

The background of the cover is a large, expressive illustration. It depicts a massive, curling wave composed entirely of crumpled and torn pieces of paper, cardboard, and other waste materials. The wave is rendered in shades of white, grey, and blue, with dark blue and black areas suggesting depth and movement. The wave is crashing over a boat, which is partially visible at the bottom right, showing its hull and some structural elements. The water around the boat is a mottled green and blue. The overall style is graphic and somewhat abstract, emphasizing the theme of waste and recycling.

FORMA

Atti del VI Convegno Internazionale

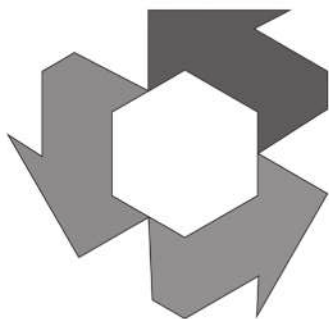
RE-CYCLING

a cura di

Adolfo F.L. Baratta

Laura Calcagnini

Antonio Magarò



a cura di
Adolfo F.L. Baratta
Laura Calcagnini
Antonio Magarò

Atti del VI Convegno Internazionale
**Scenari innovativi nella cultura del
progetto e della ricerca**

Proceedings of the
6th International Conference
**Innovative scenarios in design
and research culture**

Acta de el VI Congreso Internacional
**Escenarios innovadores en la cultura
de proyectos e investigación**

ISBN: 9 788855 211529

Prima edizione: maggio 2025

a cura di / edited by / editado por

**Adolfo F.L. Baratta
Laura Calcagnini
Antonio Magarò**

Progetto grafico
Antonio Magarò

www.conferencerecycling.com

Forma Edizioni Srl
Via della Fornace 18, Firenze
redazione@formaedizioni.it
www.formaedizioni.it



Roma Tre

Roma, 30 Maggio 2025
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi Roma Tre
Via della Madonna dei Monti, 40

Le immagini di ciascun contributo, se non diversamente specificato, sono degli autori.

The images in each contribution, unless otherwise stated, are property of the authors.

Las imágenes de cada contribución, salvo que se indique lo contrario, son propiedad de los autores.



RE-CYCLING

**Scenari innovativi nella cultura del progetto
e della ricerca**

*Innovative scenarios in design
and research culture*

*Escenarios innovadores en la cultura de proyectos
e investigación*

FORMA

COMITATO SCIENTIFICO

Rossano Albatici - Università degli Studi di Trento
Paola Altamura - Sapienza Università di Roma
Adolfo F. L. Baratta - Università degli Studi Roma Tre
Francisco Palomino Bernal - Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán (Messico)
Graziella Bernardo - Università degli Studi della Basilicata
Laura Calcagnini - Università degli Studi Roma Tre
Eliana Cangelli - Sapienza Università di Roma
Agostino Catalano - Università Telematica eCampus
Giuseppe Cultrone - Universidad de Granada, Spagna
Carlos Alberto Duica Cuervo - Universidad El Bosque (Colombia)
Michela Dalprà - Università degli Studi di Trento
Stefania De Gregorio - Universitat Politècnica de València (Spagna)
Ornella Fiandaca - Università degli Studi di Messina
Fabiola Colmenero Fonseca - Universitat Politècnica de València (Spagna)
Francesca Giglio - Università Mediterranea di Reggio Calabria
Roberto Giordano - Politecnico di Torino
Luis Manuel Palmero Iglesias - Universitat Politècnica de València (Spagna)
Martino Hutz - Technische Universität Wien (Austria)
Rafaella Lione - Università degli Studi di Messina
Antonio Magarò - Università degli Studi Roma Tre
Luigi Marino - Università degli Studi di Firenze
Luigi Mollo - Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli"
Andrés Salas Montoya - Universidad Nacional de Colombia (Colombia)
Ramiro Rodriguez Perez - Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán (Messico)
Claudio Piferi - Università degli Studi di Firenze
Camilo Alberto Forero Pineda - Universidad de Boyacá Tunja (Colombia)
Hector Saul Quintana Ramirez - Universidad de Boyacá Sogamoso (Colombia)
Alessandro Rogora - Politecnico di Milano
Annette Rudolf-Cleff - Technische Universität Darmstadt (Germania)
Camilla Sansone - Università degli Studi del Molise
Andreas Schwarting - HTWG Konstanz (Germania)
Monica Rossi Schwarzenbeck - HTWK Leipzig (Germania)
Antonello Monsù Scolaro - Università degli Studi di Sassari
Fabio Enrique Forero Suarez - Universidad El Bosque (Colombia)
Antonella Violano - Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli"

Il Comitato Scientifico ha selezionato i contributi con procedura *double-blind peer review*.

