

---

# Materiali per la transizione del costruito

---

## Traiettorie di innovazione



---

# Materiali per la transizione del costruito

---

## Traiettorie di innovazione

# Colophon

Questo volume e gli esiti di ricerca in esso pubblicati sono stati finanziati dall'Unione europea - NextGenerationEU attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) Missione 4 "Istruzione e ricerca" Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa" Investimento 1.5 - Ecosistema ECS\_00000043 "iNEST - Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem" (CUP F43C22000200006) - Spoke 4.

**Materiali per la transizione del costruito.  
Traiettorie di innovazione**

a cura di  
Elisa Zatta  
Rosaria Revellini

ISBN (cartaceo)  
979-12-5953-173-5  
ISBN (digitale)  
979-12-5953-244-2  
DOI  
10.57623/979-12-5953-244-2



Il presente volume è pubblicato in modalità Open Access Gold. Il file è scaricabile dalla piattaforma Anteferma Open Books [www.anteferma.it/aob/](http://www.anteferma.it/aob/)

**editore**  
Anteferma Edizioni  
via Asolo 12, Conegliano, TV  
[edizioni@anteferma.it](mailto:edizioni@anteferma.it)

**progetto grafico**  
Giulia Ciliberto  
Luca Coppola  
Pietro Costa  
Giacomo Dal Prà

**copyright**



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

|       |                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------|
| iNEST | Spoke 4<br>Città, Architettura<br>e Design Sostenibile |
|-------|--------------------------------------------------------|

|              |                |
|--------------|----------------|
| Coordinatore | Lorenzo Fabian |
|--------------|----------------|

|                              |                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coordinamento<br>scientifico | Massimiliano Condotta (Iuav)<br>Lorenzo Fabian (Iuav)<br>Luciano Gamberini (UniPD)<br>Elena Marchigiani (UniTS)<br>Alberto Sdegno (UniUD)<br>Lorenzo Bellicini (CRESME)<br>Pierpaolo Campostrini (CORILA) |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Disclaimer**

L'apparato iconografico presente è volto a supportare la comprensione dei prodotti della ricerca illustrati nel volume. Tutte le fonti delle figure sono state opportunamente segnalate dalle curatrici e dagli autori.

---

## GRUPPO DI LAVORO

### Università Iuav di Venezia (Spoke leader)

Massimiliano Condotta (coordinatore task 2.1), Martino Dereani, Giuseppe Emmi, Alice Rampazzo, Rosaria Revellini, Valeria Tatano, Elisa Zatta.

### Università degli Studi di Udine

Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo, Anna Frangipane, Giada Frappa, Margherita Pauletta, Claudia Pirina, Alberto Sdegno.

### Università degli Studi di Trieste

Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Carlo Antonio Stival.

|              |                                         |
|--------------|-----------------------------------------|
| Autori       | Alice Rampazzo<br>Massimiliano Condotta |
| Affiliazione | Università Iuav di<br>Venezia           |



Provino sperimentale con il 60% di aggregati riciclati di solo calcestruzzo. A. Rampazzo, M. Condotta, 2024.

# Calcestruzzo riciclato con elevate percentuali di aggregato riciclato: aspetti applicativi e casi studio

## Rifiuti nelle diverse fasi del ciclo di vita

Il settore delle costruzioni, oltre all'elevato consumo di risorse energetiche, richiede rilevanti quantità di risorse naturali che sono costantemente sottoposte ad un eccessivo depauperamento. Il calcestruzzo contribuisce a tali impatti sia durante il processo di estrazione degli inerti, sia attraverso il consumo di energia nella fase di produzione a cui si aggiunge il problema di recupero e reimpiego del materiale al termine della sua vita utile.

Analizzando per *step* successivi l'intera filiera del processo si evidenziano: in fase di produzione, l'estrazione delle materie prime la quale implica il consumo di risorse non rinnovabili e la modificazione dell'ambiente naturale dovuto allo sfruttamento delle cave; nella fase di trasporto, elevati impatti sono dovuti alla distanza tra il luogo di estrazione, quello di lavorazione ed il cantiere; nella fase di realizzazione e dismissione, in cui l'impatto ambientale risulta più consistente, si genera una notevole quantità di rifiuti, i cosiddetti rifiuti da costruzione e demolizione, non assimilabili ai rifiuti urbani, destinati ad essere conferiti in impianti di trattamento o a permanere in depositi formalmente temporanei.

A tutto ciò si aggiunge il fatto che recentemente il settore edile è stato oggetto di incentivi economici legati alla riqualificazione energetica degli edifici, con la conseguenza che le attività di costruzione e ristrutturazione hanno determinato un aumento dei quantitativi di rifiuti da C&D prodotti. Nonostante il calo registrato durante la crisi sanitaria e socio economica legata alla pandemia, nel 2021 vi è stato un incremento della produzione di rifiuti del 9,2%; nel 2022, invece, è risultato pari a circa 60,6 milioni di tonnellate, equivalente al 1,9% in più, corrispondente a 1,2 milioni di tonnellate, su base annua, rispetto all'anno precedente (ISPRA, 2024). In particolare, nell'ambito del Nord Est italiano, la produzione di rifiuti C&D incide dal 41% al 68% sul totale dei rifiuti speciali prodotti a livello regionale; il Trentino Alto Adige influenza con un valore percentuale pari al 68,7% sul totale di 4,6 milioni di tonnellate di rifiuti speciali, mentre il Veneto genera un impatto inferiore pari al 41,2% sulla produzione totale di 17,1 milioni di tonnellate corrispondente al 10,6% del complessivo nazionale. A fronte di tale scenario, risulta importante implementare soluzioni per aumentare la potenzialità di riciclo del calcestruzzo.

