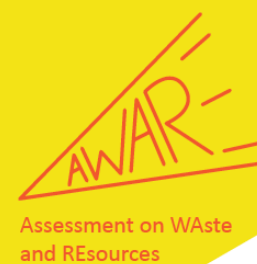




POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio
"Rifiuti e Life Cycle Thinking"
circularità e sostenibilità
6^a edizione



Calcestruzzo con materie prime seconde: dai rifiuti di demolizione e di scavo al riutilizzo di scarti di processi industriali. Esperienze del gruppo di ricerca "ReSHEALients" DICA Politecnico di Milano



Estefania Cuenca, Liberato Ferrara



Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)
Politecnico di Milano

Our research group @Dept. of Civil and Environmental Engineering: circular economy in concrete materials and structures



Liberato Ferrara
Professore Associato
Group leader



Estefania Cuenca
Ricercatrice RTDa



Marco Del Galdo
Ricercatore

Tesisti:

Fabrizio Schillani



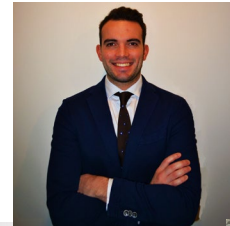
Bruna Nuncio Benevides



Luca Albertini



Ademaro Calaresu



Alice Randazzo



Mattia Rodriquens



Niccolò Aravecchia



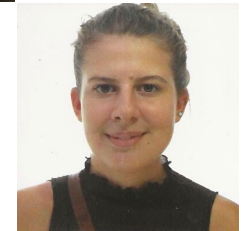
Roberto Garofalo



May El-Sayed



Simone Musto



Clara Gandais

Introduzione

Principali problemi ambientali attuali:

- Riduzione delle emissioni di CO₂ legate a processi produttivi (industria delle costruzioni) e i rifiuti di plastica.
- Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (Construction & Demolition Waste, CDW). Circa l'80% del CDW è attualmente rappresentato da cemento e mattoni
- Gestione dei rifiuti di scavo delle miniere di carbone (Coal Mine Waste Geomaterials, CMWG) anche in seguito all'abbandono di fonti fossili. Diversi paesi europei, come la Polonia, devono fare i conti con il problema dello smaltimento di 812 milioni di Mg CMWG.
- **Industria del calcestruzzo:**
- riutilizzare gli scarti polimerici in sostituzione parziale degli aggregati o come rinforzo in fibra,
- Utilizzo dei CDW e CMWG come componenti di materiali e prodotti da costruzione.

Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni – R-UHPC



Aggregati riciclati ottenute dal riciclo dell'UHPC.

Implementazione di concetti di economia circolare nell'industria delle costruzioni in calcestruzzo da parte del Gruppo di ricerca «ReSHEALients» del dipartimento DICA (PoliMi):

1. Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni (R-UHPFRC)

Prodotto utilizzando diverse frazioni di aggregato riciclato ottenuto da calcestruzzo frantumato ad altissima durabilità in sostituzione dell'aggregato naturale.