The Scientific Committee selected the contributions by a double-blind peer review procedure.

El Comité Científico seleccionó las contribuciones mediante un procedimiento de revisión inter pares doble ciego.

COMITATO ORGANIZZATORE

Jacopo Andreotti - Politecnico di Torino
Teona Alexandra Lozonschi - Università degli Studi Roma Tre
Marina Tonolo - Università degli Studi Roma Tre
Luca Trulli - Università degli Studi Roma Tre

**Uso combinato di legno e calcestruzzo riciclato.
Il caso studio del "magone"
di Colle Aperto**

*Combined use of wood and recycled concrete.
The case study of the "magone"
of Colle Aperto*

Alice Rampazzo arampazzo1@iuav.it

Assegnista di ricerca

Università Iuav di Venezia

Dipartimento di Culture del Progetto

Massimiliano Condotta condotta@iuav.it

Professore ordinario

Università Iuav di Venezia

Dipartimento di Culture del Progetto

Summary

The contribution concerns the improvement of the management of existing material resources due to the presence of a considerable amount of abandoned buildings components that, at the end of their useful life, are stored for a long time or are inadequately managed. The strategy considered involves the combined use of renewable materials and of recycled concrete already produced, avoiding the use of new materials resources to be exhausted.

Tests have been conducted on concrete cubes prepared using different percentages of recycled aggregate from a prefabricated structure recently demolished in Mantua which has not been valorised either during the life of the building or at the end of its useful life. The results highlight the possibility of producing concrete with 60% of recycled aggregate obtaining a strength slightly lower than those that would have been received with natural aggregates, although the percentage is higher than the 30% limit imposed by national standards. Comparison with other outcomes in the literature, the hypothesis involves the use of concrete with high percentages of recycled aggregate as structural reinforcement, fire protection of elements and cladding in a system combining wood and recycled concrete, which allows the best properties of the two materials to be exploited.

*Abandoned buildings, Urban mining,
Recycled concrete, Wood*

Lo spreco delle risorse materiali e l'impatto del calcestruzzo

Il territorio italiano è caratterizzato da un elevato numero di edifici abbandonati, oggetti dimenticati, e prossimi al fine vita; una condizione fisiologica che riflette la continua successione di cambiamenti e trasformazioni economiche e culturali che hanno condizionato lo sviluppo delle aree urbane e delle periferie. Parte di questi edifici sono vecchie fabbriche, magazzini o capannoni che hanno cessato la loro attività a seguito del declino dell'industria locale; altri per lungo tempo hanno svolto la loro funzione, ma oramai inadeguati alle esigenze contemporanee sono oggi dei resti urbani che caratterizzano sia le aree meno popolate, legate ad un contesto di impoverimento economico, spopolamento e crisi demografica, sia i centri urbani più densamente abitati che stanno registrando un aumento degli edifici in disuso [Secci, 2024]. Ad una terza casistica appartengono le opere incomplete risultato di una situazione di arresto durante la loro costruzione.

Tutti questi oggetti nella loro condizione di "non finito", di involucri senza contenuto, sono motivo di insicurezza e degrado ambientale, mentre i materiali e i componenti edilizi impiegati per la loro costruzione seguono un ciclo che, nella maggior parte dei casi, si configura come uno "stoccaggio in-situ" prima dell'effettiva demolizione delle strutture a cui appartengono, la quale raramente avviene in tempi brevi. Le aree urbane, dunque, risultano essere una potenziale miniera diffusa in quanto caratterizzate da un'elevata quantità di materiali che potrebbero risultare utili alla trasformazione dell'ambiente costruito [Luciano et al., 2023] malgrado la gran parte degli organismi edilizi esistenti non siano stati progettati e realizzati nell'ottica di riuso e reimpiego. Parallelamente, in seguito alla demolizione degli edifici i materiali vengono depositati a lungo in aree designate in attesa di ulteriori disposizioni sulla gestione finale, causando il deterioramento delle loro condizioni. In aggiunta, va inoltre considerato che il settore delle costruzioni, in particolare quello del calcestruzzo, ha un notevole impatto sulle risorse minerarie a causa dell'estrazione di risorse non rinnovabili, quali sabbia e ghiaia, mentre, in termini di efficienza energetica, le emissioni derivate da tutte le attività associate alla sua produzione risultano essere circa l'8% delle emissioni complessive globali [Purton, 2024].

