



---

Martedì 26 Febbraio 2019 ore 15:00 – 19:30, Aula Magna Facoltà di Ingegneria e Architettura

## MATERIALI PER L'EDILIZIA E LE INFRASTRUTTURE SOSTENIBILI: GLI AGGREGATI RICICLATI

La gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione è un importante problema per l'industria delle costruzioni, perché deve soddisfare le esigenze di uno sviluppo sostenibile, in particolare quelle relative all'impatto ambientale. L'impiego di aggregati riciclati può limitare l'estrazione di materie prime, contribuendo così alla salvaguardia dell'intero patrimonio dei depositi naturali, il cui sfruttamento è sempre più complesso e soggetto a forti vincoli normativi.

Il progetto MEISAR (Materiali per l'Edilizia e le Infrastrutture Sostenibili: gli Aggregati Riciclati) cerca di dare una risposta a questa problematica, con particolare riferimento all'impiego di aggregati riciclati nel calcestruzzo. Il progetto è un'azione cluster top-down finanziato da Sardegna Ricerche con fondi POR Sardegna FESR 2014/2020 - Asse Prioritario I "Ricerca scientifica, sviluppo tecnologico e innovazione".

Sardegna Ricerche sostiene le azioni collaborative fra enti di ricerca pubblici, come l'Università, e le imprese operanti nel territorio, per favorire l'innovazione attraverso attività di trasferimento tecnologico. Nel 2015 è stato redatto il progetto MEISAR, nel 2016 è stato riconosciuto idoneo e finanziato, è stato avviato nel febbraio 2018 e si concluderà ad agosto del 2020.

Il gruppo di ricerca, formato da personale strutturato dell'Università di Cagliari, si articola per competenze in quattro macro aree: Scienza e Tecnica delle Costruzioni (Luisa Pani, Mauro Sassu e Antonio Cazzani), Pianificazione Territoriale (Corrado Zoppi e Ginevra Balletto), Georisorse Minerarie (Stefano Naitza) ed esperti in prove sperimentali (Roberto Fanutza e Monica Valdes).

Il cluster delle imprese è costituito da 11 aziende operanti nel territorio, distinte in: Impianti di riciclaggio di materie prime seconde (Rifiuti Edili Recycle, Eco Frantumazioni di Saba Roberto & C. s.n.c., Ecoinerti e S.M.T. di Angelo Massa), Produttori di calcestruzzo (Calcestruzzi s.p.a Italcementi e Calcestruzzi Sarda Torpé s.r.l.), Aziende di prefabbricazione (Componenti Vibrocemento Sardegna s.r.l., Fornaci Scanu s.p.ae Manufatti in Cemento di Roberto Farris), Società esperta in indagini strutturali e prove sperimentali (Secured Solutions s.r.l. Spin-Off dell'Università di Cagliari) e lo Studio Professionale dell'Ing. Luca Tuveri che fornisce consulenze ambientali.

Per la sua realizzazione, il Progetto MEISAR si avvale del contributo di Giovani Ricercatori, la maggior parte di loro Dottori di Ricerca, che collaborano grazie a contratti e assegni di ricerca (Lorena Francesconi, Giovanni Mei, Anania Mereu e James Rombi)

I sette Obiettivi del Progetto MEISAR sono:

1. Conoscere e divulgare la Normativa tecnica e lo stato dell'arte sull'argomento a livello nazionale ed internazionale.
2. Individuazione territoriale degli impianti di riciclaggio idonei a produrre aggregati riciclati per calcestruzzo.
3. Caratterizzazione proprietà fisiche, chimiche e meccaniche degli aggregati riciclati provenienti dagli impianti di riciclaggio e relativa Marcatura CE.
4. Verifiche di compatibilità/sostenibilità economico-ambientale dell'impiego degli aggregati riciclati.



5. Caratterizzazione dei calcestruzzi confezionati con gli aggregati riciclati competitivi con i calcestruzzi ordinari, in termini economici e di performance strutturale (resistenza e durabilità).
6. Caratterizzazione di manufatti prefabbricati in calcestruzzo contenenti aggregati riciclati prodotti con gli sfridi di lavorazione dell'azienda di prefabbricazione medesima.
7. Divulgazione dei risultati e Sensibilizzazione degli Enti Territoriali e degli Operatori del settore delle costruzioni relativamente alle possibilità di impiego economico ed ecosostenibile degli inerti riciclati per le strutture e infrastrutture.

Il Convegno, organizzato con il patrocinio dell'Ordine degli Ingegneri di Cagliari e l'Ordine dei Periti Industriali di Cagliari, è rivolto agli operatori e professionisti di settore ed alle Pubbliche Amministrazioni, si propone di fornire una panoramica sul quadro internazionale, nazionale e regionale dell'uso degli aggregati riciclati per le costruzioni in calcestruzzo, presentando anche i risultati parziali del progetto in corso di svolgimento.

Sono intervenuti in qualità di relatori:

**Luisa Pani** (Responsabile Scientifico del Progetto MEISAR, Ricercatore e Docente di Tecnica delle Costruzioni dell'Università di Cagliari) che ha presentato la relazione "Dalle macerie di demolizione alla produzione di calcestruzzo strutturale".