Se si analizzano le circostanze in cui è possibile ricavare dell'aggregato derivato da riciclo del calcestruzzo, è possibile individuare tre tipi differenti di aggregato riciclato anche in base al materiale che lo compone: calcestruzzo reso o di ritorno, aggregato di solo calcestruzzo e aggregato misto.

FIGURA 01 – P. 86

In riferimento al primo tipo, ancor prima della fase di costruzione, una parte di calcestruzzo fresco ritorna all'impianto di produzione per diversi motivi. Spesso infatti si preferisce ordinare un'eccedenza di materiale piuttosto che rischiare un disavanzo che causerebbe l'interruzione o il ritardo della corretta esecuzione dell'opera. Il calcestruzzo consegnato, inoltre, potrebbe risultare non conforme alle specifiche del prodotto per cui l'autobetoniera torna con l'intero carico di materiale allo stabilimento di partenza; alle volte invece può trattarsi anche di piccole quantità di calcestruzzo rimaste sul fondo del fusto dell'autocarro. Nella maggior parte dei casi, il materiale restituito viene smaltito anch'esso come rifiuto speciale, costituendo un grave problema gestionale ed ambientale (Ferrari *et al.*, 2020), in quanto dopo 2-3 ore dalla produzione i processi di idratazione causano una perdita graduale di lavorabilità e l'inizio delle reazioni di indurimento del calcestruzzo. Si stima che, nei paesi europei ed in Giappone, la quantità prodotta di calcestruzzo reso rappresenti circa il 2-3% dell'intera produzione, mentre negli Stati Uniti la percentuale sale addirittura al 5%. Questi dati indicano che una notevole quantità di calcestruzzo prodotto, stimato in oltre 600.000 tonnellate all'anno, non viene utilizzata. Nello specifico, in Italia, ogni anno, circa 700 mila m<sup>3</sup> di calcestruzzo tornano agli impianti di produzione e diventano anch'essi rifiuti da smaltire (Diotti *et al.*, 2021).

Per quanto riguarda il secondo tipo, in seguito alla dismissione o demolizione, totale o parziale, di un edificio, è possibile individuare, in alcuni casi, i diversi componenti edilizi procedendo con una demolizione selettiva: si può ottenere aggregato di riciclo di solo calcestruzzo tramite la separazione dei rifiuti in categorie differenti al fine di ottenere materiali con caratteristiche di omogeneità e affidabilità da poter ricollocare nel mercato. Il rifiuto che ne deriva risulta ben selezionato e potenzialmente potrebbe essere impiegato in applicazioni di maggior valore rispetto a quelle degli aggregati misti in quanto rispondono in modo favorevole a richieste prestazionali stringenti. Il terzo tipo, al contrario, si ricava da un volume di rifiuti che risulta per lo più eterogeneo a causa del processo di demolizione tradizionale, come spesso accade. Il prodotto finale ottenuto, successivamente alla frantumazione e vagliatura dei materiali, rientra a far parte del misto granulare. Riassumendo, dunque, è possibile identificare tre diversi tipi di inerte riciclato da poter recuperare nelle diverse fasi di vita del manufatto e reinserire nel processo produttivo come materie prime seconde.

### **Attuali impieghi del calcestruzzo riciclato in ambito nazionale**

L'utilizzo di aggregati riciclati nel calcestruzzo appare pertanto una soluzione promettente nell'attivare processi orientati alla riduzione dello sfruttamento di nuove risorse al fine di massimizzare il reimpiego del materiale già esistente. Ad oggi, tale potenzialità non è pienamente sfruttata poiché il suo utilizzo è stato recepito solo parzialmente dalle normative tecniche nazionali ed emerge in modo evidente il problema di scarsa possibilità di reimpiego dei rifiuti da C&D sottoforma di aggregati. Nonostante i Criteri Minimi Ambientali (CAM) sembrino incoraggiarne l'utilizzo prevedendo l'obbligo di una percentuale minima di impiego del 5% di materia di riciclo sul peso (a secco) del prodotto, il riciclaggio convenzionale del calcestruzzo prevede l'utilizzo di una sola porzione di aggregati, limitazioni nel numero di applicazioni oltre che nelle quantità di contenuto riciclato, in particolare per applicazioni strutturali. Le percentuali di impiego ammesse variano in funzione delle diverse classi di esposizione, oltre che di resistenza e provenienza del calcestruzzo di riciclo (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2018). Le normative nazionali attualmente in vigore consentono l'utilizzo della sola frazione grossolana, non considerando la frazione fine, ed il

30% di sostituzione di aggregato di solo calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzo per uso strutturale. Inoltre, viene ammessa una percentuale del 60% per la produzione di calcestruzzo di classe massima C20/25, mentre per uso non strutturale fino al 100% considerando anche aggregati misti.