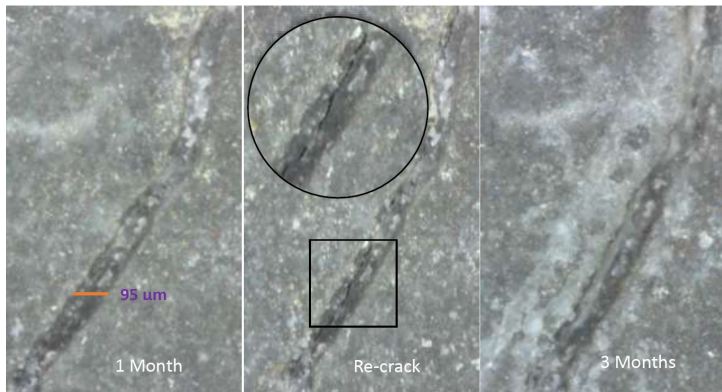
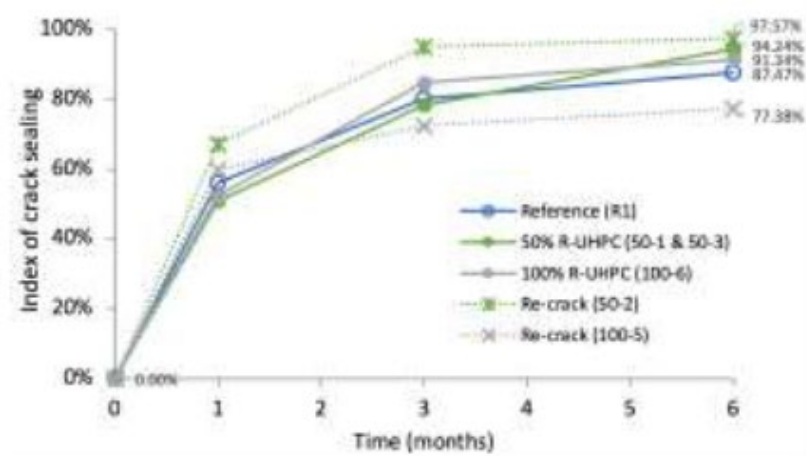
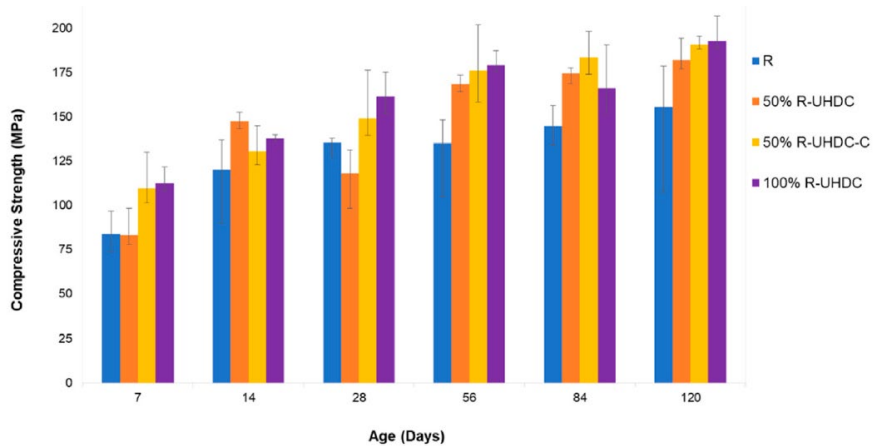
-Ricerca all'interno del progetto europeo H2020 ReSHEALience.

Constituents (kg/m ³)	Ref	50% R-UHPC 50% R-UHPC-C	100% R-UHPC
Cement 52.5 R	700	700	700
Silica Fume	400	400	400
Superplasticizer (ACE 442)	64	64	64
Water	231	231	231
Natural aggregate 117/F	286	143	0
Natural aggregate 103	409	205	0
Natural aggregate 113	122	61	0
Recycled aggregate	0	409	817
Steel fibres ($l_f = 22$ mm, $d_f = 0.2$ mm)	160	160	160
Crystalline admixture (Penetron Admix [®])	5,6	5,6	5,6



Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni – R-UHPC

1. Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni (R-UHPFRC)



NP Kannikachalam, D di Summa, RP Borg, E Cuenca, M Parpanesi, N De Belie, L Ferrara (2023). *Assessment of Sustainability and Self-Healing Performances of Recycled Ultra-High-Performance Concrete*. *ACI Materials Journal* 120 (1), 117-132

RP Borg, E Cuenca, R Garofalo, F Schillani, ML Nasner, L Ferrara (2021). *Performance assessment of ultra-high durability concrete produced from recycled ultra-high durability concrete*. *Frontiers in Built Environment* 7, 648220.

Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni – R-UHPC

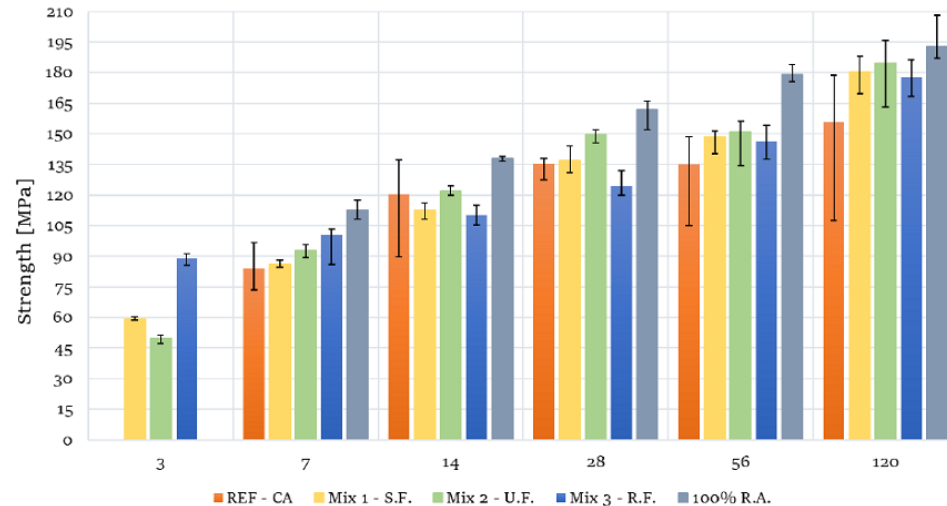


1. Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni (R-UHPFRC)