Strategia di riciclo e uso di risorse rinnovabili

Dalle considerazioni sin qui esposte risulta evidente come sia strategico



migliorare la gestione dei beni materiali esistenti, evitando l'impiego e lo sfruttamento di nuove risorse energy/carbon intensive, promuovendo, al contrario, il reimpiego del calcestruzzo già prodotto, sottoforma di aggregato. Le risorse disponibili, anche se una volta riciclate assumono caratteristiche e prestazioni inferiori rispetto alla materia di partenza, possono invece rivelarsi preziose se abbinate ad altri materiali risolvendo alcune criticità intrinseche di questi ultimi. In tale prospettiva, la ricerca qui presentata ipotizza una strategia che prevede l'uso combinato del calcestruzzo riciclato ed il legno. Si tratta di un approccio orientato ad una gestione efficiente delle risorse in quanto coniuga un materiale usualmente non-rinnovabile, ma che essendo prodotto con materia riciclata non intacca le risorse esistenti in natura, con un materiale rinnovabile. L'utilizzo del legno va comunque gestito in modo accurato – non si tratta infatti di una risorsa infinita – al fine di impedire l'alterazione degli habitat naturali, favorendo al contrario la conservazione degli ecosistemi forestali. Si prevede pertanto l'impiego del calcestruzzo con alte percentuali di aggregato riciclato, nonostante il suo utilizzo sia attualmente limitato dal quadro normativo in particolar modo per l'uso strutturale, in tre possibili applicazioni differenti:

- » rinforzo strutturale;
- » protezione al fuoco degli elementi;
- » rivestimento.

La prima tipologia di impiego consente di ridurre la sezione degli elementi strutturali in legno; la bassa conduzione e l'elevata capacità di accumulo termico del calcestruzzo contribuisce ad una maggiore resistenza al fuoco della struttura oltre che alla stabilità delle temperature interne consentendo una riduzione dei consumi energetici; il rivestimento esterno ne permette la protezione dai fenomeni climatici.

Il caso studio del magone di Colle Aperto

La strategia poc'anzi descritta, al fine di comprendere le potenzialità, è stata applicata al caso del "magone" di Colle Aperto, un edificio incompiuto nel comune di Mantova. "Magone" è un termine che deriva da *magòn*, nel dialetto mantovano letteralmente "stomaco" ed in senso figurato qualcosa di pesante ed ingombrante. Un termine, dunque, che rende evidente l'impatto paesaggistico di tale tipo di strutture. Situato a nord della città di Mantova, la sua costruzione è iniziata nel 1992, con l'intento di realizzare un centro



commerciale a servizio del quartiere. Dopo varie interruzioni, la sua edificazione si limitò solamente alle strutture portanti in calcestruzzo, rimaste in stato di abbandono per oltre venticinque anni (fig.1). Tale costruzione, dunque, appare come un esempio significativo della gestione inadeguata del territorio e delle risorse materiali non valorizzate. Soltanto nell'ottobre 2023 hanno avuto inizio i lavori di demolizione, con un processo di dismissione progressiva e controllata (fig.2).

Realizzazione delle prove di resistenza a compressione

A supporto della strategia ipotizzata sono stati realizzati alcuni test per valutare le prestazioni del calcestruzzo con alte percentuali di inerte riciclato. Per tale scopo sono stati confezionati dei provini utilizzando aggregato riciclato di solo calcestruzzo proveniente dalla demolizione dell'edificio recuperando circa 150 kg di detriti.

In mancanza di informazioni ufficiali sulla qualità del calcestruzzo utilizzato nelle strutture esistenti, è stato ipotizzato verosimilmente che si trattasse di calcestruzzo strutturale di qualità medio-alta (con resistenze caratteristiche comprese tra 30 Mpa e 50 MPa). Il materiale è stato successivamente sottoposto a frantumazione tramite un frantoio a mascelle e trasferito presso il laboratorio tecnologico della Betonrossi di Piacenza. Dalla sua vagliatura è emerso che si trattava di un materiale "ben selezionato" data la mancanza di elementi estranei al calcestruzzo oltre che dalla modesta



Figura 1. Magone in stato di abbandono, sopralluogo del 21 maggio 2023.



quantità della frazione fine passante a 4 mm. Sono state pertanto realizzate due miscele sperimentali sostituendo, in riferimento ad una miscela standard di calcestruzzo, rispettivamente il 30% ed il 60% dell'aggregato naturale con aggregato riciclato (tab. 1).