#### TABELLA 01 – P. 88

Oltre a ciò, la mancanza di impianti adeguati atti alla gestione degli aggregati derivanti da operazione di C&D e la sfiducia nella qualità degli aggregati riciclati ne limita il loro utilizzo. Infatti, il problema principale risiede nella difficoltà di reintrodurre materiali riciclati nel mercato data la domanda molto limitata, se non del tutto assente soprattutto per l'aggregato di solo calcestruzzo. Nella pratica, in Italia, risulta che solo una certa quantità di rifiuti siano certificati, e dunque registrati, in un apposito impianto in cui vengono stoccati, ma senza nessun reimpiego effettivo. Un'altra realtà è che gran parte dei rifiuti da C&D non viene dichiarata ed ancora oggi resta abbandonata illegalmente sul territorio (Legambiente 2021). Nonostante i dati dichiarino alte percentuali di recupero stimando una percentuale pari al 79,8% nell'anno 2022, al di sopra dell'obiettivo del 70% fissato dalla direttiva 2008/98/CE per il 2020, il mercato degli aggregati di riciclo è poco sviluppato e disomogeneo nel territorio con percentuali di sostituzione ancora molto basse (ISPRA, 2024).

Nella maggior parte dei casi, secondo quanto suggerito dalla letteratura (Tam *et al.*, 2018) e da alcune interviste svolte ad attori della filiera, la sfiducia nei confronti della fattibilità tecnica dell'aggregato riciclato è rivendicata dagli utilizzatori finali, dai produttori di calcestruzzo e dagli appaltatori. Attualmente, la maggior parte della produzione degli impianti di riciclaggio è costituita da aggregati non certificati, nonostante la certificazione risulti di primaria importanza a causa delle richieste sempre più severe da parte delle imprese edili che desiderano utilizzare materiali conformi alle specifiche e di qualità garantita.

Attualmente, in relazione a questo scenario, nel contesto nazionale sono maggiormente utilizzati aggregati di riciclo per i cosiddetti “usi legati” ovvero recuperi ambientali, sottofondi e rilevati stradali, in particolare per l'81% in pavimentazioni stradali, ferrovie ed altre opere civili, mentre l'11,6% in operazioni di riempimento che non richiedono un elevato livello di qualità del materiale. Il restante 7,3% viene impiegato nella produzione di manufatti e prodotti edilizi di cui lo 0,4% costituisce la produzione di calcestruzzo per applicazioni strutturali ed il 6,8% per utilizzo non strutturale (ANPAR, 2018). Il nuovo decreto sull'End of Waste (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2024) in merito al riutilizzo dei rifiuti inerti, apre uno spiraglio ad una maggior diffusione di questi ultimi attraverso la semplificazione delle regole in vigore ed il superamento delle criticità emerse con il precedente D.M. 152/2022. In particolare, esso definisce le responsabilità del produttore di aggregato recuperato, la dichiarazione di conformità, le modalità di prelievo e detenzione dei campioni di aggregato di recupero oltre che ampliare il numero delle applicazioni cui possono essere destinati i materiali (come produzione di clinker e produzione di cemento) ed alleggerisce gli oneri economici e amministrativi per gli operatori.

#### **Confronto scenario tecnico-normativo internazionale**

A differenza del contesto italiano, esistono alcune realtà comunitarie e non comunitarie che ammettono percentuali di sostituzione dell'aggregato naturale nettamente superiori a seguito dell'adozione di regolamenti e linee guida meno restrittive, derivanti da differenti politiche di gestione in tema

dei rifiuti e, viceversa, restrizioni sullo sfruttamento delle risorse naturali. La soluzione per incentivare il riciclo dei rifiuti da costruzione sembra provenire dai paesi del Nord Europa che hanno già da molto tempo considerato il recupero dei materiali evitando l'estrazione da cava. Il caso della Danimarca evidenzia un ingente utilizzo di aggregati riciclati a partire dall'introduzione della normativa del 1987 per cui ogni tonnellata di rifiuti da C&D conferita in discarica o incenerita veniva tassata 5,3 euro, presto aumentata fino ai 50 euro, motivo per cui risulta l'unico paese con oltre il 90% di inerti riciclati. Tale processo ha garantito una riduzione della richiesta di aperture di cave a fronte dell'economicità degli aggregati riciclati rispetto a quelli vergini oltre che un vantaggio dal punto di vista ambientale (Legambiente, 2021). Considerando quattro parametri quali il mix frantumato, la massima percentuale di sostituzione ammessa, le condizioni ambientali e la classificazione di resistenza alla compressione del calcestruzzo, in Danimarca viene prevista la produzione di calcestruzzo con il 100% di aggregato riciclato di solo calcestruzzo fino ai 40 MPa, mentre di aggregato misto fino ai 20 MPa.