- Miscela UHPC di riferimento

E tre miscele R-UHPC:

- Miscela 1 - SF: Aggregati naturali totalmente sostituiti da UHPC riciclato e sostituzione del 30% del cemento con fini e aggregati UHPC riciclati
- Miscela 2 - UF: Aggregati naturali totalmente sostituiti da UHPC riciclato e sostituzione del 30 % del cemento con aggregati UHPC riciclati
- Miscela 3 - RF: Le fibre di acciaio sono state sostituite con fibre riciclate



L Ferrara, R P. Borg, E Cuenca, M El-Sayed, C Vassallo(2023). *Recycled Ultra High Performance Concrete (UHPC) as a way to reduce the cement demand in new UHPC.* fib conference. Istanbul (Turkey).

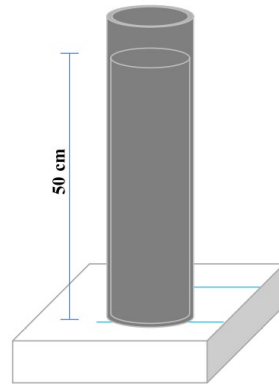
Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni R-UHPC

Tesi in corso di Ademaro Calaresu (PoliMi)

1. Calcestruzzo riciclato ad altissime prestazioni (R-UHPFRC)

Miscela 1- SF: Aggregati naturali totalmente sostituiti da UHPC riciclato e sostituzione del 30% del cemento con fini e aggregati UHPC riciclati

Miscela 2- UF: Aggregati naturali totalmente sostituiti da UHPC riciclato e sostituzione del 30% del cemento con aggregati UHPC riciclati

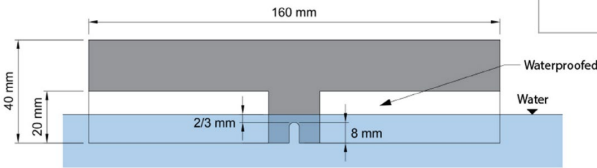


L Ferrara, R P. Borg, E Cuenca, M El-Sayed, C Vassallo(2023). *Recycled Ultra High Performance Concrete (UHPC) as a way to reduce the cement demand in new UHPC.* fib conference. Istanbul (Turkey).

Time 0 – Crack path after precracking
Prismatic specimen SFSH-02

1 Month – Crack path after healing
Prismatic specimen SFSH-02

FRONT VIEW:



BOTTOM VIEW:

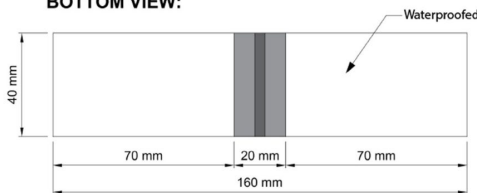


Fig. 3. Schematic of the sorptivity test set-up.



«Upscaling» of Coal Mine Waste Geomaterials



Implementazione di concetti di economia circolare nell'industria delle costruzioni in calcestruzzo da parte del Gruppo di ricerca «ReSHEALients» del dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (PoliMi):

2. Utilizzo di geomateriali di scarto delle miniere di carbone (CMWG)

Utilizzo dei CMWG come componenti di materiali e prodotti da costruzione sostenibili, questo lavoro contribuisce in modo significativo alla creazione di un'economia circolare nelle aree di estrazione del carbone dato che il problema dei CMWG è particolarmente importante in quanto il volume dei rifiuti smaltiti è enorme.

-Ricerca all'interno del progetto europeo H2020 MINRESCUE.