Trattandosi sostanzialmente di un aggregato grosso, tali percentuali eccedono i limiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni attualmente in vigore [Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2018], le quali specificano percentuali massime di sostituzione del solo aggregato grosso pari al 30% in caso di uso strutturale ($\leq C30/37$), mentre è ammessa una percentuale del 60% per la produzione di calcestruzzo di classe massima $C20/25$, e fino al 100% per uso non strutturale considerando anche aggregati misti. A dosaggio pressoché uguale di cemento ed additivo super fluidificante per entrambe le miscele, la consistenza è stata raggiunta variando la quantità di acqua al fine di ottenere una lavorabilità simile a quella di riferimento, una miscela tipica realizzata con inerti vergini con consistenza S4.

Nella realizzazione degli impasti, il secondo (60% di riciclato) ha richiesto circa 12 l/m^3 d'acqua in più rispetto al primo con conseguente incremento del rapporto acqua/cemento. Dopo aver stagionato i provini (fig.3) in condizioni standard di umidità e temperatura, alla scadenza di 7,14 e 28 giorni sono state eseguite le prove di rottura a compressione dalle quali si sono riscontrate delle resistenze di poco inferiori a quelle che si sarebbero raggiunte con l'utilizzo di aggregati naturali.



Figura 2. Fase di demolizione del magone di Colle Aperto, sopralluogo del 3 dicembre 2023.



Ipotesi applicativa e conclusioni

A fronte dei risultati ottenuti, che si sono dimostrati più che promettenti, è stata confermata, almeno in via preliminare, la possibilità di produrre calcestruzzo con una buona resistenza meccanica anche con il 30% o addirittura il 60% di aggregato riciclato, nonostante esso sia maggiore rispetto al limite previsto dalla normativa.

Dalla comparazione di tali esiti con quelli della letteratura si è potuto confermare che il tipo di aggregato grossolano non influenza significativamente il valore di resistenza alla compressione mentre la quantità di acqua assorbita aumenta all'aumentare del contenuto di riciclato [Mašelev et al., 2010] a causa della porosità della malta rimasta aderente al frantumato, anche se operazioni di separazione selettiva durante le fasi di trattamento degli inerti possono contribuire a ridurre al minimo la quantità di acqua assorbita e quindi l'effetto negativo sulle prestazioni del calcestruzzo [Skocek et al., 2024].

Attualmente, a livello internazionale, esistono già alcune normative che

	Dosaggio ingredienti [kg/m ³]	
	Miscela 30%	Miscela 30%
Cemento	355	350
Acqua	159	171
Additivo super fluidificante	3,01	2,97
Sabbia (0/5)	674	643
Ghiaia (15/25)	606	122
Aggregato riciclato	498	935
	Resistenza a compressione [MPa]	
Dopo 7 gg	37,5	33,6
Dopo 14 gg	41,8	39,2
Dopo 28 gg	47,0	41,4

Tabella 1. Tabella dosaggio ingredienti delle due miscele e resistenze ottenute dalle prove di compressione.



ammettono percentuali maggiori di sostituzione dell'aggregato naturale con aggregato riciclato utilizzando in alcuni casi anche la frazione fine, usualmente poco utilizzata a causa del maggior assorbimento d'acqua, e minore densità, rigidità, resistenza all'abrasione e compattezza.

A tal proposito viene rivelato, secondo altri autori, che l'aggiunta di entrambe le frazioni, in diverse quantità, ha dimostrato una perdita di prestazioni massima del 10,7%, dopo i 28 giorni, ma al contempo aumentando il tempo di indurimento, fino ai 90 giorni, vi è stato un aumento della resistenza di progetto dimostrando la possibilità di utilizzo del calcestruzzo per uso strutturale [González et al., 2021].