**Ginevra Balletto** (Componente del gruppo di ricerca del Progetto MEISAR, Professore Associato in Pianificazione e progettazione urbanistica e territoriale dell'Università di Cagliari) e **Giuseppe Borruso** (Professore Associato in Geografia Economico-Politica dell'Università di Trieste) che hanno presentato la relazione "Rifiuti da costruzione e demolizione: tra carichi ambientali e re-immissione nei processi costruttivi. Il caso dello Stadio Sant'Elia (Cagliari) nel contesto regionale della Sardegna".

**Giorgio Bressi** (Direttore Tecnico di ANPAR - Associazione Nazionale Produttori Aggregati Riciclati, e membro di UNICIRCULAR - Unione Imprese Economia Circolare) che ha presentato la relazione "La produzione di aggregati riciclati ed artificiali per il confezionamento di calcestruzzo".

**Luca Tuveri** (Componente del cluster di imprese del progetto e delegato ANPAR Sardegna) che ha presentato la relazione "La produzione di aggregati riciclati in Sardegna".

**Andrea Zecchini** (Head of Tech Assistance di Italcementi Spa) che ha presentato la relazione "L'esperienza Italcementi e Calcestruzzi nella valorizzazione dei materiali derivanti da altri processi".

**Fernando Lopez-Gayarre** (Professore Associato del Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni e della Produzione dell'Università di Oviedo - Spagna) che ha presentato la relazione "Reuse of waste from the ceramics industry rejects as recycled aggregates for the manufacture of precast concrete elements".

Di seguito una sintesi degli interventi.

### **"Dalle macerie di demolizione alla produzione di calcestruzzo strutturale" di Luisa Pani**

Le costruzioni nel tempo possono essere in parte o totalmente demolite, le macerie vengono conferite in discarica. Il corretto recupero e smaltimento dei rifiuti derivanti dalle attività di costruzione e demolizione riveste un ruolo di fondamentale importanza nel processo finalizzato alla tutela dell'ambiente.

Il recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione produce risparmio delle materie prime disponibili e consente il controllo dell'impatto ambientale delle discariche.



Nella realtà locale le macerie da costruzione e demolizione vengono impiegate come riempimento e nelle migliori delle ipotesi come sottofondo stradale. Ma si può intervenire virtuosamente per ottenere dagli scarti un prodotto di pregio: gli aggregati riciclati, da impiegarsi anche nel confezionamento di calcestruzzo strutturale. I prodotti di calcestruzzo realizzato con aggregati riciclati sono uguali a quelli realizzati con calcestruzzo ordinario (blocchetti, calcestruzzo armato e non, elementi prefabbricati, ecc.).

La demolizione del vecchio Stadio di Cagliari prevista per la costruzione del nuovo stadio, è stato oggetto di una approfondita campagna sperimentale per valutare la possibilità di impiegare le macerie della demolizione per produrre aggregati riciclati da impiegare nella costruzione del nuovo complesso sportivo.

Il team del Progetto MEISAR è stato autorizzato dal Comune di Cagliari ad effettuare indagini sperimentali sulle strutture esistenti e la demolizione parziale delle medesime per la produzione di aggregati riciclati.

La campagna sperimentale è partita esaminando le caratteristiche del calcestruzzo esistente in termini di stato di conservazione e prestazioni meccaniche. L'analisi è stata rivolta alle parti di struttura che potevano essere demolite in sicurezza senza arrecare danno alle altre strutture. Sono stati scelti i blocchi di fondazione e le travi a sbalzo del 2° anello, facilmente raggiungibili dai mezzi meccanici per la loro demolizione parziale. Sono stati effettuati carotaggi per valutare lo stato di carbonatazione, la resistenza a compressione e a trazione, il modulo elastico e l'analisi petrografica al microscopio ottico polarizzatore a luce trasmessa di sezioni sottili.

I carotaggi e le prove di carbonatazione sono stati eseguiti dalla Società Secured Solution, che aderisce al Cluster delle imprese, le prove di compressione, trazione e modulo elastico sono state effettuate presso il Laboratorio Prove Materiali del Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale e Architettura dell'Ateneo di Cagliari. L'analisi petrografica nel Laboratorio del prof Naitza, che fa parte del team di ricercatori del progetto MEISAR.

Le prove sono state condotte per conoscere lo stato e le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo genitore e per controllare l'influenza del calcestruzzo genitore sulle prestazioni, sia degli aggregati riciclati che verranno prodotti dalla frantumazione delle macerie, sia del nuovo calcestruzzo riciclato confezionato con gli aggregati riciclati. Da queste analisi si possono avere importanti informazioni su come gestire gli impianti di riciclaggio per la produzione e vendita degli aggregati riciclati prodotti da calcestruzzo.

