltate				●	●	
Confinamento di colonne	●					
Dettagli costruttivi		●	●			
Riferimenti bibliografici	●	●	●	●		●

Caratteristiche della LG e metodo di lavoro

- ✓ Raccolta e analisi critica della letteratura scientifica
- ✓ Costruzione di database sperimentali
- ✓ Raccolta dei modelli analitici per stima della capacità
- ✓ Confronto tra risultati sperimentali e stime teoriche
- ✓ Indicazioni per il dimensionamento e dettagli costruttivi
- ✓ Applicazioni monolatero per murature facciavista
- ✓ Integrazione di miglioramento sismico ed energetico

Rinforzo nel piano

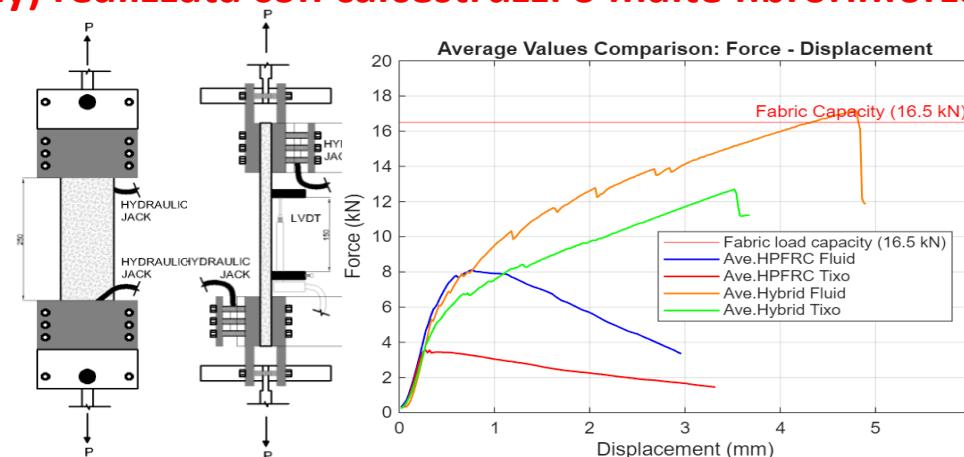
Confronto teorico sperimentale-Rappresentazione di Taylor



Rinforzo di elementi in c.a. mediante incamiciatura (jacketing, overlay) realizzata con calcestruzzi o malte fibrorinforzate



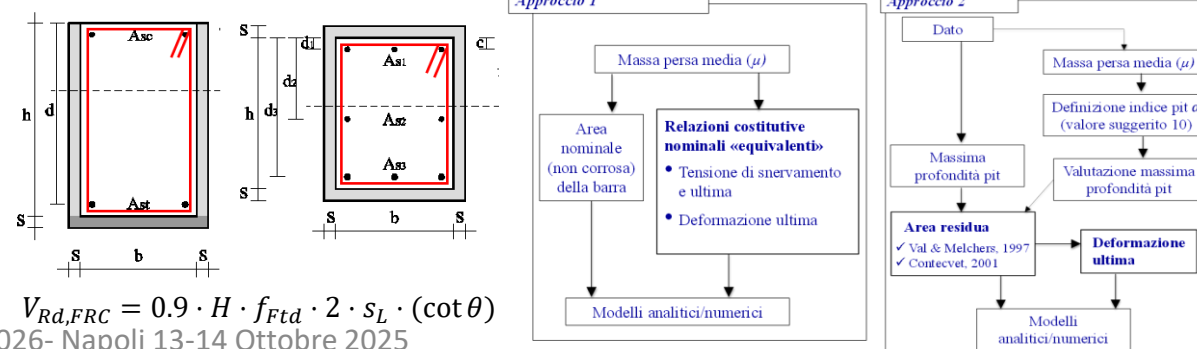
- Caratterizzazione meccanica (trazione diretta, 4PBT) di compositi HPFRC e Hybrid HPFRC (rete fibra vetro A/R + fibre)
- Prove di flessione su travi rinforzate con i materiali compositi oggetto dei test di caratterizzazione



- Studio sperimentale su travi in scala reale rinforzate mediante calcestruzzi FRC/FRCC Green
- Modellazione FEM di travi rinforzate mediante «bottom jacketing» o «U-jacketing»