#### FIGURA 02 – P. 89

La Svizzera si spinge addirittura al 100% di utilizzo di aggregato grossolano e fine, proveniente da macerie di solo calcestruzzo anche per la produzione di calcestruzzi con classe di resistenza massima C30/37, inoltre prevede una sostituzione totale dell'aggregato naturale altresì per l'aggregato misto. Oltre a considerare una percentuale di sostituzione maggiore rispetto ad altre realtà, queste due risultano essere le uniche, assieme ai Paesi Bassi, a considerare l'impiego della frazione fine, oltre a quella grossolana. Al contrario, altri paesi consentono percentuali inferiori di materiale riciclato, come la Spagna, che prevede il 20% per l'aggregato di solo calcestruzzo con una resistenza massima di 40 Mpa, o il Portogallo che ammette dal 20 al 25% per classi di resistenza rispettivamente di C35/35 e C40/50. Le linee guida tedesche, invece, stabiliscono che in determinate circostanze l'aggregato riciclato può essere utilizzato fino al 45% dell'aggregato totale, a seconda della classe di esposizione del calcestruzzo. Per quanto riguarda l'aggregato misto, nella maggior parte dei paesi è limitato ai calcestruzzi non strutturali. È doveroso supporre che queste differenze siano influenzate dalla sismicità dei territori che richiedono che i materiali impiegati soddisfino specifici standard di resistenza e durabilità. L'Italia e il Giappone, ad alta sismicità, risultano tra i paesi che ammettono percentuali limitate di aggregati riciclati, mentre la Svizzera, pur rientrando tra i paesi con pericolosità sismica media, assieme a Spagna e Portogallo, si spinge a utilizzare percentuali maggiori avvalendosi di normative esigenti, con attenzione alla sostenibilità e competenza tecnica, dimostrando la possibilità di conciliare le prestazioni strutturali con l'uso responsabile delle risorse.

#### **Casi studio con impiego di aggregato riciclato**

Sulla strada del riciclo è possibile identificare, in ambito europeo, esempi efficienti di impiego di aggregati riciclati riconducibili ai tre tipi di inerte classificate in precedenza, dimostrando che i principi dell'economia circolare possono essere incorporati con successo nell'ambiente costruito.

##### *Primo tipo: calcestruzzo reso o di ritorno*

Il progetto *Upcycle Studios* di Lendager Group, un complesso di 20 case a schiera, vede l'impiego di 837 m<sup>3</sup> di calcestruzzo reso in eccesso dai lavori della metropolitana della città di Copenaghen, frantumato ed utilizzato in aggregato riciclato per circa il 50% sul totale in peso. Il prodotto è stato

confezionato e gettato tramite un impianto di betonaggio mobile, oltre che testato direttamente in situ. I progettisti, dunque, attraverso questo processo hanno potuto ottimizzare sia la fase di produzione del calcestruzzo stesso, sia la fase di trasporto che avrebbe inciso in modo rilevante nella produzione di CO<sub>2</sub>. Confrontando le emissioni derivanti dall'estrazione di ghiaia vergine con l'uso di aggregati riciclati è stata riscontrata una riduzione dell'84% di CO<sub>2</sub>. Inoltre, il calcestruzzo miscelato in cantiere presenta un tasso di scarto nettamente minore rispetto a quello preconfezionato in quanto garantisce la possibilità di produrre esattamente la quantità necessaria, operazione più difficoltosa quando il calcestruzzo deve essere trasportato dallo stabilimento. Ciò implica che spesso venga ordinato più materiale del necessario per consentire modifiche durante la realizzazione dell'opera oltre che garantire una lavorabilità adeguata del calcestruzzo stesso. In particolare, nel progetto *Upcycle Studios* sono stati confezionati due tipi di calcestruzzo riciclato rispettivamente per solai e pareti interne, entrambi con classe di resistenza C25/30 in conformità alle norme DS EN 206-1:2000 e DS 2426:2011. La resistenza alla compressione caratteristica, alla scadenza dei 28 giorni di indurimento, variava da 35,7 a 46,7 MPa consentendo di soddisfare gli stessi requisiti del calcestruzzo vergine nella stessa classe di resistenza, con una resistenza alla compressione caratteristica di almeno 31 MPa. Il contenuto d'aria è stato misurato nell'intervallo 5,7-8,7%, che corrisponde al contenuto d'aria del calcestruzzo vergine (circa il 6-7%). Il valore del modulo elastico dopo 28 giorni era di 28 GPa, che corrisponde a quello che ci si aspetterebbe da un calcestruzzo tradizionale di una resistenza simile (Miljøministeriet, 2022).

#### FIGURA 03 – P. 90

##### *Secondo tipo: aggregato di solo calcestruzzo*

La realtà svizzera risulta essere una delle più avanzate in Europa. Ad esempio, la città di Zurigo si impegna all'utilizzo, per la maggior quantità possibile, di aggregato di calcestruzzo riciclato non solamente proveniente da rifiuti di solo calcestruzzo, ma anche da rifiuti misti di demolizione. Il calcestruzzo riciclato veniva impiegato solo per lavori di costruzione a bassa resistenza, ma l'obiettivo è stato quello di aumentare la qualità per poterlo applicare anche nella costruzione di edifici. Nel 2002, dunque, la città ha deciso di collaborare con un'impresa edile ed un produttore locale di calcestruzzo per la costruzione di un edificio pubblico scolastico. Nel progetto *Im birch* di Peter Märkli è stato impiegato calcestruzzo con l'80% di aggregato riciclato per tutti i componenti gettati in loco, ad esclusione di quelli prefabbricati. La struttura portante, un sistema convenzionale di pilastri e solette piene, è stata irrigidita con pannelli in calcestruzzo a vista e tamponata con blocchi di vetro, non portanti, o pareti in mattoni intonacati. A seguito del successo del progetto, nel 2005 è stata resa obbligatoria la costruzione di tutti gli edifici pubblici con calcestruzzo riciclato richiedendo che i prodotti contenessero almeno il 25% di aggregati riciclati in massa totale.