A seguito di tali sperimentazioni e considerazioni si può considerare attendibile la strategia ipotizzata che prevede l'impiego del calcestruzzo con alte percentuali di aggregato riciclato abbinandolo a strutture in legno, sfruttando in tal modo le proprietà dei due materiali. Nello specifico, è possibile migliorare vari aspetti delle strutture in legno, tra cui la risposta dinamica, la rigidità alla flessione, la capacità portante oltre che la resistenza al fuoco, le prestazioni sismiche e la massa termica. In tale configurazione il calce-



Figura 3. Provini in calcestruzzo riciclato confezionati.



struzzo riciclato assolve due funzioni: strutturale e non strutturale (fig.4). La prima consiste nell'inserimento di solette collaboranti nelle strutture in legno permettendo la riduzione degli spessori, e pertanto un minor utilizzo di materiale, e la realizzazione di luci maggiori. La seconda, non strutturale, consiste nel rivestimento delle strutture e superfici in legno per garantire maggiore protezione al fuoco (internamente) e protezione dagli agenti atmosferici (esternamente).

Il progetto di riqualificazione del magone ipotizzato nell'ambito della ricerca prevede il mantenimento del piano interrato ed il rinforzo della piastra soprastante, permettendo l'adozione di un sistema costruttivo in legno svincolato ed indipendente dalla struttura esistente per la realizzazione di due nuovi edifici: un edificio a torre ed un teatro entrambi attraversati da un volume in cross-lam, rivestito da calcestruzzo riciclato, ospitante rispettivamente il vano scale e la torre scenica (fig.5). Tutti i solai, anch'essi in cross-lam, includono una soletta collaborante con l'ulteriore vantaggio

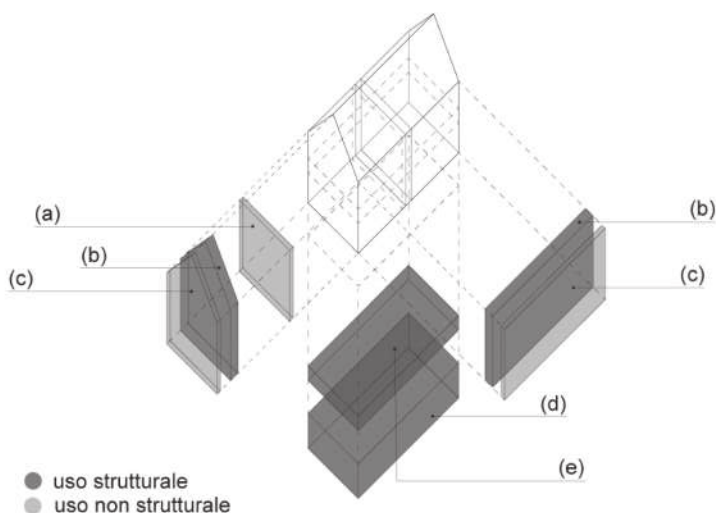


Figura 4. Soluzioni tecnologiche di impiego di calcestruzzo con alte percentuali di aggregato riciclato; (a) protezione al fuoco, (b) rinforzo, (c) rivestimento esterno, (d) soletta collaborante, (e) fondazione.



di creare delle separazioni, ai fini antincendio, tra le strutture in legno, permettendo l'edificazione di un numero maggiore di livelli (fig.6).