- Modellazione del comportamento a taglio di elementi rinforzati con camicie di HPFRC
- Modellazione della corrosione delle barre di armatura in strutture esistenti



$$V_{Rd,FRC} = 0.9 \cdot H \cdot f_{Ftd} \cdot 2 \cdot s_L \cdot (\cot \theta)$$

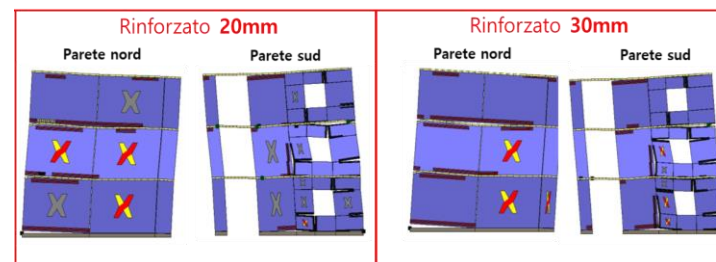
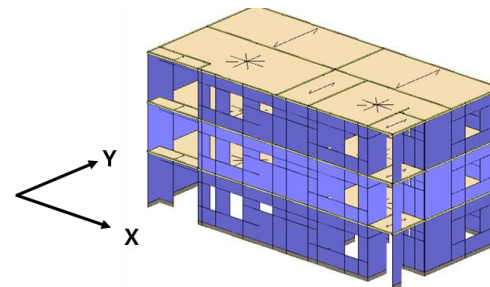
Rinforzo nel piano e fuori dal piano di strutture in muratura rinforzate con intonaci FRC/FRM



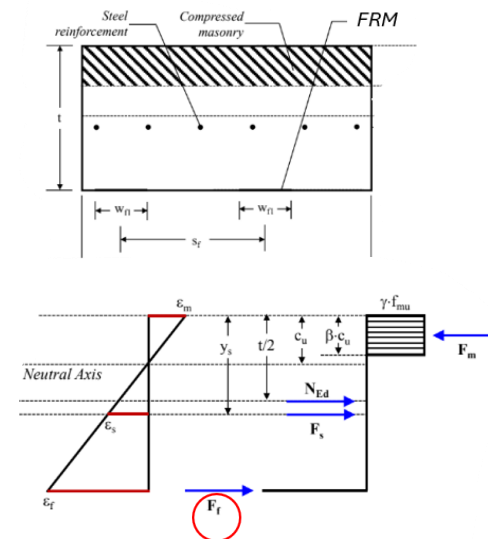
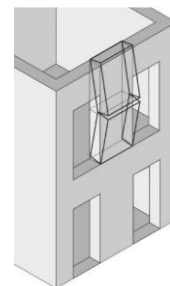
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA



- Studio parametrico di edifici esistenti rinforzati con intonaci SFRM: confronto fra analisi numeriche (pushover) e approcci semplificati (analisi statica lineare con fattore q)
- Prove sperimentali condotte su pannelli murari soggetti a prove cicliche di taglio compressione



Rinforzo fuori dal piano di pannelli murari rinforzati con FRM: raccolta e interpretazione di prove sperimentali e valutazione dell'accuratezza di modelli meccanico-analitici per il progetto del rinforzo FRM



Contributo FRM trazione

Studio di materiali FRC (contenenti fibre polimeriche) e UHPFRC (additivati con nanotubi in carbonio)

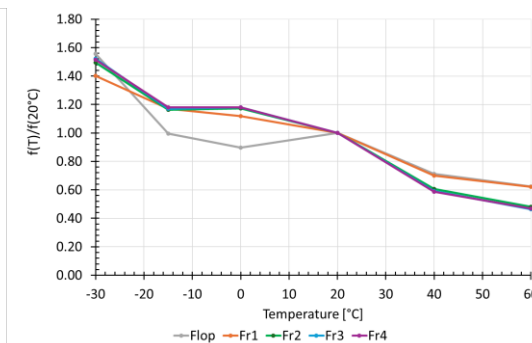
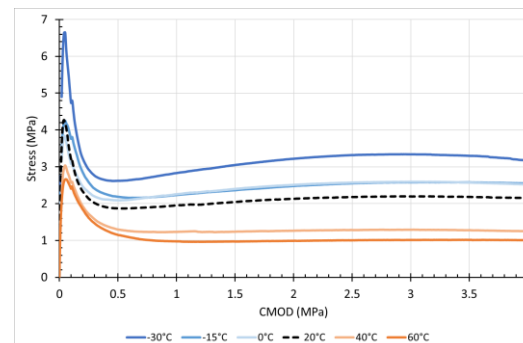


Alma Mater Studiorum
Università di Bologna



Studio dell'effetto della temperatura
su FRC con Macro Fibre Polimeriche:

prove di flessione a 3 punti (UNI-EN 14651) e compressione su provini maturati in ambiente a temperatura prefissata (-30°, -15°, 0°, 20°, 40°, 60°).