«Upscaling» of Coal Mine Waste Geomaterials



2. Utilizzo di geomateriali di scarto delle miniere di carbone (CMWG)

Calcestruzzi:

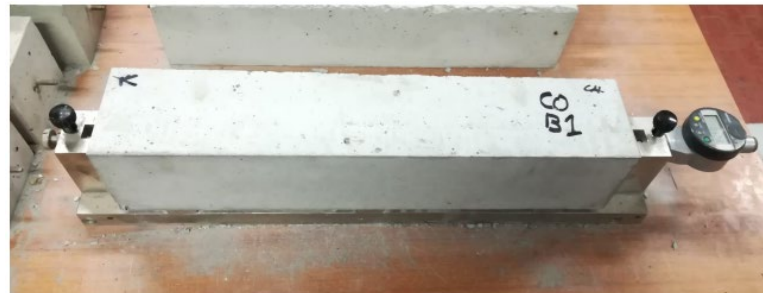
- Calcestruzzo di riferimento
- Calcestruzzo con il 25% della sabbia naturale sostituita per CMW
- Calcestruzzo con il 25% della ghiaia naturale sostituita per CMW
- Calcestruzzo con il 13% della sabbia naturale e il 13% della ghiaia naturale per CMW

Risultati non pubblicati

Compressione



Ritiro



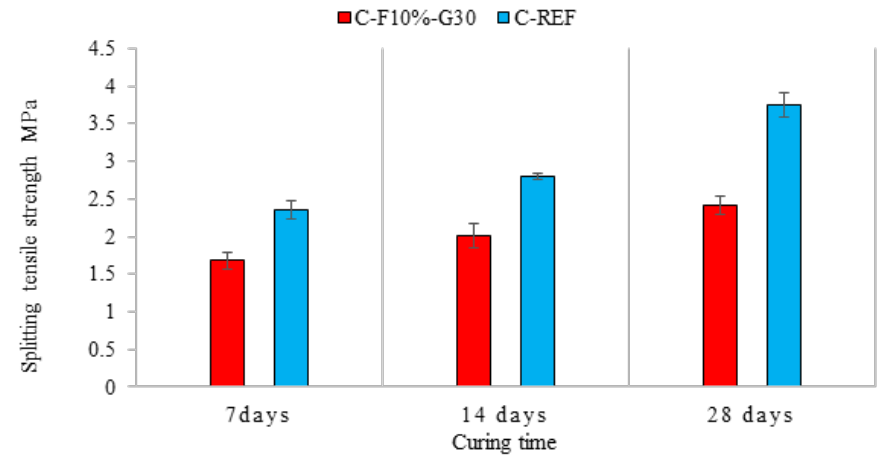
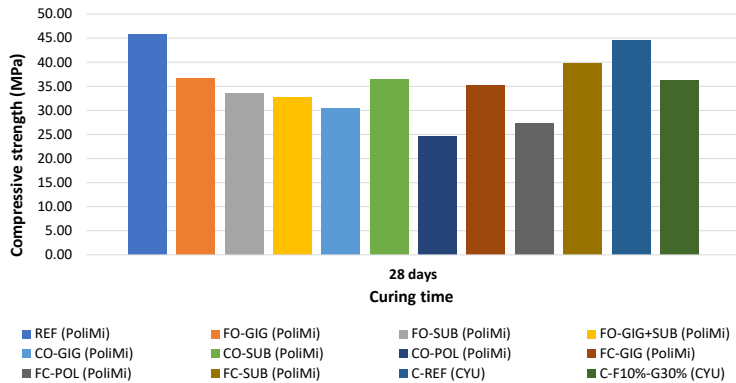
Flessione



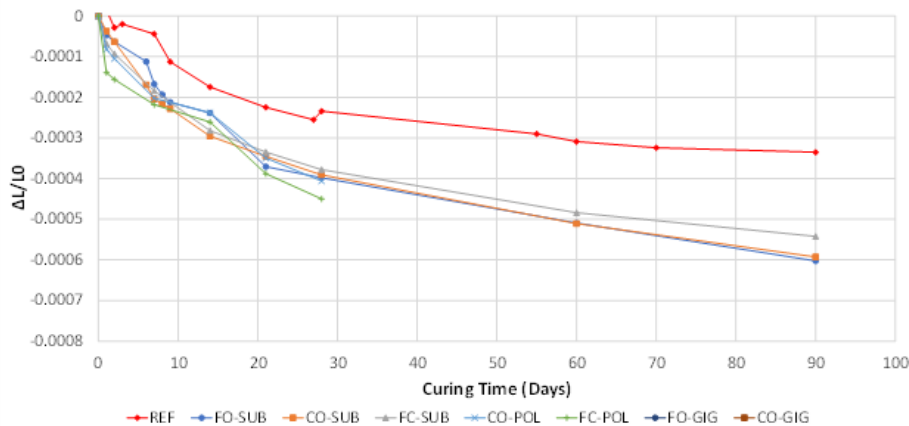
«Upscaling» of Coal Mine Waste Geomaterials