La città ha introdotto nuovi requisiti nel 2005: un minimo del 25% di aggregati riciclati nel calcestruzzo, in linea con gli standard SN EN 206:2013 e SIA 2030. Inoltre, la città richiedeva la qualità RC-C come minimo e, dove tecnicamente possibile, la qualità RC-M, puntando a un range minimo del 25 al 50% a seconda dei rifiuti di demolizione recuperati nel calcestruzzo. Nel 2013, Zurigo ha richiesto l'uso di cemento a basse emissioni di carbonio per ridurre le emissioni di carbonio incorporate nel calcestruzzo, in linea con l'esistente standard di cemento CEM III/B, la soluzione migliore disponibile sul mercato all'epoca.

#### FIGURA 04 – P. 91

### *Terzo tipo: aggregato misto*

Per quanto riguarda l'aggregato misto di calcestruzzo e materiali ceramici si segnala il progetto *Recygénie* di A26 BLM il quale rientra nel programma di rigenerazione della città di Gennevilliers, a nord-ovest di Parigi. Per la preparazione del calcestruzzo sono state utilizzate 2200 tonnellate di aggregati riciclati derivanti da diversi cantieri di demolizione, situati nelle vicinanze, tra cui quello delle 166 unità abitative sociali che insistevano sul lotto e di un edificio residenziale noto come "La Chandelle" a Brenu. Il calcestruzzo completamente riciclato è stato utilizzato per la realizzazione dell'intera sovrastruttura - pareti interne ed esterne, facciate (forgiate) e solai della terrazza in copertura - definendo una formula in grado di soddisfare il requisito di ottenere un calcestruzzo con resistenza C25/30 e classe di consistenza S4. Tale progetto si basa sul riciclo di tutti i componenti del calcestruzzo, tranne gli additivi (0,1%). Il clinker riciclato al 100% ha permesso di produrre un cemento standardizzato CEM III/a 42,5N prevedendo un risparmio di circa 3.000 tonnellate di risorse naturali che sarebbero state prelevate da cava, oltre che una riduzione del 10% delle emissioni. Anche l'acqua, in ottica di risparmio delle risorse, deriva esclusivamente dal circuito delle acque "di processo" utilizzate per la pulizia delle attrezzature e infrastrutture del cantiere. Inoltre, nel lotto sono state realizzate ulteriori vasche per la raccolta delle acque meteoriche che vengono immesse nel circuito delle acque di processo. Attraverso questo approccio, il calcestruzzo ha complessivamente risparmiato più di 6000 tonnellate di risorse naturali.

### FIGURA 05 – P. 91

### **Conclusioni**

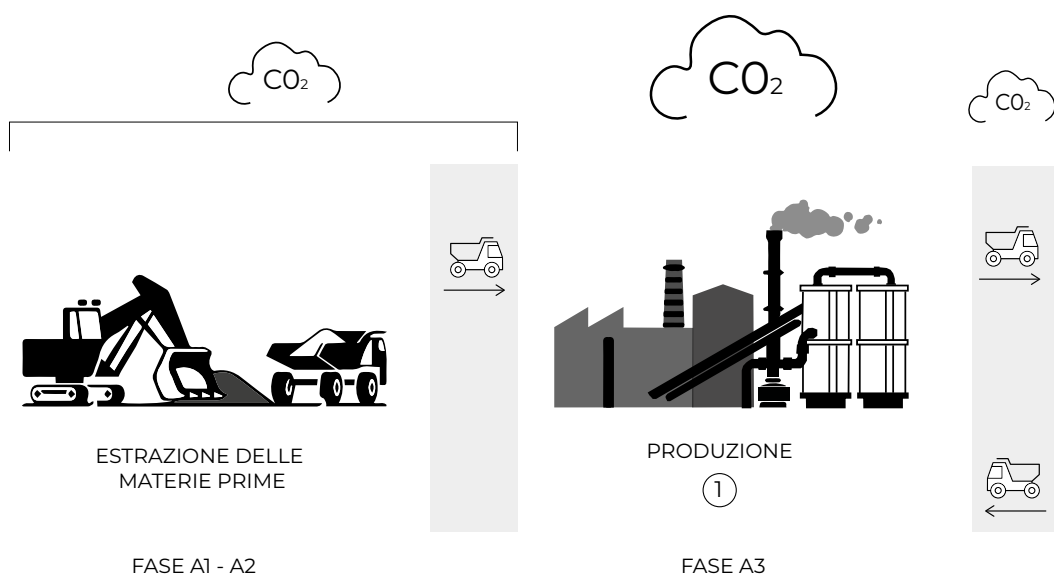
Nonostante l'approccio prescrittivo e restrittivo, in ambito nazionale sembrano comunque esserci possibilità di miglioramento. Ne è un esempio il progetto *M.C* di Park Associati, iniziato nel 2022 ed attualmente in corso, per la rigenerazione della Stazione Centrale di Milano attraverso il disegno di un'area multifunzionale nella zona ad essa adiacente. L'obiettivo è quello di preservare l'identità architettonica dell'ex Hotel Michelangelo tramite il riutilizzo di una porzione della sua componente strutturale mediante un processo di demolizione selettiva mirato, per cui una quota considerevole di calcestruzzo rimosso verrà riutilizzata come aggregato riciclato anche per la struttura del nuovo edificio, oltre che nella pavimentazione dello spazio pubblico. Il calcestruzzo derivante dalla demolizione selettiva verrà impiegato nel rispetto dei limiti normativi correnti in Italia (30% in sostituzione dell'aggregato naturale per uso strutturale). L'operazione di recupero è avvenuta tramite l'impiego del sistema *TopDownWay*, progettato dalla Despe SpA, che ha consentito la demolizione selettiva dall'alto mantenendo il cantiere all'interno della struttura stessa consentendo di eseguire contemporaneamente diverse operazioni come lo smantellamento delle facciate, la demolizione del piano e la rimozione delle macerie. In particolare, viene garantita la possibilità di trattenere al suo interno tutto ciò che la demolizione produce, compreso polveri, rumori e vibrazioni senza interferire con l'ambiente urbano. Tale sistema, montato in soli 20 giorni, permette di effettuare la demolizione dell'edificio, di 25 piani, in circa 4 mesi. Al contrario, per i piani più bassi dell'edificio si è optato per una demolizione tradizionale (Modulo 447, 2024).