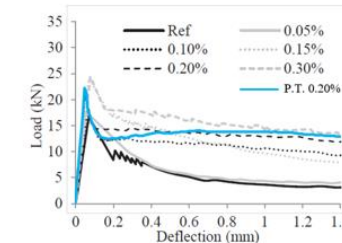
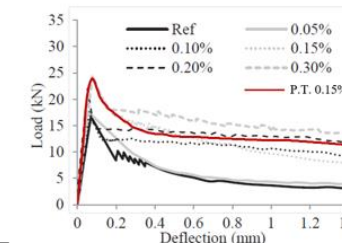
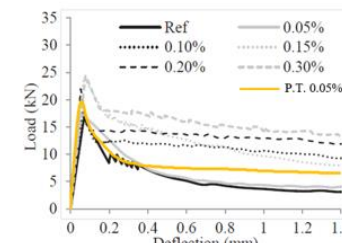
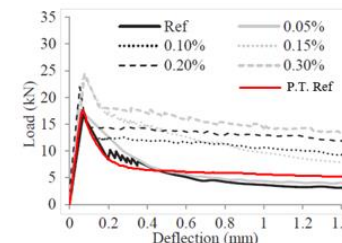
Temp. (°C)	3 Point bending test					Compression test	
	f_{LOP} (MPa)	f_{r1} (MPa)	f_{r2} (MPa)	f_{r3} (MPa)	f_{r4} (MPa)	R_c (MPa)	Var. VS 20°C (%)
-30	57%	40%	49%	52%	51%	57.2	27%
-15	-1%	17%	15%	17%	18%	49.8	10%
0	-10%	12%	17%	18%	18%	45.0	0%
20	0%	0%	0%	0%	0%	45.1	0%
40	-29%	-31%	-39%	-41%	-41%	43.6	-3%
60	-38%	-38%	-52%	-54%	-53%	38.8	-14%



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



- Caratterizzazione meccanica di FRC e UHPFRC additivati con nanotubi in carbonio.
- Sviluppo di un modello analitico meso-meccanico per la simulazione del comportamento a trazione di UHPFRC.
- Proposta di fattori correttivi della resistenza degli FRC soggetti all'esposizione a cicli di gelo/disgelo o ad ambienti aggressivi.



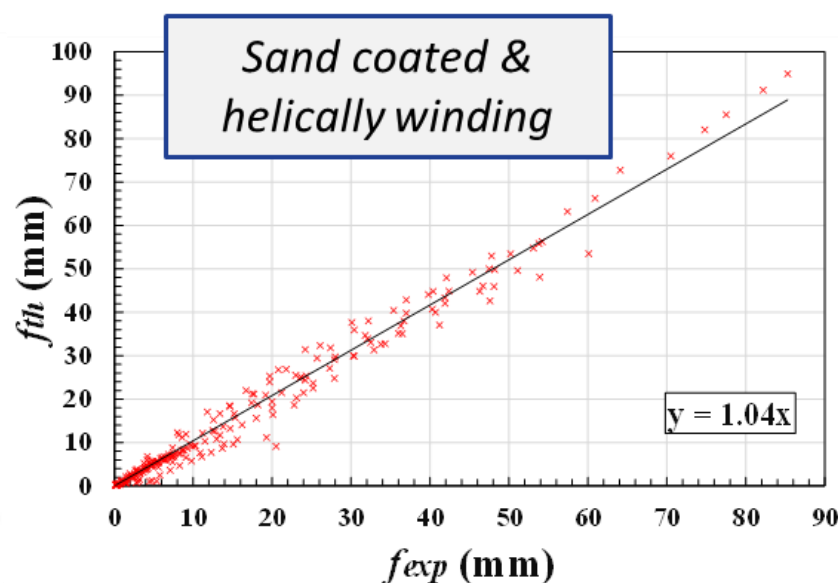
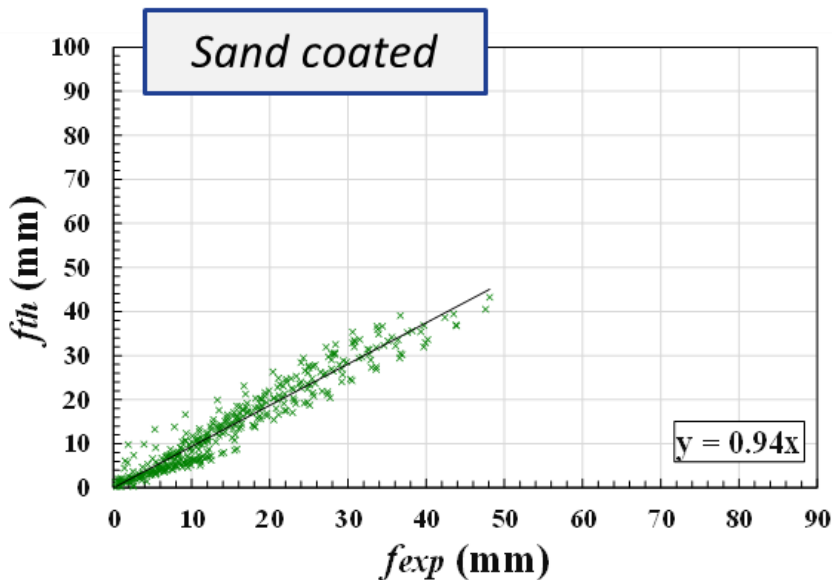
Attività incluse nell'aggiornamento del DT 203/R1/2025