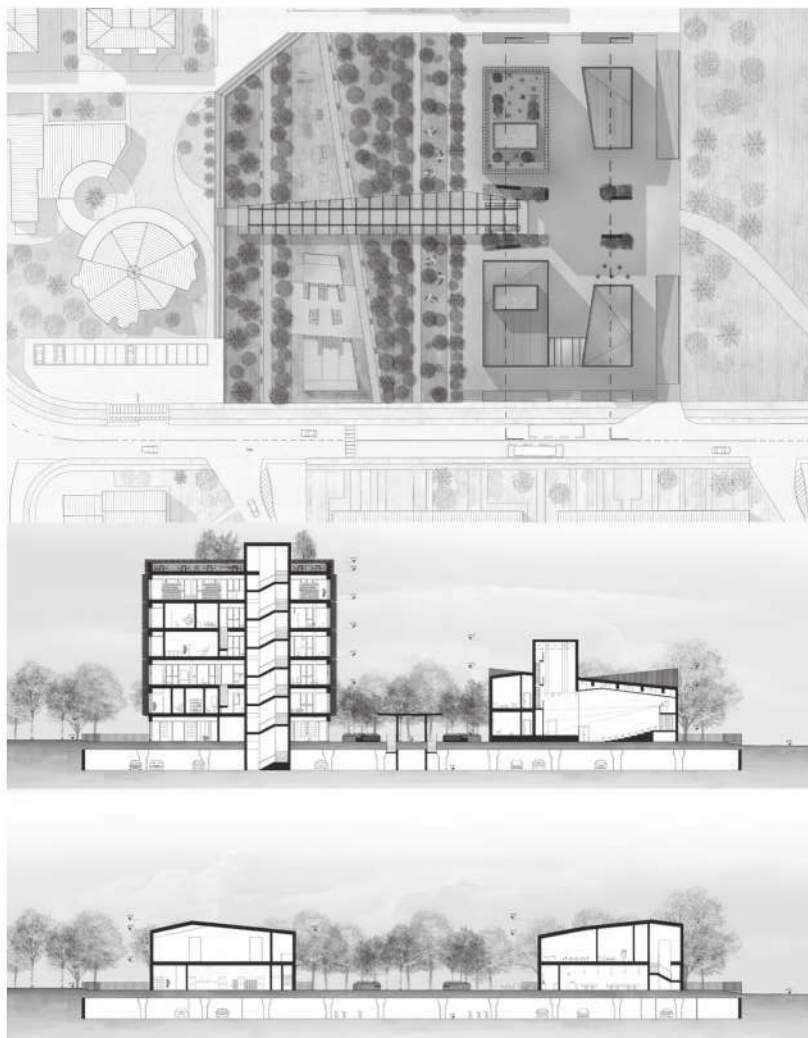


Figura 5. Planivolumetrico e sezioni di progetto.



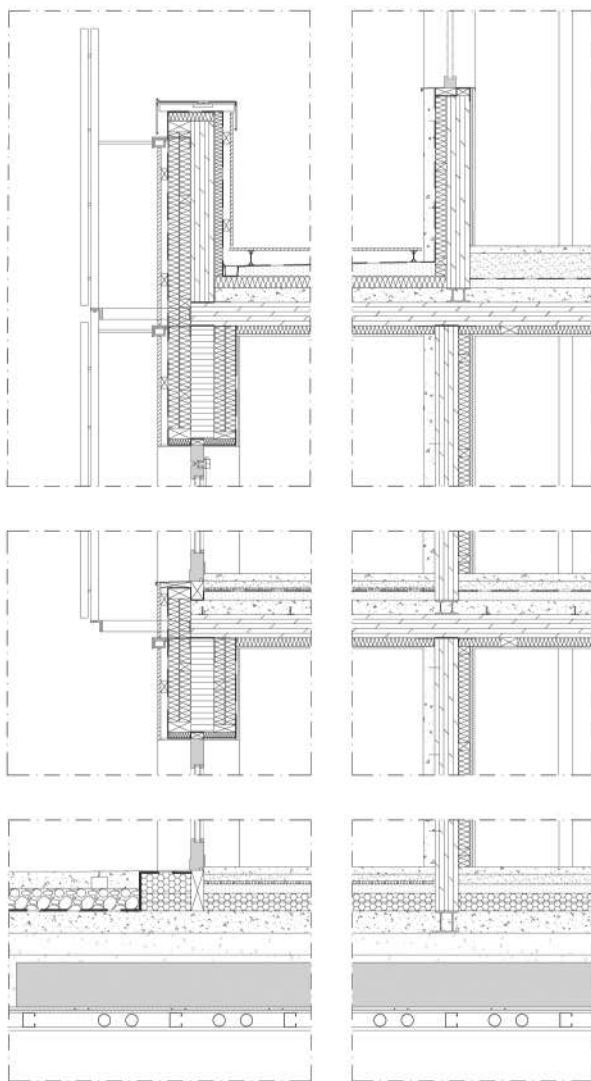


Figura 6. Dettaglio costruttivo terra – cielo con uso combinato del calcestruzzo riciclato e legno.



Ringraziamenti

Si ringrazia per la collaborazione il Comune di Mantova ed il laboratorio tecnologico della Betonrossi di Piacenza.

Questa ricerca è stata finanziata dall'Unione Europea (*NextGenEU*) rif. EC500000043, attraverso il Piano Nazionale per la Ripresa e la Resilienza (PNRR), M4C2 investimento 1.5: Creazione e rafforzamento di "Ecosistemi di innovazione per la sostenibilità", e condotta nell'ambito del programma di ricerca "*Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem*" (iNEST), CUP F43C22000200006.