### FIGURA 06 – P. 91

Di recente, inoltre, ulteriori progressi si riscontrano nel progetto *CDW Circle* finalizzato al raggiungimento del riciclaggio totale (considerando il massimo ammesso dalla normativa) dei rifiuti da costruzione e demolizione tramite la produzione di materie prime secondarie a valore aggiunto. Il programma nasce dall'ambizione di superare gli attuali limiti di questi materiali, ancora spesso destinati ad impieghi marginali, e di avviarli invece ad applicazioni più nobili in particolare in ambito edilizio. L'obiettivo di progetto consiste nell'installazione, entro la metà del 2025, di un impianto tecnologicamente avanzato basato sulla tecnologia di selezione ottica dei materiali in ingresso, in uno dei siti autorizzati della ditta Gatti Costruzioni. In particolare, il materiale verrà setacciato per ottenere una divisione netta di due componenti: calcestruzzo che andrà a comporre nuovo calcestruzzo con una percentuale del 30% e i cocci di laterizio impiegati per altri usi. L'Azienda Gruppo Gatti SpA, coordinatrice dell'intero progetto, installerà nel sito estrattivo di Lograto l'impianto pilota per poter guidare la fase di test e contribuire alla caratterizzazione dei materiali riciclati oltre che occuparsi della marcatura CE in modo da poter creare nuovi sbocchi di mercato per potenziarne il valore economico. Dunque, in tale modalità, sarebbe garantito un risparmio di 300.000 tonnellate all'anno di materiale inerte, corrispondente ad una cava in meno all'anno (Corriere della Sera, 2024).