- Valutazione della freccia di elementi in calcestruzzo armati con barre non metalliche
- Valutazione dell'apertura di fessura in elementi in calcestruzzo armati con barre non metalliche

CNR-DT 203/R1/2025

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito
Fibrorinforzato

Confronto tra predizione teorica e valore sperimentale della freccia



$$\gamma = \beta_1 \cdot \beta_2 \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^m$$

Type of rebar	m	β_1
Sand coated	1.54	0.74
Sand coated and helically winding	1.77	1.15
Deformed	1.72	1.38
Other treatments	1.91	0.65

Numero totale di prove (25 articoli) **140**

Attività che hanno permesso di ottenere formulazioni incluse nel DT 203R1/2025

- Definizione di formulazioni per la stima dell'aderenza barre-calcestruzzo**

Definizione di 2 classi di qualità dell'aderenza

Classe 1: $\tau_{bm} > 15.0 \text{ MPa}$

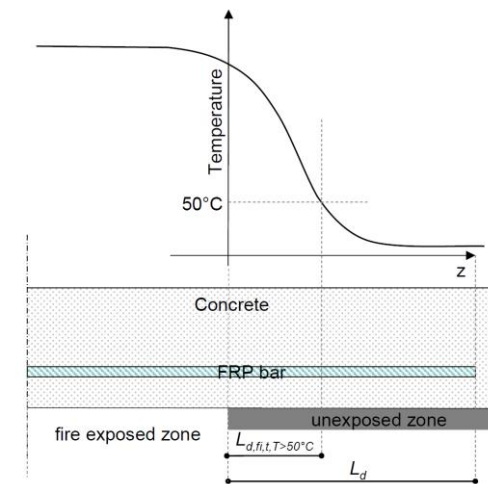
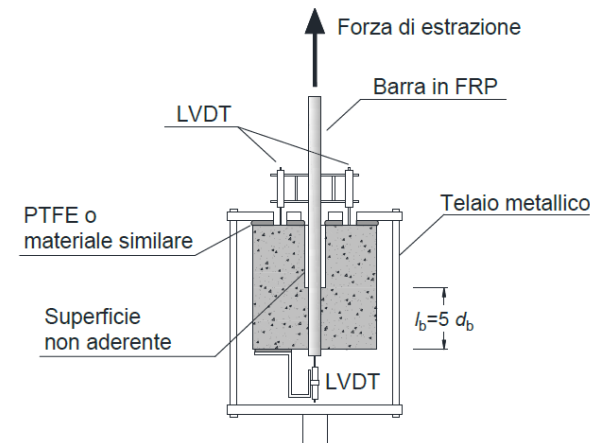
Classe 2: $7.0 \text{ MPa} \leq \tau_{bm} \leq 15.0 \text{ MPa}$

$$\tau_b = \frac{F_{\max}}{\pi d_{\text{eff}} \cdot \ell_b} \quad \text{con } \ell_b = 5d_{\text{eff}} \quad \rightarrow \quad \text{da valutarsi in base a prove di bond (EAD 260023-00-0301)}$$