Referenze bibliografiche

- González, M. D., Caballero, P. P., Fernández, D. B., Vidal, M. M. J., Sáez del Bosque I. F., Martínez, C. M. [2021]. "The design and development of recycled concretes in a circular economy using mixed construction and demolition waste", *Materials*, 14(16), 4762.
- Luciano, A., Altamura, P., Baiani, S., Cutaia, L. [2023]. "The building stock as an urban mine: The case of the circular regeneration of disused buildings", *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 33.
- Malešev, M., Radonjanin, V., Marinković, S. [2010]. "Recycled Concrete as Aggregate for Structural Concrete Production". *Sustainability*, 2(5), pp. 1204 - 1225.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti [2018]. *D.M. 17 gennaio 2018*, "Norme tecniche per le costruzioni".
- Purton, M. [2024]. "Cement is a big problem for the environment. Here's how to make it more sustainable". Disponibile da: www.weforum.org/stories/2024/09/cement-production-sustainable-concrete-co2-emissions/ (consultato il 16.01.2025).
- Secci, F., [2024]. "Boom di edifici abbandonati e case fatiscenti: l'emergenza tocca anche i grandi centri urbani". Disponibile da: quifinanza.it/mercato-immobiliare/emergenza-case-edifici-fatiscenti-abbandonati/846242/ (consultato il 16.01.2025).
- Skocek, J., Ouzia, A., Serrano, E.V., Pato, N. [2024]. "Recycled Sand and Aggregates for Structural Concrete: Toward the Industrial Production of High-Quality Recycled Materials with Low Water Absorption". *Sustainability*, vol. 16, n. 2, p. 814.



finito di stampare nel mese di
maggio 2025 presso
Cappelli Arti Grafiche, Sesto Fiorentino (FI)

Il VI Convegno Internazionale Recycling, si propone di raccogliere gli "scenari innovativi nella cultura del progetto e della ricerca". Si è tenuto a Roma il 30 maggio 2025, affermandosi come uno dei principali forum accademici per l'interazione tra ricercatori e stakeholder nel settore del riciclaggio applicato all'industria delle costruzioni: il Convegno rappresenta un'importante piattaforma per l'avanzamento della conoscenza sul tema.

Il Comitato Scientifico, costituito da docenti, ricercatori e specialisti afferenti a diverse istituzioni accademiche di tutto il Mondo, ha effettuato la selezione dei contributi secondo una procedura di revisione double-blind peer review, garantendo così l'elevato standard qualitativo dei lavori accettati. I contributi sono stati organizzati, in linea con la struttura consolidata del Convegno, in tre sezioni tematiche: "Saggi", "Ricerche" e "Architetture".

La significativa eterogeneità degli approcci metodologici e delle prospettive teoriche rappresenta il valore distintivo del volume: ciascun capitolo, pur mantenendo un'autonomia di contenuti, contribuisce alla costruzione di una visione complessiva innovativa e interdisciplinare.

Adolfo F.L. Baratta, Architetto e Dottore di Ricerca, dal 2014 è Professore Associato in Progettazione Tecnologica e Ambientale presso l'Università degli Studi Roma Tre. È stato docente presso l'Università degli Studi di Firenze e Sapienza Università di Roma nonché Visiting Professor presso università europee e sudamericane. La sua attività di ricerca si svolge negli ambiti della produzione e costruzione, qualità e ambiente, procedura e progettazione tecnologica.

Laura Calcagnini, Architetto, Dottore di Ricerca in Energetica, Master di II livello in Progettazione Ambientale, dal 2019 è Ricercatrice presso l'Università degli Studi Roma Tre. Svolge attività di ricerca sui temi della qualità ambientale e prestazionale degli edifici e dell'ambiente costruito e gli aspetti procedurali della progettazione tecnologica. È titolare del Corso di Materiali ed Elementi costruttivi presso l'Università degli Studi Roma Tre.

Antonio Magarò, Architetto, Dottore di Ricerca è abilitato Professore Associato. Già Assegnista di ricerca presso l'Università degli Studi di Firenze (2020) e l'Università degli Studi Roma Tre (2021-2026), svolge attività di ricerca nel campo delle tecnologie innovative per il patrimonio architettonico, gli habitat sostenibili e la progettazione human-centered. È titolare del Corso di Tecnologia dell'Architettura I presso Sapienza Università di Roma.



€ 35.00