Le prove condotte hanno evidenziato una differenza nello stato di conservazione, nelle prestazioni meccaniche e nell'analisi petrografica fra il calcestruzzo del blocco di fondazione e quello delle travi a sbalzo del 2° anello. Si rilevano prestazioni migliori nel calcestruzzo della fondazione rispetto a quello della trave. Si tratta comunque di calcestruzzo a bassa resistenza. La resistenza a compressione media risulta pari a 27.5 N/mm<sup>2</sup> per il calcestruzzo del blocco di fondazione e 20.0 N/mm<sup>2</sup> per la trave a sbalzo del 2° anello.

Alla luce dei risultati di queste prove si è proceduto alla demolizione parziale dei due elementi, mantenendo separate le macerie. L'impianto di riciclaggio Rifiuti Edili Recycle, azienda aderente al Cluster MEISAR, ha effettuato la lavorazione delle macerie separatamente ed ha restituito e consegnato nel Laboratorio Prove Materiali gli aggregati riciclati distinti per provenienza e con diametro 4 – 16 mm.

Le prove sugli aggregati riciclati, nel rispetto della Norma UNI EN 12360 per la marcatura CE, sono state condotte nei Laboratori Prove Materiali e Analisi Chimiche Ambientali del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, grazie anche alla collaborazione della Dott.ssa Martina Piredda.



Sono stati valutati n. 20 parametri e solo per 5 di questi si sono rilevate limitate differenze fra gli aggregati riciclati, provenienti dai due elementi strutturali blocchi di fondazione e travi a sbalzo del 2° anello.

La differenza fra gli aggregati naturali e quelli riciclati è dovuta alla malta che avvolge, in modo non uniforme i granuli. La sua presenza riduce la densità dei granuli, i granuli presentano una maggiore porosità, la superficie è maggiormente ruvida ed aumenta l'acqua di assorbimento. Si tratta di parametri molto importanti per la definizione della miscela di calcestruzzo. La prova per valutare il contenuto di malta non è standardizzata dalle Norme UNI, ma in letteratura sono presenti delle procedure per la sua valutazione.

I risultati ottenuti dalle prove condotte sugli aggregati riciclati, prodotti dalle macerie del blocco di fondazione e quelli della trave a sbalzo del 2° anello, mostrano differenze modeste fra i due tipi di aggregato.

Nonostante le prove condotte sui due tipi di aggregati riciclati non evidenziassero significative differenze, in accordo con i Tecnologi della Calcestruzzi s.p.a. (azienda aderente al Cluster delle imprese), sono state definite la composizione delle miscele di calcestruzzo riciclato. In esse sono stati mantenuti costanti il tipo e dosaggio e di cemento, l'acqua di impasto, gli aggregati fini naturali; sono variate la percentuale di sostituzione degli aggregati naturali grossi con quelli riciclati. le percentuali di sostituzione considerate sono pari a 30, 50 e 80%. Mantenendo distinti i due tipi di aggregati riciclati sono state confezionate 6 miscele. Un altro componente della che differisce, seppure non in modo significativo, è l'additivo superfluificante, dosato per ottenere identica lavorabilità in tutte le miscele. Un calcestruzzo ordinario con aggregati naturali è stato confezionato per confronto.

I calcestruzzi sono stati confezionati presso lo stabilimento Calcestruzzi spa e per ogni miscela sono stati confezionati 18 cubi e 5 prismi. La stagionatura è stata eseguita in condizioni termo-igrometriche standard.

La lavorabilità, immediatamente dopo l'impasto, di tutte le miscele è come atteso del tutto simile, leggermente inferiori nei calcestruzzi riciclati dopo 30 minuti. Le resistenze a compressione a 14 e 28 gg dimostrato un perfetto allineamento con il calcestruzzo ordinario, anche quando la percentuale di sostituzione raggiunge l'80%. Le resistenze a compressione ottenute indicano calcestruzzi di classe C30/35, le resistenze medie a compressione a 28 giorni di stagionatura sono mediamente pari a 45 N/mm<sup>2</sup>. Non si rileva alcuna influenza dei calcestruzzi genitori, dai quali sono stati prodotti i due tipi di aggregati riciclati, sulle prestazioni dei nuovi calcestruzzi riciclati. Analoghe osservazioni possono essere fatte sui risultati ottenuti per la resistenza a trazione, mentre leggermente inferiori risultano i valori del modulo elastico sui calcestruzzi riciclati, ma in ogni caso si tratta di calcestruzzo strutturale.

Attualmente sono in corso le prove di Durabilità sui calcestruzzi; si tratta di valutare la resistenza alla penetrazione dell'acqua in pressione, la resistenza al gelo e disgelo e la resistenza ai cloruri con diffusione unidirezionale.

Di concerto con l'azienda Componenti Vibrocemento Sardegna s.r.l. (azienda aderente al Cluster delle imprese), è prevista la produzione di elementi prefabbricati in calcestruzzo, impiegando gli scarti di lavorazione dell'impianto. Gli elementi prefabbricati, che saranno sottoposti a test sperimentali di portanza, sono: i plinti prefabbricati a bicchiere e le barriere tipo New Jersey

Sono in corso valutazioni economiche e ambientali sull'utilizzo degli aggregati riciclati che porteranno alla redazione di: Schede Prodotto, Elenco prezzi e Capitolati Tecnici.