## Riferimenti bibliografici

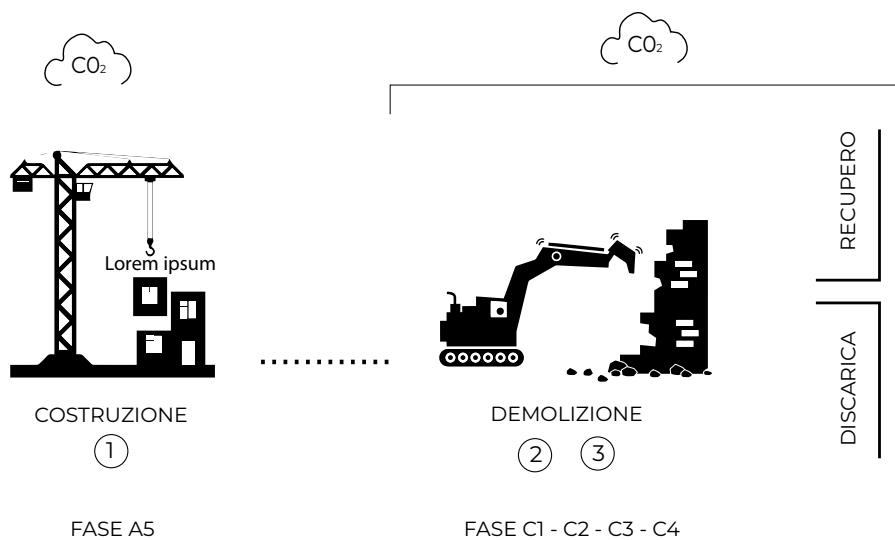
- Associazione Nazionale Costruttori Edili - ANCE (2022) *Gli utilizzi degli aggregati riciclati* (online). Disponibile su: [https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/2\\_3\\_UNIBS\\_SORLINI.pdf](https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/2_3_UNIBS_SORLINI.pdf) (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Corriere della Sera (27 gennaio 2024) *Costruire recuperando scorie edili Brescia diventa modello per il Paese* (online). Disponibile su: [corriere.pdf](https://www.corriere.it/2024/01/27/costruire-recuperando-scorie-edili-brescia/) (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Diotti, A., Cominoli, L., Plizzari, G., Sorlini, S. (2021) *Nuove opportunità dal recupero del calcestruzzo di risulta. Ecomondo 2021* (online). Disponibile su: <https://www.recyclingweb.it/Articles/ambiente-riciclaggio/nuove-opportunita-dal-recupero-del-calcestruzzo-di-risulta.htm> (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- ISPRA (2024) *Rapporto Rifiuti Speciali. Edizione 2024. Rapporti 402/2024*. Roma: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Disponibile su: [rapportorifiutispeciali\\_ed-2024\\_n-402\\_versioneintegrale.pdf](https://www.ispra.gov.it/rifiuti/rapporti/rapporti-rifiuti-speciali-ed-2024-n-402-versione-integrale.pdf) (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Ferrari G., Brocchi A., Squinzi M., Carbone F., Franceschi V., Zambianchi P. A., (2020) *Method for producing aggregates from returned concrete* (online). Disponibile su: [US00000010875032B220201229](https://www.researchgate.net/publication/3500000010875032B220201229) (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2018) *Decreto 17 gennaio 2018. Norme tecniche per le costruzioni*. G.U. S.G. 42, Supplemento ordinario n. 8, pp. 3-368.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2024) *Decreto 28 giugno 2024, n. 127. Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione, altri rifiuti inerti di origine minerale, ai sensi dell'articolo 184 -ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152/2006*. G.U. S.G. 213, pp. 1-19.
- Legambiente (2021) *Rapporto Cave (2021). La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni* (online). Disponibile su: <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/07/Rapporto-Cave-2021.pdf> (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Modulo 447 (2024) *MI.C - Milano, Park Associati* (online). Disponibile su: [1718360254-mic.pdf](https://www.milano.it/MI.C-Modulo-447) (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Miljøministeriet (2022) *Upcycle Bygge - Materialer - produkt, proces and performance* (online). Disponibile su: [978-87-7038-427-8.pdf](https://www.miljoemiljoe.dk/~/media/2022/06/Upcycle-Bygge-Materialer-produkt-proces-og-performance.pdf) (Ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- Tam, V.W.Y., Soomro, M., Jorge Evangelista, A. (2018) 'A review of recycled aggregate in concrete applications (2000 - 2017)', in *Construction and Building Materials*, 172, pp. 272 - 292. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>



- ① Calcestruzzo reso o di ritorno
- ② Macerie di calcestruzzo
- ③ Macerie di calcestruzzo e materiali ceramici

**FIGURA 01**

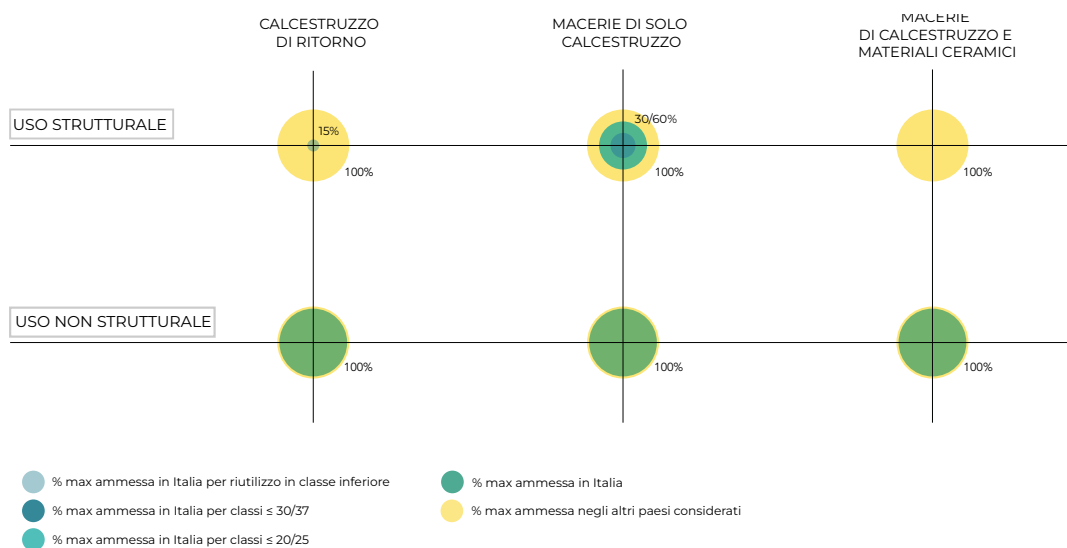
Collocazione all'interno delle fasi del ciclo di vita di un edificio dei diversi tipi di inerti riciclati. A. Rampazzo, 2025.



| Origine del materiale da riciclo                                                                            | Classe del calcestruzzo          | % di impiego |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Demolizione di edifici (macerie)                                                                            | = C8/10                          | Fino al 100% |
| Demolizione di solo calcestruzzo e c.a (frammenti di calcestruzzo $\geq$ 90%, UNI EN 955-11:2009)           | $\leq$ C20/25                    | Fino al 60%  |
|                                                                                                             | $\leq$ C30/37                    | $\leq$ 30%   |
|                                                                                                             | $\leq$ C45/55                    | $\leq$ 20%   |
| Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe | Classe minore del cls di origine | Fino al 15%  |
|                                                                                                             | Stessa classe del cls di origine | Fino al 10%  |