2. Utilizzo di geomateriali di scarto delle miniere di carbone (CMWG)



Shrinkage Test Average



Del Galdo, M., Albertini, L. and Ferrara, L.
**MECHANICAL CHARACTERIZATION OF
 CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATES
 FROM COAL MINING WASTES**

*Concrete Innovation for Sustainability,
 Proceedings fib Symposium 2022, Oslo 12/16-
 6-2022, pp. 8344-841*

«Upscaling» of Coal Mine Waste Geomaterials



Tesi in corso di Simone Musto (PoliMi)

Risultati non pubblicati

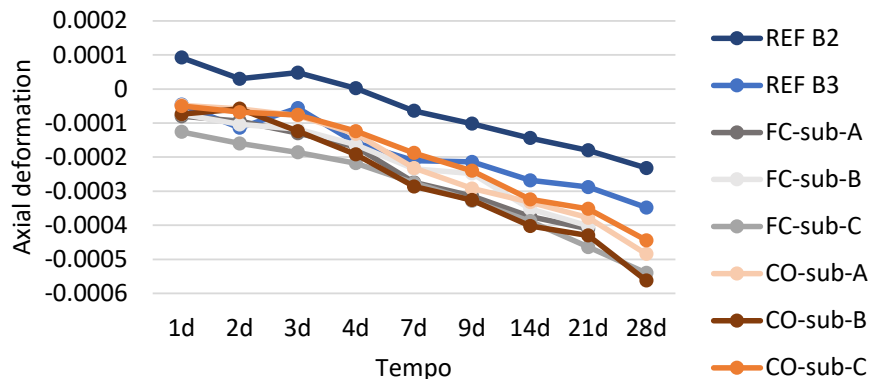
2. Utilizzo di geomateriali di scarto delle miniere di carbone (CMWG)

Produzione di calcestruzzi riciclati con aggregati ottenuti di calcestruzzi con CMWG

Specimen	Sigla	Natural fine	AG REC<10mm	Natural coarse	AG REC>10mm
Reference	REF	100%	0%	100%	0%
Coarse	CO	100%	0%	70%	30%
Fine	FO	70%	30%	100%	0%
Fine and Coarse	FC	85%	15%	85%	15%

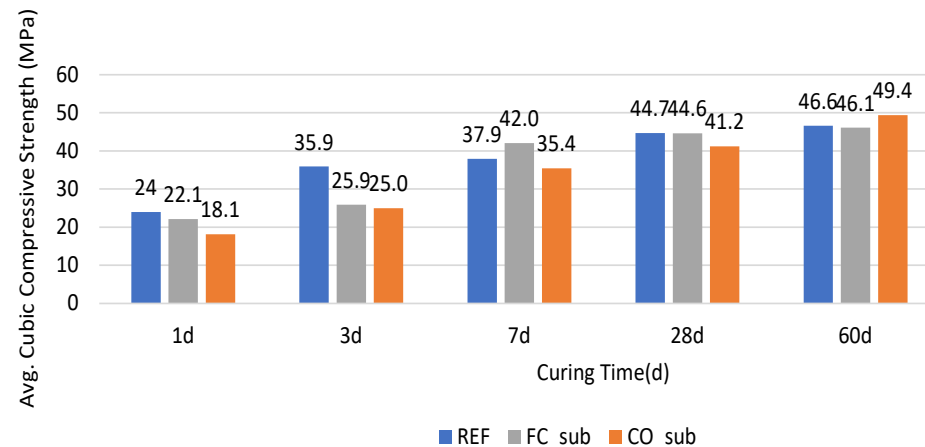
La compressione è diminuita in presenza di CMWs. La resistenza a compressione ha diminuito nella stessa proporzione che la sostituzione degli aggregati.

Shrinkage



Per i calcestruzzi con CMW il ritiro è stato maggiore che quello del calcestruzzo di riferimento.