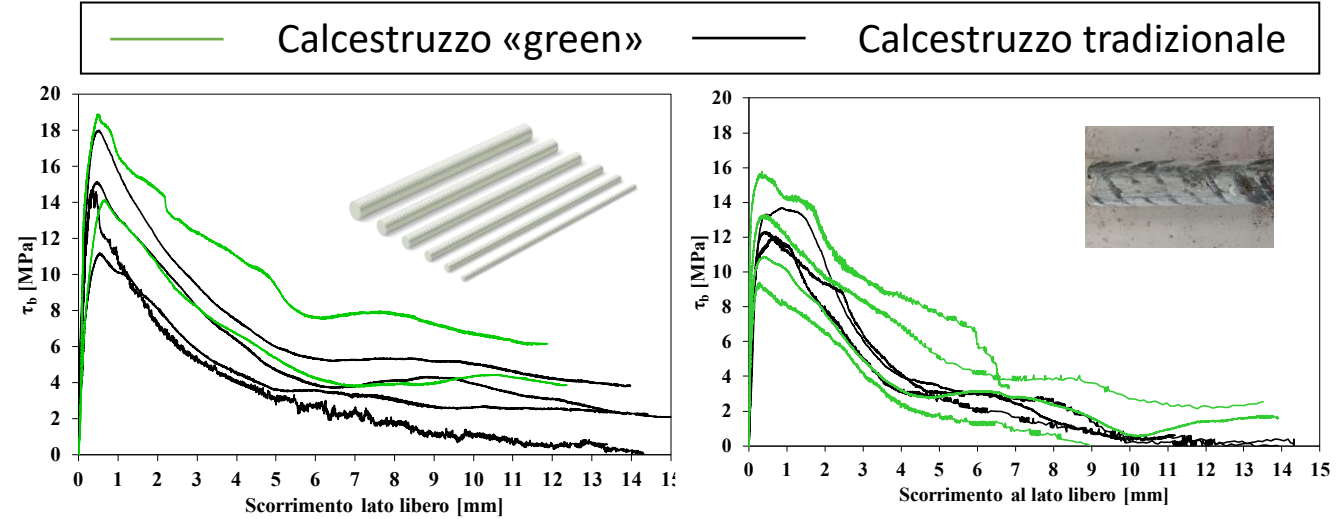
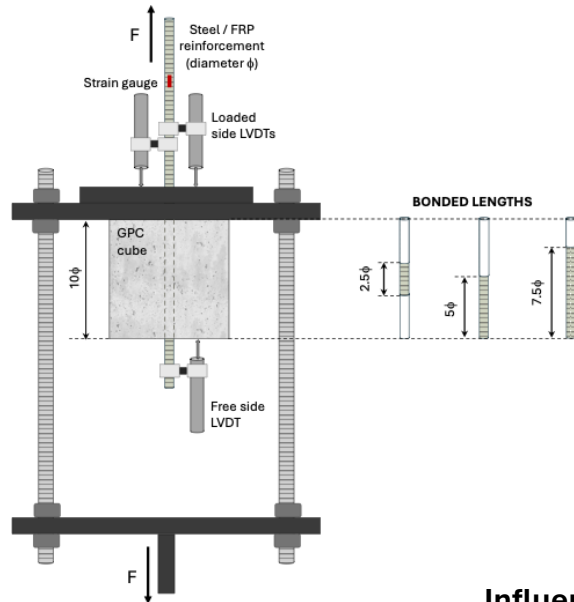
- Verifiche di resistenza di elementi armati con barre non metalliche esposti ad alte temperature**

Nelle zone dove la barra ha una temperatura superiore a 50°C , la lunghezza di aderenza in zona protetta, $\ell_{bd,fi,t,T>50^\circ\text{C}}$, che va aggiunta a quella «a freddo» può essere determinata come:

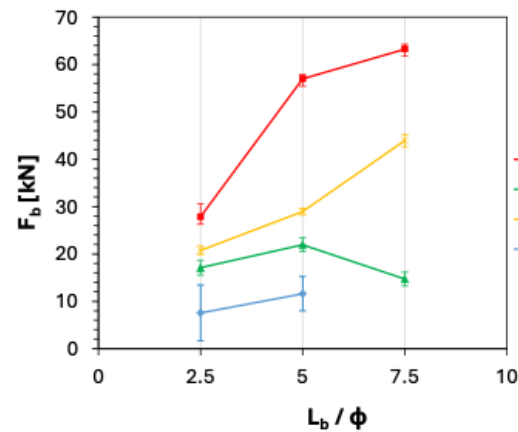
$$\ell_{bd,fi,t,T>50^\circ\text{C}} = B_1(c) + B_2(c) \cdot t^{-B_3(c)}$$