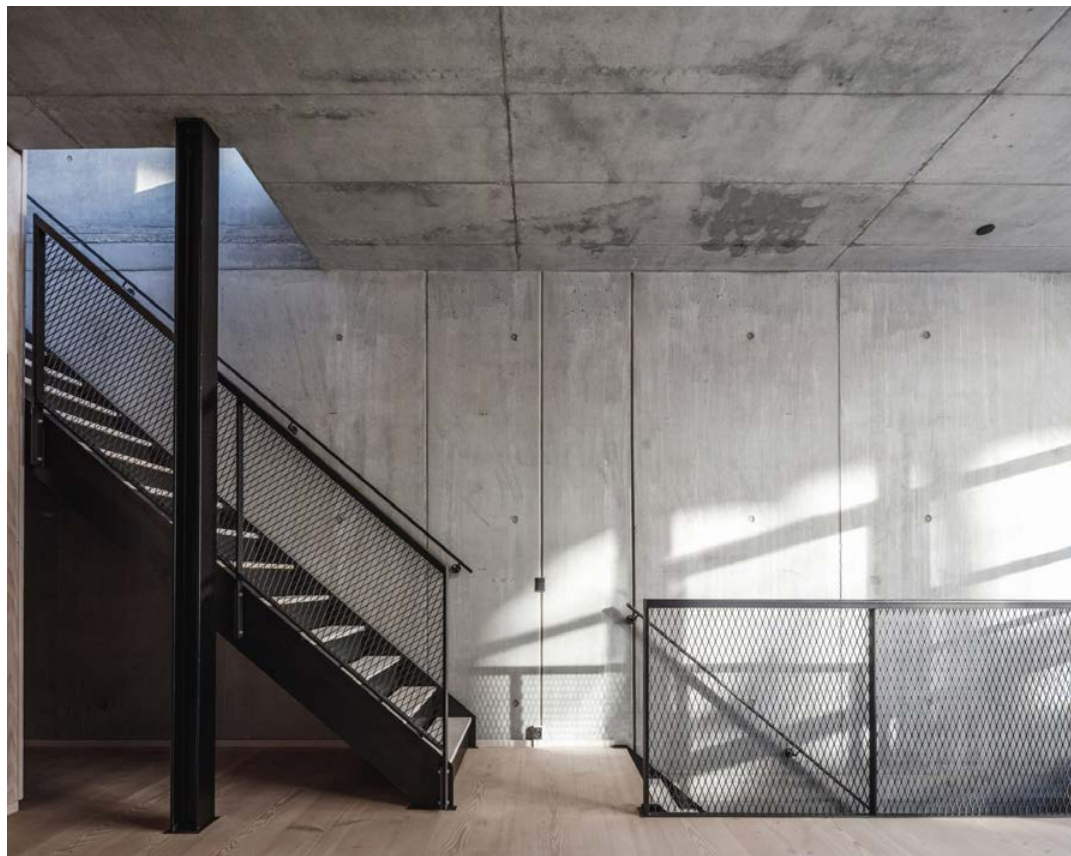
#### TABELLA 01

Prescrizioni Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC). Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2018.



**FIGURA 02**

Confronto tra le percentuali massime, in peso, di inerte riciclato ammesse secondo la normativa italiana e quella di altri paesi comunitari ed extracomunitari.  
A. Rampazzo, 2025.



**FIGURA 03**

Upcycle Studios di Lendager Group. Applicazione del calcestruzzo riciclato derivante dalla metropolitana di Copenaghen nel progetto. R. Hjortshøj, 2018.



#### FIGURA 04

Lato d'ingresso della scuola primaria e dell'area comune dell'edificio pubblico scolastico Im Birch di Peter Märkli. T. Tschopp, 2018.

#### FIGURA 05

Cantiere di costruzione del complesso residenziale Recygénie di A26 BLM in cui viene utilizzato calcestruzzo 100% riciclato per l'intera struttura fuori terra. La Farge, 2023.

#### FIGURA 06

Dettaglio del sistema TopDownWay per la demolizione, prima applicazione in Italia nel progetto M.I.C. di rigenerazione dell'ex Hotel Michelangelo di Park Associati. Despe, 2022.





|           |                                                      |
|-----------|------------------------------------------------------|
| Volume 2  | Spoke 4<br>City, Architecture,<br>Sustainable design |
| A cura di | Elisa Zatta<br>Rosaria Revellini                     |

Il volume presenta gli esiti dell'attività "New Materials" dello Spoke 4 "Città, Architettura e Design Sostenibile" del progetto iNEST. Il lavoro affronta il tema della sostenibilità su scala urbana e edilizia, focalizzandosi sull'impiego di materiali e tecniche costruttive innovativi volti a supportare una transizione del territorio del Nord-Est a partire dal suo edificato. Le sette traiettorie di ricerca illustrate presentano soluzioni che, nel rispetto dei principi dell'economia circolare, mirano a migliorare l'efficienza energetica degli edifici e ridurre l'impatto ambientale del costruito esistente e futuro. Collocandosi nello specifico contesto del Nord-Est italiano, la ricerca intende promuovere strategie coerenti con le fragilità e peculiarità dello stesso, proponendo strumenti operativi a supporto di un approccio consapevole del territorio.