Compressive Strength Test-Cubes



Riciclo di particelle di resina polimerica

Implementazione di concetti di economia circolare nell'industria delle costruzioni in calcestruzzo da parte del Gruppo di ricerca «ReSHEALients» del dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (PoliMi):

3. Riciclo di microparticelle polimeriche, residui dell'industria del coating e delle vernici.

Le particelle fine di resina polimerica, un prodotto di scarto dell'industria dei rivestimenti, sono state utilizzate come parziale sostituzione delle particelle di sabbia e legante previo processo di irradiazione gamma simile a quello utilizzato per la sanificazione dei contenitori nell'industria alimentare.

Il lavoro è stato condotto nell'ambito del Progetto Sustainable Efficient Alternative Plastic Storage (SEAPLAST) finanziato dal Joint Research Centre under the Exploratory Research scheme.

Risultati non pubblicati.

Lavoro sottomesso alla rivista Journal of Cleaner Materials

3. Riciclo di microparticelle polimeriche, residui dell'industria del coating e delle vernici.

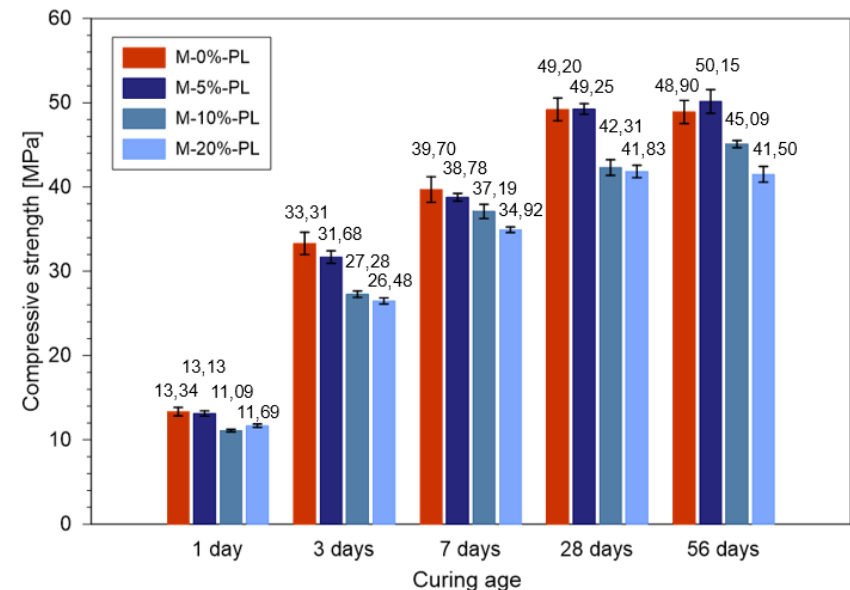
In questo programma sperimentale sono state utilizzate particelle di resina polimerica come sostituzione parziale della sabbia. Queste particelle di resina sono state sottoposte a radiazioni gamma (procedura simile a quella dei processi di sanificazione dei contenitori dell'industria alimentare).

Previamente ricercatori del MIT hanno osservato che i materiali sottoposti a radiazione gamma possono avere un miglior comportamento meccanico.

Programma sperimentale: radiazioni 10kGy e 100 kGy.

Principali conclusioni:

-I risultati hanno fornito una **riduzione limitata** nelle **proprietà meccaniche**, con un livello di **sostituzione del 20% in volume del cemento con particelle di resina PE**, evidenziando la possibilità di riutilizzare quantità economicamente sostenibili di resine PE nel calcestruzzo mentre ancora in grado di utilizzare il materiale per l'applicazione strutturale.



Conclusioni

È stata valutata la fattibilità di produrre calcestruzzi riciclati utilizzando:

- diverse frazioni di **inerti riciclati e fini** ottenuti da **UHPC frantumato**, in sostituzione sia degli inerti naturali che del cemento.
- **CDW o CMWG** come sostituzione degli aggregati naturali
- Particelle fine di **resina polimerica** come parziale sostituzione delle particelle di sabbia e legante

Le ricerche appena mostrate confermano **l'affidabilità dell'idea proposta** con riferimento alla capacità dei nuovi calcestruzzi ottenuti con prodotti di scarto o riciclati i quali hanno mostrato di **mantenere o anche solo migliorare leggermente le prestazioni meccaniche**. In alcuni casi si è osservata una **riduzione limitata** di tali proprietà che potrebbe però consentire l'uso di questi calcestruzzi in applicazioni non strutturali.



Grazie per l'attenzione