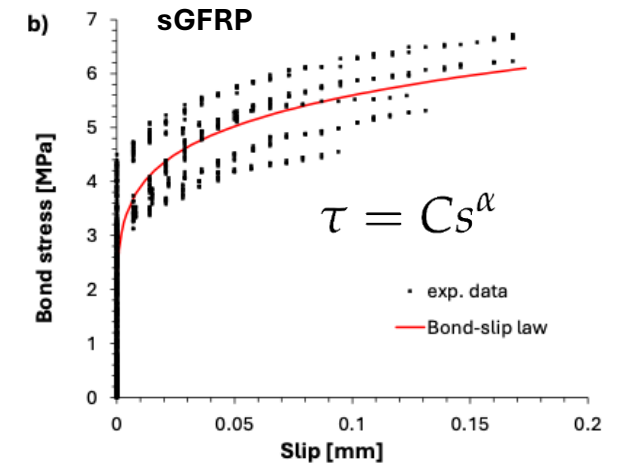
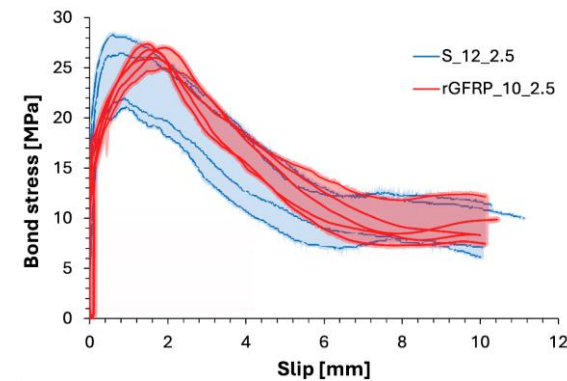
Aderenza di calcestruzzi cement-less con barre metalliche e non metalliche



Influenza della lunghezza di aderenza



Acciaio vs. rGFRP

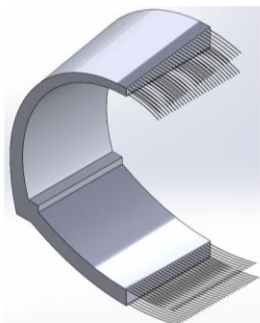


TASK 14.3: CLS-MALTE GREEN

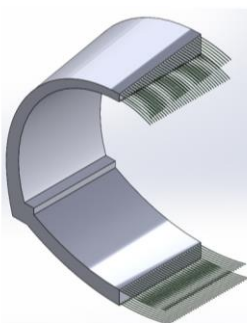
Progettazione di rivestimenti di galleria con soluzioni innovative e sostenibili



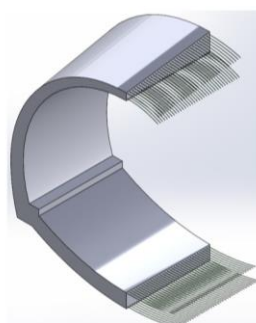
Tradizionale



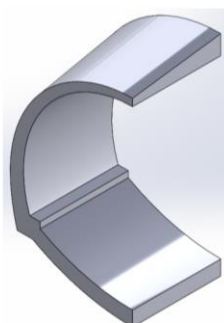
GFRP



FRC+GFRP

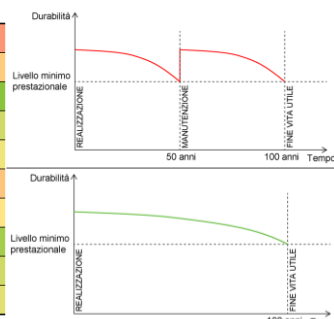


FRC



Cementi solfoalluminosi

SOLUZIONE	TRADIZIONALE		INNOVATIVE		
RINFORZO	ACCIAIO PRIMARIO	ACCIAIO SECONDARIO	GFRP	IBRIDA	FRC
INCIDENZA [kg/m ³]	81.2	81.2	25.4	GFRP 10.9 FIBRE 40.0	40.0
TIPOLOGIA DI CEMENTO	Differenze percentuali in termini di GWP _{tot} [kg CO ₂ eq]				
CEM I	50%	26%	30%	46%	38%
CEM II	38%	14%	18%	31%	23%
CEM III	14%	-10%	-7%	1%	-8%
CEM IV/P	24%	Riferimento	4%	14%	5%
CEM IV/V	29%	5%	8%	20%	11%
CSA - CEM I	N.A.	N.A.	14%	27%	25%
CSA - CEM II	N.A.	N.A.	9%	21%	16%
CSA - CEM III	N.A.	N.A.	0%	9%	-3%
CSA - CEM IV/P	N.A.	N.A.	4%	14%	5%
CSA - CEM IV/V	N.A.	N.A.	6%	17%	9%

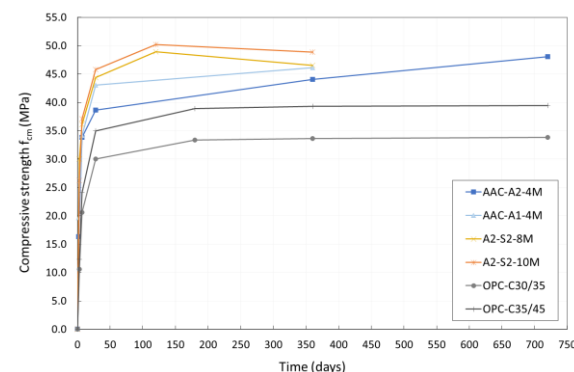


Prestazioni meccaniche calcestruzzi geopolimerici con Loppe di Altoforno

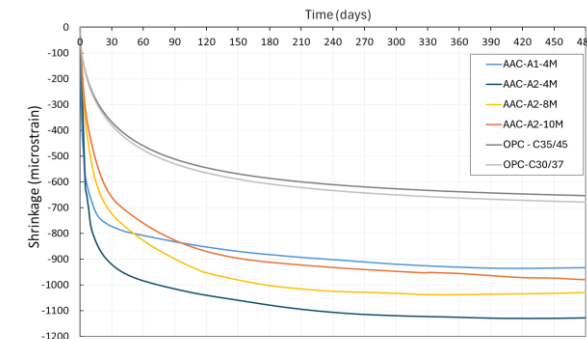


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Resistenza a compressione per cls GPC e OPC

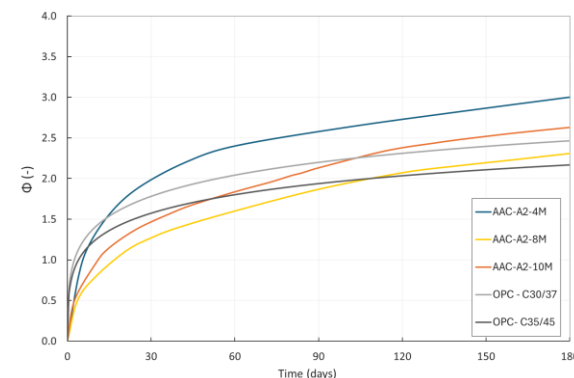


Deformazioni da ritiro

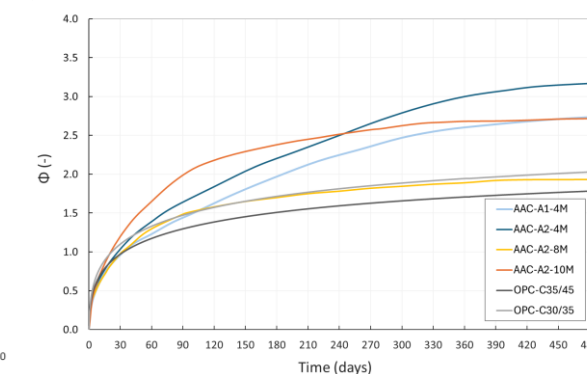


- Resistenza meccanica modellabile sulle necessità
- Viscosità paragonabile a quella OPC
- Ritiro maggiore di quello OPC

Deformazioni viscosi dopo 7 giorni



Deformazioni viscosi dopo 28 giorni



Malte realizzate con materiale da riciclo

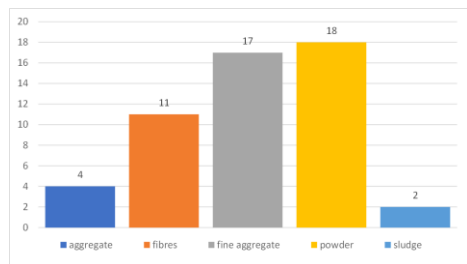


- Raccolta di uno stato dell'arte sulle malte con componenti di riciclo
- Predisposizione di un Database

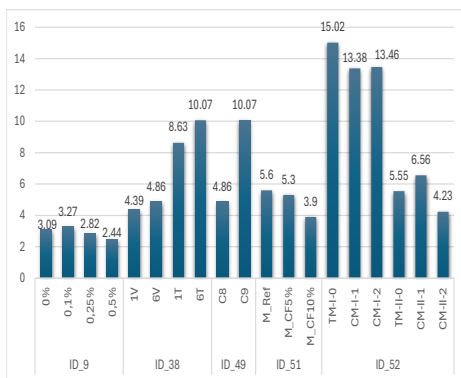
Database 1 – Raccolta dati: autori, titolo, dimensione materiale, anno di pubblicazione, normativa di riferimento, materiale di scarto utilizzato.

ID	ref	Title	Typology	Year	Standard	Recycling material
1	Z. Xu et al.	Production of sustainable plastering mortar containing waste clay brick aggregates	aggregate	2022	GB/T - ASTM - EN - JGI/T	waste clay bricks
2	O. Nasry et al.	Thermophysical Properties of Cement Mortar Containing Waste Glass Powder	powder	2021	ASTM - RILEM	recycled soda lime glass
3	K. Fujiyoshi et al.	Fundamental properties and durability of slope protection spray mortar reinforced with bamboo fibers	fibres	2022	JIS - JSCE	bamboo tree
4	I. Faridmehr	Assessment of Mechanical Properties and Structural Morphology of Alkali-Activated Mortars with Industrial Waste Materials	powder	2021	ASTM	industrial waste materials, including fly ash (FA), palm oil fly ash (POFA), waste ceramic powder (WCP), and granulated blast-furnace slag (GBFS)
5	J. B. de Oliveira Libório Dourado et al.	Babassu Fibers as Green Mortar Additives	fibres	2023	ABNT NBR	Babassu carbohydrate fibers (BCF)
6	D. Zhang et al.	Effect of Replacing Fine Aggregate with Fly Ash on the Performance of Mortar	fine aggregate	2023	GB/T - ASTM	fly ash
7	G. F. Huseien et al.	Engineering Attributes of Ternary Geopolymer Mortars Containing High Volumes of Palm Oil Fuel Ash: Impact of Elevated Temperature Exposure	fine aggregate	2023	ASTM	POFA is a waste material produced from the palm oil fibers, bunches, and shells
8	A. R. G. de Azevedo et al.	Recycling paper industry effluent sludge for use in mortars: A sustainability perspective	sludge	2018	ASTM - NBR	waste paper sludge
9	L. Rosato et al.	Study and evaluation of nano-structured cellulose fibers as additive for restoration of historical mortars and plasters	fibres	2017	UNI EN	nano-structured cellulose fibers (nano-fibrils)

Tipi di materiali di riciclo

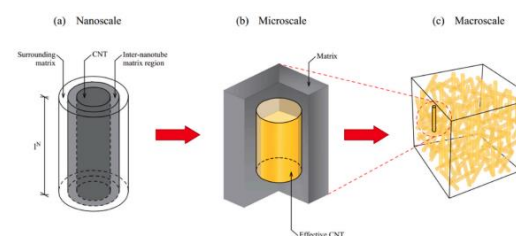
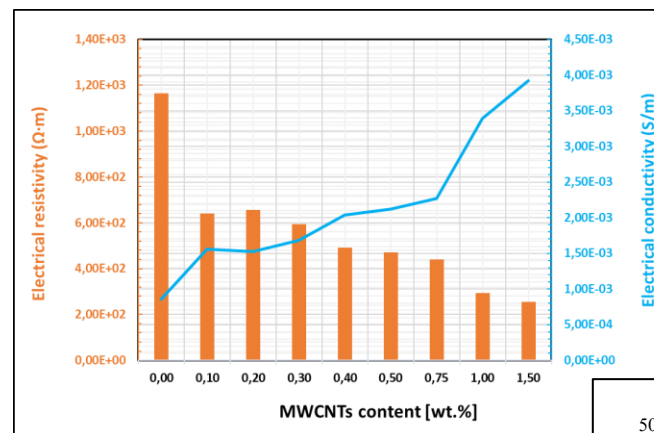


Resistenza a compressione

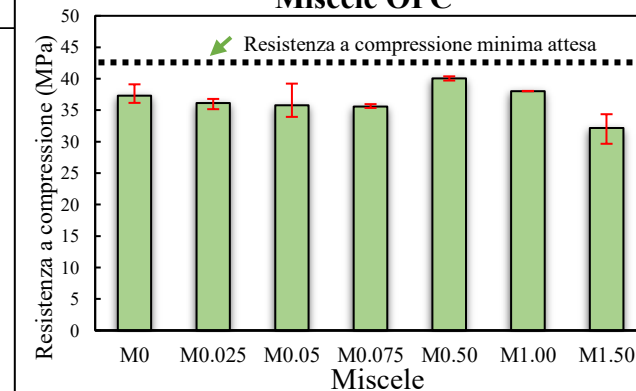


Malte cementizie additivate con nanotubi (smart self-sensing concrete)

- Effetti della dispersione delle nano-aggiunte sul comportamento meccanico
- Effetto dell'aggiunta di macrofibre metalliche
- Studio della conduttività della malta
- Modellazione dell'effetto piezoelettrico



Miscela OPC



Convegno ReLUIS

DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 13-14 ottobre 2025

Grazie!

**WP 14 - Materiali Strutturali Innovativi per la Sostenibilità delle
Costruzioni**

COORDINATORI: Prof.ssa Maria Antonietta AIELLO – Prof. Luciano Feo